



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Παραγωγή Καπνιστών Μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) με Υγρό  
Καπνό υπό Πίεση, Σύγκριση Βέλτιστου Προϊόντος με Αντίστοιχα από  
Παραδοσιακές Επεξεργασίες**

Καμπούρης Θεόδωρος & Ρουμελιώτη Ζωή

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

Παραγωγή Καπνιστών Μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) με Υγρό Καπνό υπό Πίεση,  
Σύγκριση Βέλτιστου Προϊόντος με Αντίστοιχα από Παραδοσιακές Επεξεργασίες

Optimization of a steaming with liquid smoke smoking process of Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*), comparison with conventional mussel products

Καμπούρης Θεόδωρος & Ρουμελιώτη Ζωή

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (ΑΤΕΙ),  
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη ΤΘ 141,

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2013

## Παραγωγή Καπνιστών Μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) με Υγρό Καπνό υπό Πίεση, Σύγκριση Βέλτιστου Προϊόντος με Αντίστοιχα από Παραδοσιακές Επεξεργασίες

Καμπούρης Θεόδωρος & Ρουμελιώτη Ζωή

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

### Περίληψη

Δείγματα μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) εμβαπτίστηκαν σε διαλύματα χλωριούχου νατρίου συγκέντρωσης 0, 10 και 20% και ατμίστηκαν με διάλυμα υγρού καπνού συγκέντρωσης 2, 5 και 8% σε πίεση 1 (ατμοσφαιρική πίεση), 1,5 και 2 bar. Αναλύθηκαν η περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο, η υγρασία και το χρώμα, επίσης, αξιολογήθηκαν αντικειμενικά και ηδονικά από 35 δοκιμαστές για το άρωμα καπνιστού, την αλμυρότητα, την ευχυμότητα και το χρώμα τους.

Η περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο επηρεάστηκε από τη συγκέντρωση άλμης και η φωτεινότητα από την συγκέντρωση καπνού και άλμης. Το καπνιστό άρωμα αισθητά και γραμμικά ( $p = 0,018$ ), επηρεάστηκε από την συγκέντρωση υγρού καπνού και άλμης. Η συγκέντρωση της άλμης επηρέασε όχι μόνο την αλατότητα, αλλά και την ευχυμότητα των καπνιστών μυδιών. Όλοι οι παράγοντες της μελέτης έδωσαν μια σημαντική γραμμική επίδραση ( $p = 0,008$ ) στην ένταση του χρώματος.

Η συγκέντρωση της άλμης ήταν η μόνη μεταβλητή που επηρέασε όλες τις μεταβλητές του ηδονικού οργανοληπτικού ελέγχου. Οι ιδανικές συνθήκες κατά τον ηδονικό οργανοληπτικό έλεγχο επιτεύχθηκαν με συγκεντρώσεις καπνού από 3,8 έως 8%, συγκέντρωση άλμης από 8,5% έως 13,5% σε πίεση 1 bar και από 11,5% έως 16,5% σε πίεση 1,5 bar. Όλες οι ηδονικές μεταβλητές προσέγγισαν το μέγιστο της αρεστότητας τους μεταξύ 9 και 13 cm. Η ιδανική αλατότητα και ευχυμότητα αντικειμενικά κυμάνθηκαν μεταξύ μέτριου και πολύ αλμυρού και χυμώδους προϊόντος.

Μελετήθηκαν οι μεταβολές, στη μέση σύσταση (ολικό λίπος, πρωτεΐνες, τέφρα και υγρασία), στην κατανομή των λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη του βέλτιστου καπνιστού, τηγανητού με αλεύρι και χωρίς και βραστού προϊόντος. Η υγρασία μειώθηκε σε όλες τις επεξεργασίες, ενώ παρατηρήθηκε σημαντική απορρόφηση λίπους κατά το τηγάνισμα.

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στην κατανομή των ω-3 λιπαρών οξέων στα δείγματα των καπνιστών και βραστών μυδιών, ενώ στα τηγανιτά δείγματα η μείωση ήταν σημαντική. Ο λόγος των ω3/ω6 παρουσίασε τρομακτική μείωση στα τηγανιτά δείγματα με αλεύρι και χωρίς (94% και 81% αντίστοιχα), ενώ δεν παρουσίασε μεταβολή στα καπνιστά και βραστά.

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη παρουσίασε αύξηση στα βραστά και καπνιστά δείγματα μυδιών, ενώ ήταν μειωμένη στα τηγανιτά δείγματα, με σημαντικότερη μείωση στα δείγματα που τηγανίστηκαν μετά από επικάλυψή τους με αλεύρι. Τα δείγματα μυδιών που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο χωρίς την επικάλυψη με αλεύρι απορρόφησαν σημαντικότερη ποσότητα σκουαλενίου από εκείνα τα οποία τηγανίστηκαν μετά την επικάλυψη με αλεύρι. Αυτό δείχνει ότι το αλεύρι πιθανώς δρα παρεμποδιστικά στην απορρόφηση σκουαλενίου από τα δείγματα μυδιών.

Περιεχόμενα	Σελίδα
1. Εισαγωγή.....	1
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	2
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά πρώτης ύλης.....	2
2.1.1 Μύδι ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ).....	2
2.1.1.1 Εξωτερικά χαρακτηριστικά.....	2
2.1.1.2 Εσωτερικά χαρακτηριστικά.....	2
2.1.1.3 Τροφοληψία μυδιού.....	3
2.1.1.4 Θρεπτική Αξία.....	3
2.2 Επεξεργασία μυδιών.....	3
2.2.1 Τηγάσιμα, βράσιμο.....	3
2.2.1.1 Μηχανισμός τηγανίσματος.....	4
2.2.1.2 Μέθοδοι τηγανίσματος.....	5
2.2.1.3 Μέθοδος βρασμού.....	6
2.2.2 Φυσικοχημικές μεταβολές κατά την διάρκεια του τηγανίσματος.....	6
2.2.2.1 Υγρασία.....	7
2.2.2.2 Πρωτεΐνες.....	7
2.2.2.3 Τέφρα.....	7
2.2.2.4 Λίπος.....	7
2.2.2.5 Λιπαρά οξέα.....	8
2.2.2.6 Χοληστερόλη.....	8
2.2.2.7 Σκουαλένιο.....	9
2.3 Επεξεργασία καπνίσματος.....	10
2.3.1 Κάπνισμα αλιευμάτων.....	10
2.3.1.1 Αλάτισμα.....	11
2.3.1.2 Ξήρανση.....	11
2.3.1.3 Κάπνισμα.....	12
2.3.2 Μέθοδοι καπνίσματος.....	14
2.3.2.1 Ψυχρό ή κρύο κάπνισμα.....	14
2.3.2.2 Θερμό κάπνισμα.....	14
2.3.2.3 Ηλεκτροστατικό κάπνισμα.....	15
2.3.2.4 Υγρό κάπνισμα.....	16
2.3.3 Φυσικοχημικές μεταβολές κατά το κάπνισμα.....	16
2.3.3.1 Μεταβολές στις πρωτεΐνες.....	16
2.3.3.2 Μεταβολές στις λιπαρές ύλες.....	17
2.4 Έλεγχος παρατηρούμενων μεταβολών.....	18
2.4.1 Έλεγχος μεταβολών υγρασίας.....	18
2.4.2 Έλεγχος μεταβολών τέφρας.....	19
2.4.3 Έλεγχος πρωτεϊνικών μεταβολών.....	20
2.4.4 Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών.....	21
2.4.5 Έλεγχος της χοληστερόλης.....	21

3. Σκοπός της εργασίας.....	22
4. Πειραματικά δεδομένα .....	22
4.1 Υλικά, όργανα και επεξεργασίες.....	22
4.1.1 Μύδια.....	22
4.2 Επεξεργασία καπνίσματος.....	23
4.2.1 Μέθοδοι ανάλυσης .....	24
4.2.1.1 Προσδιορισμός υγρασίας.....	24
4.2.1.2 Προσδιορισμός χλωριούχου νατρίου.....	25
4.2.1.3 Μέτρηση χρώματος.....	25
4.2.2 Οργανοληπτικός έλεγχος.....	26
4.2.2.1 Αντικειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος.....	26
4.2.2.2 Ηδονικός - υποκειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος.....	29
4.2.3 Στατιστική ανάλυση καπνιστών μυδιών.....	32
4.3 Λοιπές επεξεργασίες.....	33
4.3.1 Κάπνισμα.....	33
4.3.2 Τηγάνισμα.....	33
4.3.2.1 Τηγάνισμα μυδιών με αλεύρι.....	34
4.3.2.2 Τηγάνισμα μυδιών χωρίς αλεύρι.....	34
4.3.3 Βράσιμο μυδιών.....	34
4.3.4 Στατιστική ανάλυση επεξεργασμένων μυδιών.....	34
4.3.5 Μέθοδοι ανάλυσης.....	35
4.3.5.1 Αντιδραστήρια.....	35
4.3.5.2 Όργανα.....	35
4.3.5.3 Προσδιορισμός υγρασίας.....	36
4.3.5.4 Προσδιορισμός πρωτεϊνών .....	36
4.3.5.5 Προσδιορισμός ολικού λίπους.....	37
4.3.5.6 Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων.....	38
4.3.5.7 Προσδιορισμός χοληστερόλης.....	39
5 Αποτελέσματα – συζήτηση.....	41
5.1 Απόδοση επεξεργασίας.....	41
5.2 Αντικειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος και φυσικοχημικές μεταβολές.....	42
5.3 Υποκειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος.....	45
5.4 Ανάλυση πλεονασμού των μεταβλητών .....	52
5.5 Απώλεια βάρους κατά τις επεξεργασίες.....	53
5.6 Μεταβολές στη μέση σύσταση κατά τις επεξεργασίες.....	55
5.7 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων.....	57
5.8 Περιεκτικότητα σε στεροειδή των νωπών και επεξεργασμένων δειγμάτων μυδιών.....	59
6. Συμπεράσματα.....	60
7. Βιβλιογραφία.....	61

## 1. Εισαγωγή

Η μυδοκαλλιέργεια στην Ευρώπη παράγει περίπου το 50% της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής μυδιών. Η μεγαλύτερη ποσότητα παράγεται στον Ατλαντικό ωκεανό, στις χώρες, Ισπανία, Ολλανδία και Δανία. Η μυδοκαλλιέργεια έχει επεκταθεί και σε άλλες χώρες της Ευρώπης, όπως είναι η Σκωτία, η Ιρλανδία, η Ελλάδα και η Νορβηγία (Smaal, 2002).

Η παραγωγή οστρακοειδών στην Ελλάδα αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από μύδια. Οι υψηλές θερμοκρασίες του νερού, η βελτίωση ποιότητας του, η μικρής έκτασης παλίρροια καθώς και οι χαμηλές ταχύτητες στα υποθαλάσσια ρεύματα ήταν οι κύριες περιβαλλοντικές παράμετροι που οδήγησαν στη δημιουργία μεγάλων μυδοτροφείων σε συγκεκριμένες παράκτιες περιοχές. Ο αριθμός των μυδοτροφείων στην Ελλάδα αυξήθηκε ραγδαία, από 5 το 1980 σε 346 σε 1998 και η παραγωγή μυδιών αυξήθηκε από 19.000 τόνους το 1994 σε σχεδόν 27.000 τόνους το 1998 (Papoutsoglou, 2000). Η συντριπτική πλειοψηφία των μυδιών προέρχονται από το Θερμαϊκό κόλπο (Βορειοδυτικό Αιγαίο), η οποία είναι η μεγαλύτερη περιοχή καλλιέργειας οστρακοειδών στην Ελλάδα (περίπου 40.000 τόνοι / έτος μυδιών) (Kaniou-Grigoriadou *et al.*, 2005).

Τα μύδια (*Mytilus galloprovincialis*) πωλούνται στο εμπόριο της Ελλάδας κυρίως ως μη επεξεργασμένα προϊόντα σε άλμη χαμηλής συγκέντρωσης. Τα επεξεργασμένα μύδια που υπάρχουν και αυτά σε περιορισμένη έκταση προέρχονται κυρίως από την επεξεργασία της κονσερβοποίησης. Επομένως, η βελτιστοποίηση μιας μεθόδου επεξεργασίας μυδιών μπορεί να παρέχει ευκαιρίες σε μυδοπαραγωγούς να αναπτύξουν μια τέτοια διεργασία η οποία θα αυξήσει την αξία των μυδιών είτε στην περιοχή του Θερμαϊκού ή και γενικότερα στην Ευρώπη. Επίσης με τη δημιουργία νέων μικρών επιχειρήσεων θα δημιουργηθούν και νέες θέσεις εργασίας.

Έτσι, ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η παραγωγή και βελτιστοποίηση ενός καπνιστού προϊόντος μυδιού μέσω υγρού καπνίσματος, με την εφαρμογή αντικειμενικών και υποκειμενικών οργανοληπτικών ελέγχων, όπως επίσης και η μελέτη των φυσικοχημικών μεταβολών των προϊόντων της συγκεκριμένης επεξεργασίας με αντίστοιχα προερχόμενα από παραδοσιακές επεξεργασίες (βραστά, τηγανιτά με αλεύρι και χωρίς).

## 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

### 2.1 Γενικά χαρακτηριστικά πρώτης ύλης

#### 2.1.1 Μύδι (*Mytilus galloprovincialis*)

Το μύδι που καλλιεργείται στην Ελλάδα αλλά και στη Μεσόγειο είναι το *Mytilus galloprovincialis*, το οποίο, μαζί με το μύδι που απαντάται στον Ατλαντικό, το *Mytilus edulis* αποτελούν τα πιο σημαντικά από άποψη εμπορικότητας, είδη της οικογένειας των **Mytilidae**.

##### 2.1.1.1 Εξωτερικά χαρακτηριστικά

Το όστρακο είναι επίμηκες, υποτριγωνικό και αποστρογγυλεμένο στο πίσω άκρο του. Το περίοστρακο του μυδιού είναι λείο και εξωτερικά το χρώμα του είναι μαύρο μέχρι πολύ σκούρο γαλάζιο ενώ το εσωτερικό είναι σταχτόχρωμο περιμετρικά και γαλάζιο κεντρικά (Σχήμα 1) ([Τσουτσούλη, 2008](#)).



**Σχήμα 1:** Το Μεσογειακό μύδι *Mytilus galloprovincialis*.

Αριστερά, εξωτερική όψη θυρίδας. Δεξιά, εσωτερική όψη θυρίδας.

##### 2.1.1.2 Εσωτερικά χαρακτηριστικά

Το σώμα έχει δίλοβο μανδύα ο οποίος είναι κολλημένος στο εσωτερικό των θυρίδων (οστράκου), ενώ στη βάση του υπάρχει η σπλαχνική μάζα. Εσωτερικά περικλείει δύο ζεύγη βραγχίων, τα οποία βοηθούν στην αναπνοή και την τροφοληψία, και το πόδι με το βύσσο ([Τσουτσούλη, 2008](#)).

### 2.1.1.3 Τροφοληψία μυδιού

Επειδή το μύδι είναι διηθηματοφάγο, διηθεί το θαλασσινό νερό με ταχύτητα ανάλογη του μεγέθους του και της θερμοκρασίας του νερού συγκρατώντας έτσι τα κατάλληλα συστατικά τροφής, αποβάλλοντας τα υπόλοιπα ως ψευδοκόπρανα.

Τα μύδια έχουν μεγάλη ικανότητα διήθησης νερού. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένα μύδι 7 cm φιλτράρει κατά μέσο όρο περίπου 110 λίτρα νερού το εικοσιτετράωρο ([Τσουτσούλη, 2008](#)).

### 2.1.1.4 Θρεπτική Αξία

Ένα μύδι περιέχει 79-83% υγρασία, 11-13% πρωτεΐνες (υψηλής βιολογικής αξίας), 2,0-2,3% υδατάνθρακες, 1,5- 1,8% λίπος, και 0,35% μη πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες. Αποτελεί τροφή χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και χοληστερόλη. Οι λιπαρές του ύλες έχουν υψηλή αναλογία ω-3/ω-6 λιπαρών οξέων ([Ξηροπούλου, 2008](#)).

## 2.2 Επεξεργασία μυδιών

### 2.2.1 Τηγάνισμα, βράσιμο

Τα τηγανητά τρόφιμα εξακολουθούν να είναι πολύ δημοφιλή σε όλο τον κόσμο λόγω των μοναδικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους. Η διαδικασία του τηγανίσματος θεωρείται ότι έχει σχεδόν την ίδια ή μικρότερη επίδραση στην απώλεια θρεπτικών συστατικών σε σύγκριση με άλλες μεθόδους μαγειρέματος. Επιπλέον, η θρεπτική αξία των τροφίμων αυξάνει λόγω της απορρόφησης των ελαίων κατά το τηγάνισμα, τα οποία είναι πλούσια σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και βιταμίνη Ε. Το παρθένο ελαιόλαδο είναι μοναδικό μεταξύ άλλων μαγειρικών ελαίων, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και την παρουσία συστατικών, όπως πολυφαινόλες, σκουαλένιο και τοκοφερόλες ([Kalogeropoulos et al., 2007](#)).

Στις μεθόδους μαγειρέματος με υγρή θέρμανση το τρόφιμο θερμαίνεται με νερό ή ατμό. Το βράσιμο είναι η μέθοδος μαγειρέματος κατά την οποία το τρόφιμο θερμαίνεται μέσα σε νερό που βράζει (100°C) υπό συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης. Θεωρείται γρήγορη μέθοδος μαγειρέματος γιατί το νερό έχει μεγάλη θερμική αγωγιμότητα ([Μπλούκας, 2004](#)).



### 2.2.1.1 Μηχανισμός τηγανίσματος

Το τηγάνισμα είναι μια διαδικασία εμβάπτισης τροφίμων σε έλαιο το οποίο θερμαίνεται σε θερμοκρασίες αρκετά πάνω από το σημείο βρασμού του νερού. Κατά το τηγάνισμα, η θερμότητα μεταφέρεται από το θερμαινόμενο έλαιο στο τρόφιμο και το νερό μετατρέπεται ραγδαία σε ατμό, τουλάχιστον στην επιφάνεια του στρώματος του τροφίμου. (Παπαδοσηφάκη & Κουνάδη, 2006). Ο ατμός περιορίζει τη διείσδυση του ελαίου από την επιφάνεια προς το κέντρο του τροφίμου, με αποτέλεσμα το προϊόν να έχει δύο χαρακτηριστικές ζώνες: (i) την αφυδατωμένη επιφάνεια όπου οι κύριες αλλαγές λαμβάνουν χώρα και (ii) το εσωτερικό ή πυρήνας, όπου η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 100°C (Dobarganes *et al.*, 2000). Η εξάτμιση του νερού είναι αρκετά ταχεία αρχικά κατά το τηγάνισμα. Λόγω του σχηματισμού κρούστας η διαδικασία αυτή παρεμποδίζεται με αποτέλεσμα τη συσσώρευση περίσσειας ατμού στο εσωτερικό του προϊόντος, όπου λόγω της αυξημένης πίεσης σχηματίζονται ρωγμές στο φλοιό. Αυτές οι ρωγμές χρησιμεύουν ως αγωγοί για την είσοδο λαδιού μέσα στο προϊόν. Οι Mallikarjunan *et al.* (1997) παρατήρησαν μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία με την αύξηση του χρόνου τηγανίσματος λόγω εξάτμισης (Lalam *et al.*, 2012).

Οι Kassama & Ngadi (2004) ανέφεραν ότι η απομάκρυνση της υγρασίας δημιουργεί πόρους στο προϊόν, οι οποίοι παρέχουν μία διαδρομή για την είσοδο του ελαίου στο προϊόν. Μολονότι σχετίζονται οι ροές της υγρασίας και του λαδιού, δεν λαμβάνουν χώρα την ίδια στιγμή αλλά εμφανίζονται διαδοχικά (Sandhu *et al.*, 2012).

Η απορρόφηση του λαδιού μπορεί να μειωθεί στο μισό με τη δημιουργία μιας κρούστας στην επιφάνεια του προϊόντος. Έτσι, εμποδίζεται η απώλεια νερού και η υπερπρόσληψη λαδιού και διατηρείται η ευχυμότητα στο τηγανισμένο προϊόν (Παπαδοσηφάκη & Κουνάδη, 2006).

Η πρόσληψη λαδιού είναι ένα σύνθετο φαινόμενο, το οποίο δεν έχει γίνει ακόμη πλήρως κατανοητό. Οι Gamble *et al.* (1987) πρότειναν ότι το μεγαλύτερο μέρος του λαδιού εισέρχεται στο προϊόν όταν αυτό αφαιρείται από τη φριτέζα, όπου παρατηρείται συμπύκνωση ατμού, η οποία δημιουργεί κάποιο κενό (Lalam *et al.*, 2012).

Κατά το τηγάνισμα η υγρασία του τροφίμου μετατρέπεται σε ατμό, ο οποίος αποτρέπει την πρόσληψη ελαίου στο προϊόν. Κατά τη διάρκεια της ψύξεως όμως, μετά το

τηγάνισμα, ακολουθεί συμπύκνωση του ατμού με αποτέλεσμα το λάδι να εισχωρεί από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του προϊόντος.

Οι Saguy & Dana (2003) περιγράφουν ότι η πρόσληψη ελαίου γίνεται με δύο μηχανισμούς:

- συνεχής αντικατάσταση της υγρασίας από το λίπος
- απορρόφηση του λίπους μετά το τηγάνισμα ([Sandhu et al., 2012](#)).

### 2.2.1.2 Μέθοδοι τηγανίσματος

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι τηγανίσματος:

#### ➤ Βαθύ τηγάνισμα (Deep-frying)

Σε αυτή τη μέθοδο το τρόφιμο βρίσκεται πλήρως καλυμμένο μέσα σε μεγάλη ποσότητα λαδιού, όπου η θερμοκρασία τηγανίσματος κυμαίνεται από 150-200°C, η οποία είναι πολύ πάνω από τη θερμοκρασία βρασμού του νερού ([Dobarganes et al., 2000](#)).

Αυτή η τεχνική απαιτεί την χρήση μεγάλου όγκου λαδιού, ώστε να βυθίζεται η συνολική επιφάνεια του τροφίμου στο έλαιο. Μόνο ένα μικρό μέρος του ελαίου απορροφάται από το τρόφιμο, ενώ το υπόλοιπο είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιηθεί. Η θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται το βαθύ τηγάνισμα είναι πολύ υψηλή, με αποτέλεσμα να συντελείται ταχύτατη μεταφορά θερμότητας και να αποτελεί μια πολύ γρήγορη μέθοδο τηγανίσματος ([Νικοδήμου, 2007](#)).

#### ➤ Αβαθές τηγάνισμα (Pan-frying, Shallow frying)

Είναι μια μέθοδος μαγειρέματος κατά την οποία το τρόφιμο είναι ημι-βυθισμένο σε καυτό λάδι. Σε αντίθεση με το βαθύ τηγάνισμα όπου το τρόφιμο είναι πλήρως καλυμμένο από το έλαιο, στο αβαθές τηγάνισμα η στάθμη του λαδιού δεν ξεπερνά το μισό του ύψους του τροφίμου. Μια άλλη σημαντική διαφορά είναι ότι στο αβαθές τηγάνισμα το τρόφιμο έρχεται σε επαφή με το μεταλλικό περιέκτη, ενώ στο βαθύ τηγάνισμα το τρόφιμο αιωρείται στο έλαιο.

Το αβαθές τηγάνισμα, ως τεχνική, απαιτεί μικρότερη ποσότητα ελαίου από το βαθύ τηγάνισμα, τέτοια ώστε να καλύπτει το μισό περίπου του τροφίμου. Έτσι ένα μέρος του ελαίου απορροφάται από το τρόφιμο και η φυσική γεύση του ελαίου τηγανίσματος συμβάλλει στη διαμόρφωση της τελικής γεύσης των τηγανιτών τροφίμων.

Η θερμοκρασία σε αυτόν τον τύπο τηγανίσματος κυμαίνεται από 120°C έως 180°C και η μετάδοση της θερμότητας στο τρόφιμο γίνεται με αγωγή από τα τοιχώματα του μεταλλικού περιέκτη (Νικοδήμου, 2007).

### 2.2.1.3 Μέθοδος βρασμού

Όταν η θερμοκρασία του νερού κατά το μαγείρεμα διατηρείται σε χαμηλότερη από τη θερμοκρασία βρασμού (<100°C) τότε η μέθοδος μαγειρέματος χαρακτηρίζεται ως σιγοβράσιμο (simmering).

Το μαγείρεμα υπό πίεση (pressure cooking) γίνεται σε χύτρες ταχύτητας στις οποίες τοποθετείται το τρόφιμο μέσα στο νερό. Ο ατμός που προκύπτει από το βρασμό του νερού συγκεντρώνεται στη χύτρα και αυξάνει την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια του νερού. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα το νερό να βράζει σε υψηλότερη θερμοκρασία και συνεπώς το τρόφιμο μαγειρεύεται σε μικρότερο χρόνο. Ο ατμός ως μέσο θέρμανσης χρησιμοποιείται άμεσα για το μαγείρεμα των τροφίμων στο βράσιμο με ατμό (steaming) (Μπλούκας, 2004).

### 2.2.2 Φυσικοχημικές μεταβολές κατά την διάρκεια του τηγανίσματος

Το τηγάνισμα των τροφίμων είναι δημοφιλές στην καθημερινή ζωή, επειδή είναι μια γρήγορη και εύκολη τεχνική για την παρασκευή τροφίμων με τυπικά χαρακτηριστικά χρώματος, αρώματος και υφής, και εκτιμάται ιδιαίτερα από τους καταναλωτές. Ωστόσο, αυτές οι θετικές στάσεις συνήθως συνοδεύεται από ορισμένες ανεπιθύμητες τροποποιήσεις στο μέσο τηγανίσματος, καθώς και στα τηγανισμένα προϊόντα (Saghir *et al.*, 2004).

Το έλαιο είναι ένα εξαιρετικό μέσο μεταφοράς θερμότητας επομένως, το υλικό θερμαίνεται γρήγορα όταν βυθίζεται μέσα σε αυτό. Είναι μια διαδικασία ξήρανσης και ψησίματος με καυτό λάδι σε υψηλή θερμοκρασία με ταυτόχρονη μεταφορά θερμότητας και μάζας. Η μεταφορά μάζας περιλαμβάνει την απώλεια της υγρασίας, λίπους, υδατανθράκων, πρωτεϊνών και βιταμινών και άλλων συστατικών του τροφίμου και την απορρόφηση ελαίου. Επομένως, τόσο το τρόφιμο όσο και το λάδι επηρεάζονται μεταξύ τους με αποτέλεσμα την εμφάνιση περίπλοκων χημικών αντιδράσεων (Zhang *et al.*, 2012).

### 2.2.2.1 Υγρασία

Κατά την διάρκεια του τηγανίσματος θερμότητα μεταφέρεται στο τρόφιμο με αποτέλεσμα όταν η θερμοκρασία προσεγγίσει τους 100<sup>0</sup>C να ξεκινά η εξάτμιση της υγρασίας που περιέχει. Η απώλεια υγρασίας από το τρόφιμο επηρεάζεται τόσο από τη διάρκεια όσο και από τη θερμοκρασία τηγανίσματος. Με το πανάρισμα του τροφίμου μειώνεται η απώλεια υγρασίας αλλά σημαντικές ποσότητες του ελαίου τηγανίσματος απορροφούνται από το τρόφιμο ([Dobarganes et al., 2000](#)).

### 2.2.2.2 Πρωτεΐνες

Τα επίπεδα της πρωτεΐνης παρουσιάζουν σημαντική μείωση κατά το τηγάνισμα, η οποία οφείλεται στην πρόσληψη λαδιού που χρησιμοποιείται κατά το τηγάνισμα.

Τα περιεχόμενα πρωτεΐνης των τηγανητών αλιευμάτων βρέθηκαν να είναι χαμηλότερα από εκείνα των μαγειρεμένων και καπνιστών ([Steiner et al., 1991](#)).

### 2.2.2.3 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<sup>+</sup>), καλίου (K<sup>+</sup>), ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>) καθώς και ιχνοστοιχεία.

Σύμφωνα με τους [Garcia-Arias et al. \(2003\)](#) η τέφρα επί ξηρού παρουσίασε μικρή αύξηση σε τηγανισμένα και ψημένα δείγματα σαρδέλας, δεν διαπίστωσαν ωστόσο σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε τέφρα μεταξύ των ψημένων και τηγανισμένων δειγμάτων.

### 2.2.2.4 Λίπος

Η περιεκτικότητα σε λίπος αυξάνεται με την επεξεργασία του τηγανίσματος.

Σύμφωνα με τους [Cuesta et al. \(2001\)](#) κατά το τηγάνισμα παρατηρείται διεύρυνση του μέσου τηγανίσματος (έλαιο) στο τρόφιμο όταν κάποια σημαντική ποσότητα νερού έχει εξατμιστεί. Επίσης παρατηρήθηκε και ανταλλαγή του λίπους του αλιεύματος με το έλαιο τηγανίσματος, η οποία μάλιστα είναι εντονότερη σε λιπαρά αλιεύματα με χαμηλό ποσοστό υγρασίας.

Οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε μεταβολές (οξειδωση). Έτσι, το μαγείρεμα και γενικώς η θερμική επεξεργασία οδηγούν σε αύξηση των προϊόντων οξειδωσης των εν λόγω ευεργετικών λιπαρών οξέων.

Τηγάνισμα με επικάλυψη αλεύρου προκαλεί εκτεταμένη απορρόφηση λιπαρών ουσιών από το μέσο τηγανίσματος ([Turkkan et al., 2008](#)).

#### **2.2.2.5 Λιπαρά οξέα**

Τα αλιεύματα και τα ιχθυέλαια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην οξειδωση, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (30-40%), κυρίως εικοσιπενταενοϊκό (C20:5ω-3, EPA) και εικοσιδυεξαενοϊκό (C22:6ω-3, DHA), τα οποία είναι σημαντικά για την ανθρώπινη υγεία. Αυτά τα μοναδικά λιπαρά οξέα διακρίνουν τις λιπαρές ύλες των αλιευμάτων από τις αντίστοιχες των λοιπών φυτικών και ζωικών τροφίμων ([Saghir et al., 2004](#); [Dimitriadou et al. 2008](#))

Μείωση κατά 33% των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο σύνολο των λιπαρών οξέων γαύρου παρατηρήθηκε κατά το τηγάνισμα, ενώ δεν μεταβλήθηκαν κατά το ψήσιμο. Τριπλάσια ήταν αύξηση του συνόλου των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA). Κυμάνθηκαν από 22,87% στα μη επεξεργασμένα δείγματα γαύρου έως 65,87% στα δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο για 5 min, ενώ δεν παρατηρήθηκε μεταβολή τους κατά το ψήσιμο. Σημαντική είναι η μείωση που παρατηρήθηκε στο σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) (82%) σε δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο, ενώ προσέγγισε το ποσοστό της τάξης του 92% η μείωση των ω-3 λιπαρών οξέων ([Κοκαράς & Μίκρας, 2012](#)).

#### **2.2.2.6 Χοληστερόλη**

Η χοληστερόλη είναι βασικό συστατικό των αλιευμάτων. Τα τρόφιμα τα οποία τηγανίζονται σε ζωικά λίπη προσλαμβάνουν και ενσωματώνουν ένα μέρος από τη χοληστερόλη που συναντάται στα ζωικά λίπη. Ενώ αντίθετα, έχει ανακοινωθεί ότι κατά το τηγάνισμα σε φυτικό έλαιο παρατηρείται μεταφορά χοληστερόλης από το αλιεύμα προς το έλαιο τηγανίσματος, με αποτέλεσμα τη μείωση της περιεκτικότητας του αλιεύματος σε χοληστερόλη ([Mai et al., 1978](#)).

Οι [Wen-Hsin & Lillard](#) (1998) μελετώντας δείγματα γατόψαρου διαπίστωσαν ότι η

χοληστερόλη επί ξηρού μειώθηκε κατά το τηγάνισμα, ενώ κατά το ψήσιμο παρουσίασε αύξηση. Γενικότερα σε όλες τις μεθόδους μαγειρέματος που εφάρμοστηκαν παρατηρήθηκε αύξηση της χοληστερόλης επί υγρού, όταν όμως τα αποτελέσματα αποδόθηκαν επί ξηρού τότε τα τηγανισμένα δείγματα είχαν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, πιθανότατα λόγω μεταφοράς μέρους της χοληστερόλης στο έλαιο τηγανίσματος.

### **2.2.2.7 Σκουαλένιο**

Το σκουαλένιο είναι ένα τριτερπένιο ευρέως διαδεδομένο στην φύση. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας έρευνα έχει δείξει ότι το σκουαλένιο μπορεί να συμβάλει στην αντικαρκινογόνο δράση του ελαιολάδου και μαζί με τις φαινολικές ουσίες και το ελαϊκό οξύ πιθανώς αποκτά αντι-φλεγμονώδεις ιδιότητες ([Chiou et al., 2009](#)).

Το σκουαλένιο είναι ένας μεταβολίτης που παράγεται κατά τη σύνθεση της χοληστερόλης. Θεωρητικά, επομένως, το σκουαλένιο που λαμβάνεται από τη διατροφή μπορεί να μετατραπεί από το σώμα σε χοληστερόλη και, ως εκ τούτου, να αυξήσει τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα. Η πρώτη προϋπόθεση για την παραπάνω μεταβολή είναι η πρόσληψη σημαντικών ποσοτήτων σκουαλενίου. 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. Όμως, αυτή η αύξηση στη σύνθεση της χοληστερόλης δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα, ίσως ως αποτέλεσμα της αυξημένης της αποβολής ([Strandberg et al., 1990](#)).

## 2.3 Επεξεργασία καπνίσματος

### 2.3.1 Κάπνισμα αλιευμάτων

Η επεξεργασία του καπνίσματος περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στάδια: το αλάτισμα, την ξήρανση, το κάπνισμα και τη θερμική επεξεργασία, όλα τα παραπάνω στάδια συμβάλλουν στη συντήρηση των προϊόντων αυτών, μειώνοντας την ικανότητα ανάπτυξης των μικροοργανισμών (Iliadis, 2004). Η σύνθετη αυτή επεξεργασία του καπνίσματος επιφέρει αλλαγές στο χρώμα, την οσμή, τη γεύση και την υφή των καπνιστών προϊόντων (Guillen *et al*, 2006).

Είναι γνωστό ότι η συντήρηση των καπνιστών αλιευμάτων είναι αποτέλεσμα της μερικής ξήρανσης και της εναπόθεσης στη σάρκα των προϊόντων χημικών ουσιών με αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση (Chen & Issenberg, 1972). Ο Storey (1982) περιέγραψε το κάπνισμα ως μια διαδικασία καταστρεπτικής απόσταξης (destructive distillation process) που γίνεται με τη μερική καύση πριονιδιού ή άλλης μορφής υπολειμμάτων ξύλου.

Παραδοσιακά χρησιμοποιούνται και προτείνονται υπολείμματα σκληρών ξύλων, όπως βελανιδιάς και καρυδιάς, γιατί περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες λιγνίνης η οποία σε συνθήκες πυρόλυσης και οξειδωσης ελευθερώνει φαινόλες που είναι υπεύθυνες για το επιθυμητό άρωμα των καπνιστών προϊόντων. Τα μαλακά ξύλα, όπως το πεύκο, περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις κυτταρίνης η οποία οδηγεί σε παραγωγή οξικού οξέος και άλλα ανεπιθύμητα οργανικά οξέα κατά την καύση της. Τα οξέα αυτά προσδίδουν όξινη και πικρή γεύση στα παραγόμενα προϊόντα (Clifford *et al*, 1980).

Στις αναπτυγμένες κοινωνίες τα αλιεύματα καπνίζονται για να αποκτήσουν το επιθυμητό άρωμα και όχι για να μπορέσουν να συντηρηθούν, έτσι το μεγαλύτερο ποσοστό των καπνιστών αλιευμάτων καταψύχονται μετά το κάπνισμα. Όμως οι παραδοσιακές μέθοδοι καπνίσματος εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται και μάλιστα σε μεγάλη έκταση. Στις παραδοσιακές αυτές μεθόδους τα αλιεύματα εκτίθενται σε καπνό ξύλου ο οποίος παράγεται από την καύση πριονιδιού στην επιλεγόμενη θερμοκρασία.

### 2.3.1.1 Αλάτισμα

Τα καπνιστά προϊόντα περιέχουν συνήθως 2-4% χλωριούχο νάτριο. Οι μέθοδοι αλατίσματος που χρησιμοποιούνται πριν το κάπνισμα των αλιευμάτων είναι οι εξής:

- *Ξηρό αλάτισμα (dry salted)*, το οποίο είναι κατάλληλο για μη λιπαρά αλιεύματα, τα οποία τοποθετούνται σε στρώσεις που διαχωρίζονται από στρώσεις ξηρού αλατιού. Το αλάτι διεισδύει στη σάρκα ενώ ταυτόχρονα υγρασία εξέρχεται από τη σάρκα του αλιεύματος, η οποία απομακρύνεται από οπές που υπάρχουν στον πυθμένα των δοχείων.
- *Ξηρό-υγρό αλάτισμα (pickling)*, το οποίο αποτελεί παραλλαγή της παραπάνω μεθόδου. Ο μυϊκός οπός που εξέρχεται κατά τη διάρκεια του αλατίσματος δεν απομακρύνεται αλλά παραμένει στο δοχείο αλατίσματος, με αποτέλεσμα τα αλιεύματα να υποβάλλονται ταυτόχρονα σε ξηρό-υγρό αλάτισμα.
- *Υγρό αλάτισμα (brining)*, μέθοδος που προτιμάται για λιπαρά αλιεύματα. Τα αλιεύματα εμβάπτιζονται σε προπαρασκευασμένα διαλύματα άλμης υψηλής συγκέντρωσης (15%-20%), για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Κατά την εμβάπτιση των αλιευμάτων στην άλμη παρατηρείται μείωση του οξυγόνου του συστήματος και έτσι περιορίζονται σημαντικά οι αντιδράσεις οξειδωσης των ακόρεστων λιπαρών οξέων της σάρκας τους (Dimitriadou *et al.*, 2008).

### 2.3.1.2 Ξήρανση

Η ξήρανση είναι η διαδικασία απομάκρυνσης νερού, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με τις εξής μεθόδους:

- Ξήρανση στον αέρα ή με επαφή, που γίνεται με την βοήθεια θερμού αέρα ή θερμαινόμενης επιφάνειας.
- Ξήρανση υπό κενό. Πλεονεκτεί έναντι της προηγούμενης μεθόδου γιατί η ταχύτητα ξήρανσης είναι εντονότερη, οπότε η δομή της σάρκας των αλιευμάτων δεν μεταβάλλεται σημαντικά.
- Ξήρανση με κατάψυξη (freeze drying). Στηρίζεται στην κατάψυξη με εφαρμογή πολύ χαμηλών πιέσεων (0,64 kPa) που βοηθούν στην απομάκρυνση των υδρατμών.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό ξήρανσης κατά την διάρκεια του καπνίσματος είναι η ταχύτητα του καπνού/αέρα που περνάει πάνω από το προϊόν, το



ποσοστό της υγρασίας στο αλείευμα, η θερμοκρασία του καπνιστηρίου και η υγρασία που παραμένει σε αυτό καθώς και η περιεκτικότητα του αλιεύματος σε αλάτι. Όσο πιο ζεστός είναι ο αέρας τόσο περισσότερη υγρασία απομακρύνει (Dimitriadou *et al.*, 2008) Είναι απαραίτητο για την επίτευξη προϊόντων ποιότητας το προϊόν να χάσει ένα μέρος της υγρασίας του, πριν από την εφαρμογή του καπνίσματος (Παπαναστασίου, 1990).

### 2.3.1.3 Κάπνισμα

Η σύνθεση του καπνού και οι συνθήκες επεξεργασίας της πρώτης ύλης επηρεάζουν την ποιότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, τη διάρκεια συντήρησης και τη θρεπτική αξία του προϊόντος.

Ο καπνός που χρησιμοποιείται για το κάπνισμα προϊόντων παράγεται με ατελή καύση ξύλων. Η θερμοκρασία παραγωγής του είναι 650–700°C, ωστόσο η θερμοκρασία αυτή μπορεί να μειωθεί όταν η υγρασία του ξύλου είναι αυξημένη (Stolyhwo & Sikorski, 2005).

Ο καπνός είναι ένα μίγμα αέρα, υδρατμών, CO<sub>2</sub>, CO και εκατοντάδων οργανικών ουσιών. Οι οργανικές ουσίες σχηματίζονται από τη θερμική αποικοδόμηση του ξύλου, η οποία ακολουθείται από την οξειδωση ορισμένων προϊόντων πυρόλυσης σε περιβάλλον χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου. Τα κύρια συστατικά του ξύλου είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη. Κατά την πυρόλυσή τους τα παραπάνω πολυμερή δίνουν διαφορετικά προϊόντα. Η θερμική αποικοδόμηση της ημικυτταρίνης, της κυτταρίνης και της λιγνίνης του ξύλου γίνεται σε θερμοκρασίες 180–300°C, 260–350°C και 300–500°C αντίστοιχα (Stolyhwo & Sikorski, 2005).

Η αποικοδόμηση της κυτταρίνης οδηγεί σε παραγωγή οξικού οξέος ως κύριου προϊόντος πυρόλυσης καθώς και σε μικρές ποσότητες φουρανών και φαινολικών ουσιών.

Η ημικυτταρίνη είναι περισσότερο ασταθής στη θέρμανση, συγκριτικά με τα άλλα δύο συστατικά του ξύλου, και δίνει διαφορετικά παράγωγα ανάλογα με το είδος του ξύλου. Η πυρόλυση των σκληρών ξύλων για παράδειγμα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή καπνού πλούσιου σε πεντόζες, ενώ των μαλακών σε εξόζες.

Η λιγνίνη, θεωρείται ως η σημαντικότερη από τα συστατικά του ξύλου διότι οδηγεί σε παραγωγή ουσιών που είναι υπεύθυνες για το άρωμα των καπνιστών προϊόντων, κύρια προϊόντα πυρόλυσής της είναι οι φαινόλες και οι φαινολικοί αιθέρες (Doe et al., 1998).

Η φυσική ποσότητα του καθενός από τα παραπάνω πολυμερή ποικίλει και είναι ανάλογη με το είδος του ξύλου και τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό τους, αλλά συνήθως προτείνεται η αναλογία κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη 2:1:1, αντίστοιχα (Gilbert & Knowles, 1975).

Όλα τα προαναφερόμενα δεν αποτελούν παρά μια γενική περιγραφή της συμπεριφοράς του κάθε πολυμερούς ξεχωριστά, αλλά κατά τη διάρκεια της καύσης του ξύλου τα παραπάνω πολυμερή συμπεριφέρονται ως ένα μίγμα. Έτσι, ο καπνός του ξύλου που χρησιμοποιείται για το κάπνισμα των αλιευμάτων και γενικότερα των τροφίμων περιέχει έναν τεράστιο αριθμό από διαφορετικά συστατικά ως συνέπεια της καύσης του μίγματος των τριών πολυμερών. Περισσότερες από 300 ουσίες έχουν ανιχνευτεί και πιθανά υπάρχουν ακόμη περισσότερες (Maga, 1988).

Οι πιο σημαντικές κατηγορίες χημικών ουσιών που έχουν ανιχνευτεί στον καπνό είναι: οι φαινόλες, οι ουσίες με καρβονυλική ομάδα ( $C=O$ ) στο μόριό τους (καρβονυλικές ουσίες π.χ. αλδεΐδες, κετόνες κλπ), τα οξέα, οι φουράνες, οι αλκοόλες και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Μερικές από τις παραπάνω κατηγορίες ουσιών είναι επιθυμητές, γιατί συμβάλουν στα αναμενόμενα αποτελέσματα όπως το άρωμα, την ικανότητα συντήρησης και το χρώμα, ενώ μερικές έχουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα όπως την επιβάρυνση των προϊόντων με τοξικές ουσίες και τη διατροφική υποβάθμιση (Hamm, 1977).

Είναι σήμερα γενικά αποδεκτό ότι το χαρακτηριστικό άρωμα των καπνιστών προϊόντων προέρχεται από τις φαινόλες, ενώ οι καρβονυλικές ουσίες και τα οξέα ενδεχομένως συμμετέχουν ελάχιστα στη διαμόρφωση του αρώματος. Το αντιοξειδωτικό και βακτηριοστατικό αποτέλεσμα προέρχεται επίσης κύρια από την παρουσία συγκεκριμένων φαινολών. Το χαρακτηριστικό χρυσό–καφέ χρώμα είναι αποτέλεσμα των καρβονυλικών ουσιών οι οποίες αντιδρούν με τα αμινοξέα των επιφανειακών πρωτεϊνών και δίνουν τον επιθυμητό χρωματισμό “μη-ενζυμικό καφέτιασμα”. Τα οξέα επίσης συμμετέχουν στο χρωματισμό προκαλώντας υδρόλυση των πρωτεϊνών της επιφάνειας δημιουργώντας μαύρα πηγάματα, τα οποία όταν παράγονται σε μεγάλη

έκταση εμποδίζουν τη διείσδυση στο εσωτερικό της σάρκας των συστατικών του καπνού. Ο καπνός όμως περιέχει και κάποια τοξικά συστατικά, κύρια τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, όπως το 3,4-βένζο(α)πυρενίο το οποίο έχει καρκινογόνες ιδιότητες.

### **2.3.2 Μέθοδοι καπνίσματος**

Στα αλιεύματα εφαρμόζονται δύο παραδοσιακές μέθοδοι καπνίσματος, το θερμό και το ψυχρό κάπνισμα, ενώ έχουν αναφερθεί και νεότερες μέθοδοι όπως το ηλεκτροστατικό και το υγρό κάπνισμα (Dimitriadou *et al.*, 2008).

#### **2.3.2.1 Ψυχρό ή κρύο κάπνισμα**

Συνίσταται στην έκθεση των προϊόντων σε καπνό θερμοκρασίας 24°C έως 35°C, μέσα σε ειδικούς θαλάμους (καπνιστήρια). Στη θερμοκρασία αυτή αποφεύγεται η μετουσίωση των πρωτεϊνών των αλιευμάτων. Το κάπνισμα διαρκεί από μερικές ώρες μέχρι αρκετές εβδομάδες, ανάλογα με το επιθυμητό προϊόν.

Η επεξεργασία περιλαμβάνει δύο στάδια: κατά το πρώτο στάδιο το προϊόν τοποθετείται μέσα σε καπνιστήρια, όπου και ξηραίνεται με ελαφρώς θερμό αέρα (30-38°C). Η φάση αυτή είναι μικρής διάρκειας. Κατά το δεύτερο στάδιο, στο οποίο λαμβάνει χώρα το κάπνισμα, διαβιβάζεται μέσα στους θαλάμους καπνίσματος άφθονος και πυκνός καπνός θερμοκρασίας 24-33°C.

Καθώς η θερμοκρασία του καπνού δεν ξεπερνάει τους 35°C, το καπνιστό αλιεύμα δεν έχει καθόλου μαγειρευτεί. Για το λόγο αυτό, όλα σχεδόν τα προϊόντα του ψυχρού καπνίσματος απαιτούν συνήθως μαγείρεμα πριν την κατανάλωση τους (Παπαναστασίου, 1990; Dimitriadou *et al.*, 2008).

#### **2.3.2.2 Θερμό κάπνισμα**

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μεγάλη βιομηχανική εφαρμογή και περιλαμβάνει τη χρήση θερμού καπνού ή και θερμού αέρα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Η θερμοκρασία του καπνού ή του αέρα είναι υψηλή (70-80°C) και μπορεί να φτάσει ακόμη και τους 120°C ενώ η θερμοκρασία στο κέντρο του αλιεύματος τους 82,2°C. Στη θερμοκρασία αυτή το αλιεύμα παστεριώνεται και αδρανοποιούνται τα ένζυμα, οπότε μειώνεται ο

κίνδυνος για την κατανάλωσή του. Ο χρόνος καπνίσματος του αλιεύματος εξαρτάται από τη συγκέντρωση του σε χλωριούχο νάτριο (Παπαναστασίου, 1990; Dimitriadou *et al.* 2008).

Το θερμό κάπνισμα περιλαμβάνει τρία ξεχωριστά στάδια:

- Μερική ξήρανση στους 30°C, κατά την οποία παρατηρείται σκλήρυνση του δέρματος προς αποφυγή σχισίματος στα επόμενα στάδια. Ο καπνός είναι σχετικά αραιός ενώ η παροχή του αέρα είναι αρκετά υψηλή. Το στάδιο αυτό διαρκεί συνήθως 30- 60min.
- Κάπνισμα και μερικό ψήσιμο στους 50°C, διάρκειας 45- 60min, με μείωση της παροχής αέρα.
- Τελικό ψήσιμο και κάπνισμα στους 70-90°C για 1-2 ώρες. Η τελική θερμοκρασία του προϊόντος, πριν την έξοδό του από το καπνιστήριο, πρέπει απαραίτητα να φτάσει τους 80°C (Παπαναστασίου, 1990; Dimitriadou *et al.* 2008).

Η συνολική διάρκεια του καπνίσματος (και τα 3 στάδια) εξαρτάται από το είδος του αλιεύματος, το μέγεθος, τη λιποπεριεκτικότητα και τον τύπο του τελικού προϊόντος (Παπαναστασίου, 1990).

Οι βασικές διαφορές μεταξύ θερμού και ψυχρού καπνίσματος είναι η θερμοκρασία που χρησιμοποιείται, η ταχύτητα και η διάρκεια του καπνίσματος και η διαφορετική υφή και εμφάνιση του τελικού προϊόντος (Dimitriadou *et al.*, 2008).

### 2.3.2.3 Ηλεκτροστατικό κάπνισμα

Στην επεξεργασία αυτή ο καπνός διέρχεται από ηλεκτρικό πεδίο με υψηλό δυναμικό (20-60kV). Τα σωματίδια του καπνού διερχόμενα του ηλεκτρικού πεδίου φορτίζονται θετικά και προσανατολίζονται, ώστε να επικαθίσουν στην αρνητικά φορτισμένη σάρκα των αλιευμάτων, η οποία έχει προηγουμένως υποστεί ξήρανση με υπέρυθρη ακτινοβολία.

Με τη μέθοδο αυτή η διάρκεια του καπνίσματος από λίγες ώρες, μειώνεται σε 8-10 min (Παπαναστασίου, 1990; Dimitriadou *et al.*, 2008).

Έχει διαπιστωθεί ότι τα κλάσματα των οξέων, των φαινολικών και καρβονυλικών ουσιών που ανιχνεύτηκαν στον καπνό που χρησιμοποιήθηκε για ηλεκτροστατικό κάπνισμα ήταν χαμηλότερης συγκέντρωσης από ότι σε κανονικό καπνό. Επομένως, οι οργανοληπτικές

ιδιότητες των καπνιστών αλιευμάτων που καπνίζονται με ηλεκτροστατικό κάπνισμα διαφέρουν από τις αντίστοιχες των αλιευμάτων που καπνίζονται με παραδοσιακές μεθόδους (Dimitriadou *et al.*, 2008).

#### **2.3.2.4 Υγρό κάπνισμα**

Το κάπνισμα με τη χρήση του υγρού καπνού δεν είναι καινούρια μέθοδος, εφαρμόζεται για περισσότερο από 30 χρόνια ως μια μέθοδος που προσφέρει το χαρακτηριστικό άρωμα καπνιστού στα προϊόντα.

Η χρησιμοποίηση υγρού καπνού παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων καπνίσματος που αναφέρθηκαν.

Οι αρωματικές ουσίες του υγρού καπνού διαχέονται ομοιόμορφα στη μάζα του προϊόντος που πρόκειται να υποστεί κάπνισμα. Το προϊόν παρουσιάζει την ίδια ένταση αρώματος τόσο εξωτερικά όσο και στις εσωτερικές του στοιβάδες. Αντίθετα, στα αλιεύματα που καπνίζονται με τις κλασικές μεθόδους, η ένταση του αρώματος του καπνού είναι μεγαλύτερη στην εξωτερική τους επιφάνεια.

Μπορεί να ρυθμιστεί η ένταση της γεύσης και του αρώματος των καπνιστών προϊόντων. Μπορεί να εφαρμοστεί με ποικίλους τρόπους όπως ψεκασμός στην επιφάνεια και εμπάπτιση, όπως επίσης μπορεί να γίνει εφαρμογή της μεθόδου σε προϊόντα που δεν μπορούν να καπνιστούν με τις παραδοσιακές μεθόδους.

Μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του κόστους της επεξεργασίας, αφού δεν απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε εμπορικό όσο και σε οικιακό επίπεδο (Dimitriadou *et al.*, 2008).

### **2.3.3 Φυσικοχημικές μεταβολές κατά το κάπνισμα**

#### **2.3.3.1 Μεταβολές στις πρωτεΐνες**

Η θέρμανση είναι γνωστό ότι προκαλεί σημαντική μετουσίωση των ανώτερων δομών των πρωτεϊνών. Η θερμοκρασία μετουσίωσης των πρωτεϊνών εξαρτάται από το είδος των πρωτεϊνών αλλά και από τις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες αλίευσης του αλιεύματος, έτσι οι Aitken & Connell (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 μυϊκών πρωτεϊνών αρχίζει από τους 30°C, στους δε 40°C η εκχυλίσιμη πρωτεΐνη ήταν κατά 40% χαμηλότερη, ενώ στους 60-65°C κατά 90% χαμηλότερη. Διαπίστωσαν επίσης σημαντική μείωση (80%) της εκχυλίσιμης (αλατοδιαλυτής) μυϊκής πρωτεΐνης του μπακαλιάρου με έκθεση του στους 30°C για 40 ώρες, ενώ η μείωση στις αντίστοιχες σαρκοπλασματικές ήταν μόνο 30%, δείχνοντας έτσι τη μεγαλύτερη σταθερότητα της ομάδας αυτής των πρωτεϊνών.

Όταν επίσης τα αλιεύματα θερμανθούν, η περιεκτικότητα του αζώτου που δεν καθιζάνει σε τριχλωροξικό οξύ (TCA) αυξάνει. Αυτό είναι άζωτο που προέρχεται από την αμμωνία, τις διάφορες αμίνες, το τριμεθυλαμινοξειδίο (TMAO), αμινοξέα, μικρού μοριακού βάρους πεπτίδια και πρωτεΐνες που δεν καθιζάνουν σε τριχλωροξικό οξύ (TCA).

Το αλάτισμα των αλιευμάτων, που προηγείται του καπνίσματος, προκαλεί απώλεια πρωτεϊνών η οποία εξαρτάται από τη συγκέντρωση της άλμης και από το χρόνο αλατίσματος. Η απώλεια αυτή μπορεί να φτάσει έως 5% (Sikorski *et al.*, 1998).

Η διαδικασία του καπνίσματος επηρεάζει επίσης τη θρεπτική αξία των πρωτεϊνών. Σε μη επεξεργασμένα δείγματα πέστροφας η περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα ήταν υψηλότερη από ότι στα επεξεργασμένα (βραστά ή καπνιστά) (El & Kavas, 1996). Σε καπνιστό φιλέτο σκουμπριού παρατηρήθηκε μέγιστη απώλεια διαθέσιμης λυσίνης 8,8% και τρυπτοφάνης 7,1% στην επιφάνεια του αλιεύματος (Sikorski *et al.*, 1998).

### 2.3.3.2 Μεταβολές στις λιπαρές ύλες

Το λίπος έχει βρεθεί ότι επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την ποιότητα του προϊόντος (υφή, γεύση και άρωμα) ενώ μπορεί επίσης να συμβάλλει στο χρώμα των καπνιστών αλιευμάτων (Rora *et al.*, 1998). Το ποσοστό λίπους στα αλιεύματα κυμαίνεται από 1% έως και 30%. Στο λίπος περιέχονται ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας, όπως το εικοσιπενταενοϊκό (C20:5ω-3, EPA) και το εικοσιδιεξαενοϊκό (C22:6ω-3, DHA), τα οποία είναι σημαντικά για την ανθρώπινη υγεία (Kinsella, 1987).

Πιστεύεται γενικά ότι η ενζυμική υδρόλυση του λίπους σταματάει όταν η σάρκα του αλιεύματος θερμανθεί στους 100°C για 90 λεπτά. Η θέρμανση όμως του μπακαλιάρου

για 30 λεπτά στους 100°C δεν είχε την παραμικρή επίδραση στη δράση της φωσφολιπάσης των αλιευμάτων, που δείχνει ότι κατά τη διάρκεια της συντήρησης μαγειρεμένων αλιευμάτων η υδρόλυση των λιπαρών υλών είναι μάλλον αναμενόμενη.

Η οξειδωση του λίπους οδηγεί στην παραγωγή ενδιάμεσων προϊόντων, όπως τα υδροϋπεροξειδία και σε ποικιλία τελικών προϊόντων όπως αλδεΐδες και κετόνες μαζί με άλλα προϊόντα διάσπασης. Τα δευτερογενή προϊόντα οξειδωσης, ιδιαίτερα οι αλδεΐδες, είναι υπεύθυνα για τις εμφανιζόμενες ξένες γεύσεις στα αλιεύματα οι οποίες μοιάζουν με αυτές ταγγισμένων λαδιών. Επιπρόσθετες αντιδράσεις είναι πολύ πιθανές μεταξύ των προϊόντων οξειδωσης και κάποιων συστατικών του τροφίμου π.χ. πρωτεΐνες, αμινοξέα και βιταμίνες. Ως αποτέλεσμα παρατηρούνται φαινόμενα όπως απώλεια της θρεπτικής αξίας, ανάπτυξη ανεπιθύμητων χρωματισμών καθώς και εμφάνιση τοξικότητας.

Επειδή τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αποτελούν άριστο υπόστρωμα οξειδωσης, η οποιαδήποτε θρεπτική τους αξία μπορεί να υποβαθμιστεί κατά τη διάρκεια της ξήρανσης και του καπνίσματος.

Η θέρμανση επίσης αναμφίβολα προωθεί την οξειδωση του λίπους. Σε μια μελέτη από τους [Howgate & Ahmed \(1972\)](#) παρατηρήθηκε ταχύτατη αύξηση της πιμής υπεροξειδίων σε αλιεύματα που θερμάνθηκαν στους 30°C για περίπου 40 ώρες.

Η θερμική επεξεργασία κατά τη διάρκεια του καπνίσματος προκαλεί οξειδωση του λίπους των αλιευμάτων με σημαντική αύξηση στην τιμή του θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) και στην τιμή υπεροξειδίων ([Sikorski et al., 1998](#)).

## **2.4 Έλεγχος παρατηρούμενων μεταβολών**

### **2.4.1 Έλεγχος μεταβολών υγρασίας**

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

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

Άλλες μέθοδοι για τον προσδιορισμό της υγρασίας είναι η ξήρανση υπό κενό ή λυοφιλίωση, η αζεοτροπική απόσταξη, η μέθοδος Karl Fischer, η χημική αποξήρανση, η θερμοδυναμική ανάλυση, η διάθλαση και η αέρια χρωματογραφία. Στις έμμεσες μεθόδους συγκαταλέγονται η υπέρυθρη απορρόφηση, η διηλεκτρική χωρητικότητα φασματοσκοπία μάζας κλπ (Τανανάκη, 2006).

#### **2.4.2 Έλεγχος μεταβολών τέφρας**

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

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

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



### 2.4.3 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 θειϊκό 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 μόνο πρωτεϊνών).
  - Χρήση διαβρωτικών ανηδραστηρίων (απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή!!!)

Άλλες μέθοδοι για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών είναι οι εξής:

Χρωματομετρικές μέθοδοι:

- 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 από τα αλιεύματα προτάθηκε από τους [Bligh & Dyer \(1959\)](#) και τροποποιήθηκε από τους [Hanson & Olley \(1963\)](#) και αφορά στην απομόνωση του ολικού λίπους από τις μυϊκές ίνες χρησιμοποιώντας ως εκχυλιστικό μέσο μίγμα μεθανόλης-χλωροφορμίου-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 χοληστερόλης

Η μέθοδος [Kovacs et al. \(1979\)](#) είναι μια αποδοτική μέθοδος και έχει αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της χοληστερόλης και άλλων φυτικών στερολών. Ο προσδιορισμός περιλαμβάνει την σαπωνοποίηση των δειγμάτων και στη συνέχεια την απομόνωση της χοληστερόλης με εκχύλιση και τον απευθείας προσδιορισμό της με αέρια χρωματογραφία. Είναι γρήγορη μέθοδος και έχει εφαρμοσθεί σε μεγάλη ποικιλία τροφίμων.

### 3. Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η μελέτη:

- των ιδανικών συνθηκών (πίεση, συγκέντρωση άλμης, συγκέντρωση υγρού καπνού) καπνίσματος μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) με ατμό υγρού καπνού, μέσω οργανοληπτικού ελέγχου.
- των μεταβολών στη μέση σύσταση (λίπος, πρωτεΐνες, τέφρα και υγρασία) των μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) μετά την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας (κάπνισμα, τηγάνισμα, βράσιμο).
- της επίδρασης των διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας στην κατανομή των λιπαρών οξέων με GC.
- της επίδρασης των διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας στην συγκέντρωση χοληστερόλης με GC-MS.

### 4. Πειραματικά δεδομένα

#### 4.1 Υλικά, όργανα και επεξεργασίες

##### 4.1.1 Μύδια

Για την πραγματοποίηση της επεξεργασίας του καπνίσματος και το οργανοληπτικό έλεγχο χρησιμοποιήθηκαν 9kg ενώ για τις λοιπές επεξεργασίες (κάπνισμα, βράσιμο, τηγάνισμα) χρησιμοποιήθηκαν 3,1kg εκτρεφόμενα μύδια (*Mytilus galloprovincialis*) προερχόμενα από την περιοχή Χαλάστρα Θεσσαλονίκης (ζώνη Α', Ναζίκι, Μυδοτροφείο, N<sub>o</sub> 19).

Τα μύδια ήταν τοποθετημένα σε πλαστικές συσκευασίες του ½ kg και συντηρημένα σε πάγο 0-1°C. Για την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των 13 μεταχειρίσεων χρειάστηκαν 8h, όπου το πείραμα επαναλαμβανόταν για κάθε μεταχείριση ξεχωριστά.

## 4.2 Επεξεργασία καπνίσματος

Αρχικά τα δείγματα της κάθε μεταχείρισης τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί για 2 min και έπειτα ζυγίστηκαν. Στη συνέχεια εμβαπτίστηκαν σε άλμη 4°C συγκεκριμένης περιεκτικότητας σε NaCl (0%,10%,20% ανάλογα με την μεταχείριση) για 5min υπό συνεχή ανάδευση, επανατοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί για 2min και ακλούθησε ζύγιση. Ακολούθησε η επεξεργασία του καπνίσματος με υγρό καπνό (περιεκτικότητας 2%, 5%, 8% ανάλογα με την μεταχείριση) σε χύτρα η οποία τοποθετήθηκε σε ηλεκτρικό μάπι. Στο σημείο βρασμού του υγρού καπνού γινόταν η τοποθέτηση ανοξειδωτής διάτρητης σχάρας, 5cm υψηλότερα από την επιφάνεια του υγρού καπνού, πάνω στην οποία είχαν τοποθετηθεί τα δείγματα μυδιών. Η επεξεργασία του καπνίσματος που πραγματοποιήθηκε με τον ατμό που δημιουργήθηκε από τον βρασμό του υγρού καπνού διήρκησε 6min υπό πίεση 1 (ατμοσφαιρική πίεση) 1.5 και 2 bar (100°C, 111,4°C και 120.2°C αντίστοιχα) ανάλογα με τη μεταχείριση.

Στη συνέχεια η ανοξειδωτή διάτρητη σχάρα με τα μύδια απομακρύνθηκε από τη χύτρα και τα δείγματα παρέμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (18-22°C). Ακολούθησε ζύγιση, τοποθέτηση σε πλαστικές σακούλες και αποθήκευση στους 4±1°C για περίπου 24h μέχρι την εκτέλεση του οργανοληπτικού ελέγχου.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι μελετήθηκαν τρεις (3) παράγοντες (περιεκτικότητα άλμης, περιεκτικότητα υγρού καπνού και πίεση κατά την επεξεργασία) για να διαπιστωθεί η συμβολή τους στην ποιότητα των μυδιών. Ο κάθε παράγοντας εφαρμόστηκε σε τρία επίπεδα όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Έτσι προκύπτουν 27 συνδυασμένα επίπεδα.

**Πίνακας 1.** Διασταυρωτή παράθεση των τριών παραγόντων που περιελάμβαναν τρία επίπεδα

		Συγκέντρωση άλμης (%)								
		0			10			20		
Πίεση (bar)		1	1,5	2	1	1.5	2	1	1.5	2
Συγκέντρωση καπνού (%)	2%		*		*		*		*	
	5%	*		*		***		*		*
	8%		*		*		*		*	

Οι αστερίσκοι δηλώνουν την ιδιαίτερη επιλογή των συνδυασμένων επιπέδων για τη συμμετοχή στο Box-Behnken σχεδιασμό. Τρεις αστερίσκοι υποδηλώνουν τρεις επαναλήψεις των συνδυασμένων επιπέδων: συγκέντρωση άλμης 10%, πίεση 1,5 bar και συγκέντρωση καπνού 5%.

#### 4.2.1 Μέθοδοι ανάλυσης

Στα 27 συνδυασμένα επίπεδα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τον προσδιορισμό της υγρασίας, του χλωριούχου νατρίου (NaCl) καθώς και του χρώματος.

##### 4.2.1.1 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 προηγουμένα είχαν τοποθετηθεί και με ακρίβεια ζυγιστεί 10 g άμμου και ένα μικρό γυάλινο ραβδάκι. Ακολούθησε ανάμιξη του δείγματος με την άμμο και μεταφέρθηκε σε φούρνο στους  $100 \pm 2$  °C, μέχρι σταθερού βάρους για τουλάχιστον 24 ώρες. Στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρα ώστε να αποκτήσουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακολούθησε η ακριβής ζύγιση τους.

#### 4.2.1.2 Προσδιορισμός χλωριούχου νατρίου

Η μέθοδος Volhard χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του χλωριούχου νατρίου (AOAC, 1995).

Περίπου 1,5 g δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε κωνική φιάλη 100 mL. Το δείγμα θερμάνθηκε στους 80°C περίπου (για περίπου 5min) και προστέθηκαν 10mL πυκνού νιτρικού οξέος (στον απαγωγό), 25mL πρότυπου διαλύματος νιτρικού αργύρου 0,1 N και 10mL απεσταγμένο νερό.

Ακολούθησε ήπιος βρασμός του δείγματος για περίπου 20min. Αφού το δείγμα κρύωσε προστέθηκαν 25mL απεσταγμένο νερό, 1mL δείκτης στυπτηρίας σιδήρου και 1mL νιτροβενζόλιο. Το μίγμα (περίσσεια νιτρικού αργύρου) ογκομετρήθηκε με 0,1N θειοκυανιούχου καλίου μέχρι την απόκτηση μόνιμου πορτοκαλοκόκκινου χρώματος.

Ο λευκός προσδιορισμός έγινε ως εξής: 25mL 0,1N νιτρικού αργύρου, 25mL απεσταγμένο νερό, 10mL πυκνό νιτρικό οξύ, 1mL δείκτη στυπτηρίας σιδήρου και 1mL νιτροβενζολίου προστέθηκαν σε κωνική φιάλη. Το μίγμα ογκομετρήθηκε με θειοκυανιούχο κάλιο 0,1N μέχρι την απόκτηση μόνιμου πορτοκαλοκόκκινου χρώματος.

#### 4.2.1.3 Μέτρηση χρώματος

Η μέτρηση του χρώματος των μυδιών πραγματοποιήθηκε μέσω των παραμέτρων  $L^*$  (φωτεινότητα),  $a^*$  (ερυθρότητα) και  $b^*$  (ωχρότητα) με τη βοήθεια του χρωματόμετρου Dr Lange. Το χρωματόμετρο που χρησιμοποιήθηκε μετράει το χρώμα στη βάση του ορισμού ενός σημείου στον τρισδιάστατο χώρο. Διαθέτει λυχνία με αέριο ξένο (Xe) και το φως που εκπέμπει ανακλάται από το χρώμα του δείγματος. Με τον τρόπο αυτό μετρήθηκε το χρώμα και αναλύθηκε από μια σειρά φίλτρων (x, y, z) καθορισμένου χρώματος ταυτόχρονα με μια δέσμη αναφοράς. Τα αποτελέσματα μετά την επεξεργασία τους από το μικροεπεξεργαστή του οργάνου απεικονίστηκαν ηλεκτρονικά.

Η ρύθμιση του οργάνου έγινε με πλακίδια πρότυπου λευκού και μαύρου χρώματος. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε ένα μικρό μαύρο δοχείο (διαμέτρου 3cm και ύψους 3cm), στο οποίο τοποθετούνταν τα μύδια, προσαρμοζόταν ο μετρητής του οργάνου και γινόταν η απευθείας μέτρηση στην επιφάνεια του μυδιού. Πραγματοποιήθηκαν πέντε μετρήσεις για κάθε δείγμα. Το δοχείο ήταν καθαρό και στεγνό πριν από κάθε μέτρηση.

## 4.2.2 Οργανοληπτικός έλεγχος

### 4.2.2.1 Αντικειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος

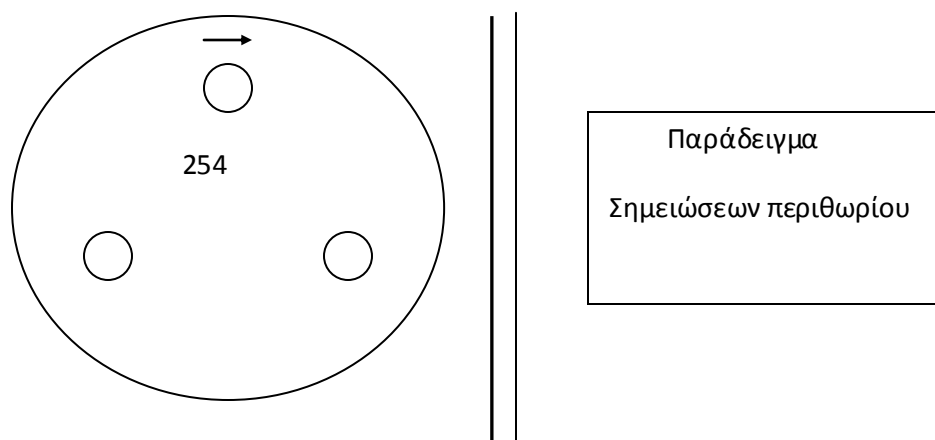
Στο αντικειμενικό οργανοληπτικό έλεγχο εξετάστηκαν τα χαρακτηριστικά άρωμα καπνιστού, αλατότητα, ευχυμότητα, και η ένταση του καφέ χρώματος. Το Box-Behnken πειραματικό σχέδιο με 15 δείγματα επιλέχθηκε (Kuehl, 2000), όπως αναδείχθηκε με τους αστερίσκους του πίνακα 1, προκειμένου να μειώσει τον αριθμό των 27 μεταχειρίσεων σε ένα οικονομικότερο και πιο προσιτό για οργανοληπτικό έλεγχο σχεδιασμό και επίσης προσαρμοσμένο στα πρότυπα του πειραματικού σχεδίου 11.24 των Cochran & Cox (1957). Το πειραματικό σχέδιο περιλαμβάνει  $t=15$  μεταχειρίσεις,  $k=3$  δείγματα για κάθε δοκιμαστή,  $b=35$  δοκιμαστές,  $r=7$  επαναλήψεις ανά μεταχείριση,  $\lambda=1$  (αριθμός συνεύρεσης των συνδυασμών των μεταχειρίσεων).

Ο αντικειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια 35 έμπειρων δοκιμαστών του ακαδημαϊκού προσωπικού και των φοιτητών που είχαν προηγούμενος εκπαιδευτεί σε δείγματα μυδιών. Οι δοκιμαστές εξοικειώθηκαν με τον ορισμό της κάθε μεταβλητής πριν από τις δοκιμές. Κατά την διάρκεια του οργανοληπτικού έλεγχου μετά από κάθε δοκιμή, οι δοκιμαστές χρησιμοποιούσαν νερό και ανάλατα κράκερ για να καθαρίζουν τον ουρανίσκο.

Για την βαθμολόγηση της έντασης κάθε οργανοληπτικού χαρακτηριστικού χρησιμοποιήθηκε αδιαβάθμητη κλίμακα, αυξανόμενης έντασης, μήκους 15cm. Η αριστερή άκρη (0cm) της κλίμακας αντιπροσώπευε τη μηδενική ένταση των εξεταζόμενων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών ενώ το τέλος της (15cm) την εντονότερη έντασή τους. Μαζί με το φύλλο αξιολόγησης δόθηκε και ένα φύλλο με τις οδηγίες για τη σωστή εκτέλεση του οργανοληπτικού ελέγχου.

### Οδηγίες για τον αντικειμενικό οργανοληπτικό έλεγχο

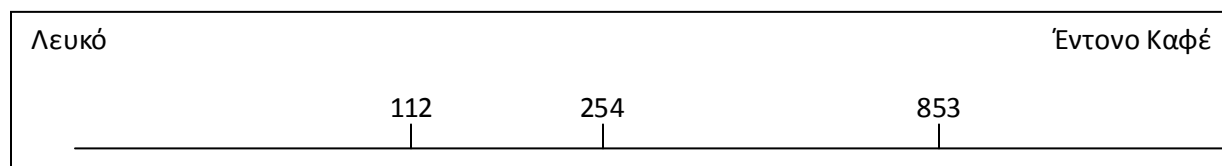
Το πιατάκι με τα δείγματα που θα σας δοθεί θα μοιάζει με το παρακάτω σχήμα.



Κάθε δείγμα φέρει έναν τυχαίο τριψήφιο αριθμό.

Σας ζητείται σε κάθε ερώτηση να αξιολογήσετε ένα καθορισμένο χαρακτηριστικό ως προς την ένταση.

1. Δοκιμάζετε τα δείγματα με την φορά που δείχνει το βέλος.
2. Πριν βάλετε την βαθμολογία σας στην κλίμακα δοκιμάστε όλα τα δείγματα πάντα διαδοχικά. Έτσι θα έχετε μια πρώτη σύγκριση.
3. Κάθε φορά που δοκιμάζετε ένα δείγμα ξεπλένετε το στόμα σας πριν δοκιμάσετε το επόμενο.
4. Σημειώστε στο περιθώριο, για να θυμάστε, τους κωδικούς βάζοντας τους σε αυξανόμενη σειρά ως προς την ένταση.
5. Τέλος, σημειώνετε πάνω στην κλίμακα βάζοντας μια κάθετη γραμμή και αναγράφοντας από πάνω της τον κωδικό του δείγματος (όπως απεικονίζεται παρακάτω).
6. Σε όποιο δείγμα χρειάζεται, δοκιμάστε ξανά πριν σημειώσετε στην κλίμακα.



- Μη διστάσετε να ρωτήσετε όποια απορία έχετε.
- Μη ξεχάσετε να γράψετε το ονοματεπώνυμο σας.

Ευχαριστούμε για το χρόνο σας !



**Όνοματεπώνυμο:**

**Όργανοληπτικός έλεγχος επεξεργασμένων μυδιών**

**Αντικειμενική αξιολόγηση**

**1. ΧΡΩΜΑ**

Εκτιμήστε το χρώμα στην επιφάνεια των μυδιών.

Λευκό

Έντονο καφέ

---

**2. ΑΡΩΜΑ (ΟΣΜΗ, ΓΕΥΣΗ) ΚΑΠΝΙΣΤΟΥ**

Εκτιμήστε την ένταση του αρώματος των επεξεργασμένων μυδιών.

Απουσία Αρώματός Καπνιστού

Έντονο Άρωμα Καπνιστού

---

**3. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ**

Εκτιμήστε την ένταση του άλατος των επεξεργασμένων μυδιών.

Καθόλου Αλμυρό

Έντονα Αλμυρό

---

**4. ΕΥΧΥΜΟΤΗΤΑ**

Εκτιμήστε την έκταση αποβολής νερού κατά την κατανάλωση των δειγμάτων.

Καθόλου Αποβολή Νερού

Έντονη Αποβολή Νερού

---

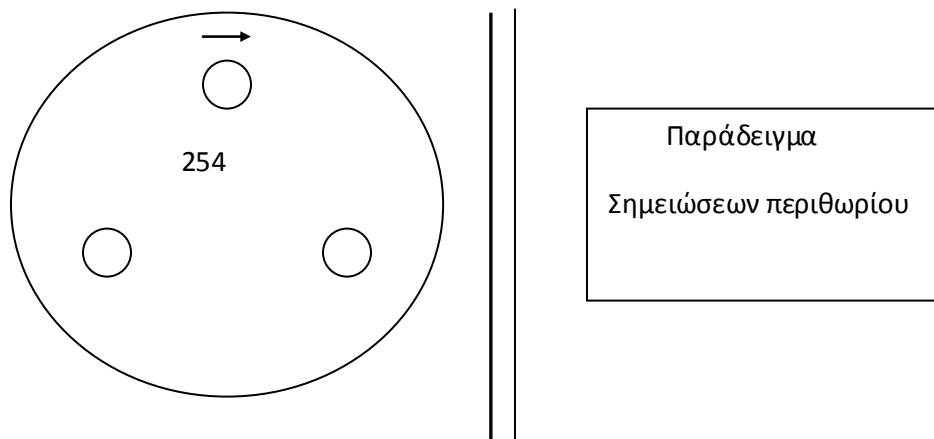
#### 4.2.2.2 Ηδονικός - υποκειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος

Στο ηδονικό - υποκειμενικό οργανοληπτικό έλεγχο εξετάστηκαν τα χαρακτηριστικά άρωμα καπνιστού, αλατότητα, ευχυμότητα, και η ένταση του καφέ χρώματος ως προς την αρεστότητα. Το Box-Behnken πειραματικό σχέδιο με 15 δείγματα επιλέχθηκε (Kuehl, 2000), όπως αναδείχθηκε με τους αστερίσκους του πίνακα 1, προκειμένου να μειώσει τον αριθμό των 27 μεταχειρίσεων σε ένα οικονομικότερο και πιο προσιτό για οργανοληπτικό έλεγχο σχεδιασμό και επίσης προσαρμοσμένο στα πρότυπα του πειραματικού σχεδίου 11.24 των Cochran & Cox (1957). Το πειραματικό σχέδιο περιλαμβάνει  $t=15$  μεταχειρίσεις,  $k=3$  δείγματα για κάθε δοκιμαστή,  $b=35$  δοκιμαστές,  $r=7$  επαναλήψεις ανά μεταχείριση,  $\lambda=1$  (αριθμός συνεύρεσης των συνδυασμών των μεταχειρίσεων).

Ο ηδονικός οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια 35 δοκιμαστών του ακαδημαϊκού προσωπικού και των φοιτητών χωρίς προηγούμενη εκπαίδευση σε δείγματα μυδιών. Οι δοκιμαστές κατά την διάρκεια του οργανοληπτικού ελέγχου μετά από κάθε δοκιμή χρησιμοποιούσαν νερό και ανάλατα κράκερ για να καθαρίζουν τον ουρανίσκο. Για την βαθμολόγηση της αρεστότητας κάθε οργανοληπτικού χαρακτηριστικού χρησιμοποιήθηκε αδιαβάθμητη κλίμακα, αυξανόμενης έντασης, μήκους 15cm. Η αριστερή άκρη (0cm) της κλίμακας αντιπροσώπευε τη μηδενική αποδεκτότητα των εξεταζόμενων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών ενώ το τέλος της (15cm) την εξαιρετική αποδεκτότητα. Μαζί με το φύλλο αξιολόγησης δόθηκε και ένα φύλλο με τις οδηγίες για τη σωστή εκτέλεση του οργανοληπτικού ελέγχου.

### Οδηγίες για τον ηδονικό - υποκειμενικό οργανοληπτικό έλεγχο

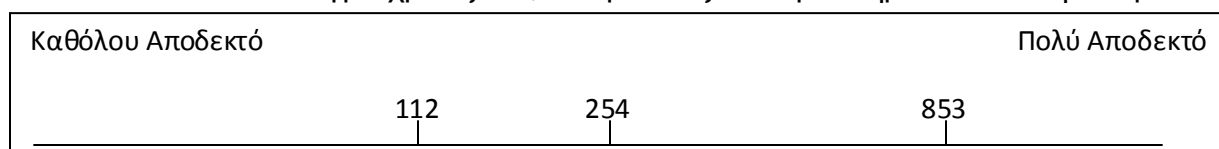
Το πιατάκι με τα δείγματα που θα σας δοθεί θα μοιάζει με το παρακάτω σχήμα.



Κάθε δείγμα φέρει έναν τυχαίο τριψήφιο αριθμό.

Σας ζητείται σε κάθε ερώτηση να αξιολογήσετε ένα καθορισμένο χαρακτηριστικό ως προς την αρεστότητα (π.χ. όταν σας ζητάμε την "αρεστότητα ως προς το άρωμα εννοούμε να το βαθμολογήσετε όχι το πόσο έντονο είναι αλλά το πόσο είναι αρεστό.)

1. Δοκιμάζετε τα δείγματα με την φορά που δείχνει το βέλος.
2. Πριν βάλετε την βαθμολογία σας στην κλίμακα δοκιμάστε όλα τα δείγματα διαδοχικά. Έτσι θα έχετε μια πρώτη σύγκριση.
3. Κάθε φορά που δοκιμάζετε ένα δείγμα ξεπλένετε το στόμα σας πριν δοκιμάσετε το επόμενο.
4. Σημειώστε στο περιθώριο, για να θυμάστε, τους κωδικούς βάζοντας τους σε αυξανόμενη σειρά ως προς την αρεστότητα.
5. Τέλος, σημειώνετε το πόσο σας άρεσε πάνω στην κλίμακα βάζοντας μια κάθετη γραμμή και αναγράφοντας από πάνω της τον κωδικό του δείγματος (όπως απεικονίζεται παρακάτω).
6. Σε όποιο δείγμα χρειάζεται, δοκιμάστε ξανά πριν σημειώσετε στην κλίμακα.



- Μη διστάσετε να ρωτήσετε όποια απορία έχετε.
- Μη ξεχάσετε να γράψετε το ονοματεπώνυμο σας.

Ευχαριστούμε για το χρόνο σας !

**Ονοματεπώνυμο:**  
**Οργανοληπτικός έλεγχος επεξεργασμένων μυδιών**

**Ηδονική – Υποκειμενική αξιολόγηση**

**1. ΧΡΩΜΑ**

Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με το χρώμα της επιφάνειας τους.

Καθόλου Αποδεκτό

Πολύ Αποδεκτό

---

**2. ΑΡΩΜΑ (ΟΣΜΗ, ΓΕΥΣΗ) ΚΑΠΝΙΣΤΟΥ**

Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με το άρωμα τους.

Καθόλου Αποδεκτό

Πολύ Αποδεκτό

---

**3. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ**

Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με την αλατότητα τους .

Καθόλου Αποδεκτό

Πολύ Αποδεκτό

---

**4. ΕΥΧΥΜΟΤΗΤΑ**

Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με την ευχυμότητα τους.

Καθόλου Αποδεκτό

Πολύ Αποδεκτό

---

### 4.2.3 Στατιστική ανάλυση καπνιστών μυδιών

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με τις ακόλουθες τεχνικές. Μια πλήρης ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων εφαρμόστηκε για τις φυσικοχημικές μεταβλητές και οι στατιστικά σημαντικές διαφορές εξετάστηκαν με τον έλεγχο σύγκρισης των μέσων όρων κατά ζεύγη του Tukey.

Το πειραματικό σχέδιο του Box-Behnken για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναλύεται με τη στατιστική μέθοδο της επιφάνειας απόκρισης η οποία βασίζεται στη δημιουργία μοντέλου παλινδρόμησης πρώτου ή και δευτέρου βαθμού σύμφωνα με την εξίσωση:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

όπου  $X_1$ = συγκέντρωση διαλύματος υγρού καπνού,  $X_2$ = συγκέντρωση διαλύματος άλμης και  $X_3$ = πίεση and  $Y$ = οργανοληπτικό χαρακτηριστικό

Αρχικά δοκιμάζεται το γραμμικό μοντέλο για την επιτυχία προσαρμογής του στα δεδομένα. Σε περίπτωση αποτυχίας αυτού προστίθεται στο γραμμικό μοντέλο είτε η επίδραση των τετραγώνων των όρων αυτού είτε η αλληλεπίδραση των όρων και εάν η προσαρμογή εξακολουθεί να είναι μη ικανοποιητική τότε εφαρμόζεται το πλήρες δευτεροβάθμιο μοντέλο το οποίο συνίσταται από όλα τα προηγούμενα. Το προσαρμοσμένο μοντέλο προσδιορίζει τη φύση της τάσης εάν πρόκειται για γραμμική ή καμπυλόγραμμη. Ο βαθμός επάρκειας του μοντέλου εξετάζεται από τον έλεγχο της έλλειψης προσαρμογής που θα πρέπει να είναι στατιστικά μη σημαντικός ( $p < 0.05$ ) και από τον συντελεστή προσαρμογής του μοντέλου  $R^2$  ο οποίος έχει τιμές από 0 έως 100%. Περιγραμματικά σχέδια των μεταβλητών απόκρισης χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση μέγιστης και ελάχιστης τιμής. Υπερθετικά περιγραμματικά σχέδια περισσοτέρων της μιας μεταβλητών απόκρισης χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό μιας περιοχής στο γράφημα η οποία αντιστοιχεί στα εύρη της άριστης επιλογής των μεταβλητών.

Τέλος η ανάλυση του πλεονασμού της διακύμανσης των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των αντικειμενικών οργανοληπτικών μεταβλητών και των φυσικοχημικών. Στη ανάλυση αυτή η ομάδα των οργανοληπτικών μεταβλητών παλινδρομείται ως εξαρτημένη με την ομάδα των ανεξάρτητων φυσικοχημικών μεταβλητών και ανευρίσκονται οι πλέον σημαντικές μεταβλητές.

### **4.3 Λοιπές επεξεργασίες.**

Πριν από κάθε επεξεργασία τα μύδια πλενόταν σε τρεχούμενο νερό βρύσης, τοποθετούνταν σε διηθητικό χαρτί για δύο (2) λεπτά και ακολουθούσε ζύγιση για την ακριβή μέτρηση του βάρους των προς επεξεργασία μυδιών.

#### **4.3.1 Κάπνισμα**

Τα δείγματα εμβάπτιστηκαν σε άλμη 13% για 5min υπό συνεχή ανάδευση. Ακολούθησε μερική στράγγιση τους σε διηθητικό χαρτί για 2 λεπτά και ζύγισή τους. Στη συνέχεια τα μύδια τοποθετήθηκαν σε ανοξειδωτή διάτρητη σχάρα μέσα στη χύτρα στην οποία προηγουμένως προστέθηκε διάλυμα καπνού 1L συγκέντρωσης 5% και θερμάνθηκε μέχρι το σημείο βρασμού. Ακολούθησε η επεξεργασία του καπνίσματος η οποία πραγματοποιήθηκε μέσω του ατμού που δημιουργήθηκε σε πίεση 1.5 bar (θερμοκρασία 111,4°C) και διήρκησε 6min. Στη συνέχεια τα μύδια απομακρύνθηκαν από τη χύτρα και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (18-22°C). Ακολουθούσε ζύγιση, τοποθέτηση σε πλαστικές σακούλες και αποθήκευση στους 4±1°C.

#### **4.3.2 Τηγάνισμα**

Οι επεξεργασίες του τηγανίσματος πραγματοποιήθηκαν σε ελαιόλαδο και διεξήχθησαν με τη χρήση οικιακής κατσαρόλας όπου προστέθηκαν 2200 mL λαδιού. Η προσθήκη των δειγμάτων για τηγάνισμα γινόταν με ανοξειδωτο καλάθι και εμβάπτιση στη μάζα του λαδιού θερμοκρασίας 122°C για 6min. Τηγάνισμα πραγματοποιήθηκε αφενός με επάλειψη με αλεύρι και αφετέρου χωρίς. Για την κάθε επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε νέο λάδι. Μετά την ολοκλήρωση της κάθε επεξεργασίας τηγανίσματος, αποθηκεύονταν ποσότητα δείγματος λαδιού μέσα σε σκουρόχρωμα φιαλίδια για μελέτη της κατανομής λιπαρών οξέων και περιεκτικότητας σε χοληστερόλη.

#### **4.3.2.1 Τηγάνισμα μυδιών με αλεύρι**

Τα μύδια αφού καλύφθηκαν επιφανειακά με αλεύρι ζυγίστηκαν. Ακολούθησε η επεξεργασία του τηγανίσματος για 6 min. Στη συνέχεια τα μύδια τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί για 2 min και ζυγίστηκαν για να διαπιστωθεί η απώλεια βάρους κατά την επεξεργασία τους. Ζυγίστηκε επίσης το διηθητικό χαρτί για να διαπιστωθούν πιθανές απώλειες αμέσως μετά το τηγάνισμα. Τα τηγανισμένα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και αποθηκεύτηκαν στους  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.3.2.2 Τηγάνισμα μυδιών χωρίς αλεύρι**

Μετά την ολοκλήρωση του τηγανίσματος (6 min), τα μύδια τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί για 2 min και ζυγίστηκαν για να διαπιστωθεί η απώλεια βάρους κατά την επεξεργασία τους. Ζυγίστηκε επίσης το διηθητικό χαρτί για να διαπιστωθούν πιθανές απώλειες αμέσως μετά το τηγάνισμα. Τα τηγανισμένα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και αποθηκεύτηκαν στους  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.3.3 Βράσιμο μυδιών**

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό το οποίο βράζει ( $100^{\circ}\text{C}$ ) για 6min. Ακολούθησε απομάκρυνσή τους, τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί για 2 min και έπειτα ζυγίστηκαν. Τέλος, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και αποθηκεύτηκαν στους  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.3.4 Στατιστική ανάλυση επεξεργασμένων μυδιών**

Εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα (one way ANOVA) στις μεταβλητές για να διαπιστωθούν ενδεχόμενες στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα επίπεδα (διαφορετικοί τρόποι επεξεργασίας). Η διαπίστωση σημαντικών μεταβολών ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα οδήγησε στην εφαρμογή του ελέγχου πολλαπλών συγκρίσεων των μέσων όρων, μέσω του ελέγχου Tukey.

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Minitab 16.

### 4.3.5 Μέθοδοι ανάλυσης

#### 4.3.5.1 Αντιδραστήρια

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

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

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

#### 4.3.5.2 Όργανα

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



#### 4.3.5.3 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).

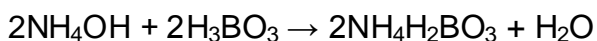
Περίπου 5 g δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε petri, στο οποίο προηγούμενα είχαν τοποθετηθεί και με ακρίβεια ζυγιστεί 10 g άμμου και ένα μικρό γυάλινο ραβδάκι. Ακολούθησε ανάμιξη του δείγματος με την άμμο και μεταφέρθηκε σε φούρνο στους  $100 \pm 2$  °C, μέχρι σταθερού βάρους για τουλάχιστον 24 ώρες. Στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρα ώστε να αποκτήσουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακολούθησε η ακριβής ζύγιση τους.

#### 4.3.5.4 Προσδιορισμός πρωτεϊνών

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

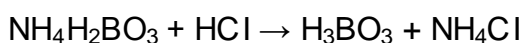
Περίπου 1 g σάρκας δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε αναλυτικό ζυγό μέσα σε άτεφρο ηθμό. Το δείγμα τυλίχτηκε προσεκτικά με τον ηθμό και εισήλθε σε φιάλη Kjeldahl. Στη φιάλη προστέθηκαν δύο ταμπλέτες (Kjeldahl) (3,5 g  $K_2SO_4$  και 0,4 g  $CuSO_4 \times 5H_2O$ ) και 20 mL 98% πυκνό θειικό οξύ. Η φιάλη 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 ( $NH_4HSO_4$ ), ακολούθησε απόσταξη κατά την οποία, κάτω από έντονα αλκαλικό περιβάλλον (προσθήκη NaOH 40%) και με σημαντική συμμετοχή της θέρμανσης απελευθερώθηκε αμμωνία (σε αέρια μορφή) η οποία διέφυγε από την άκρη της αποστακτικής συσκευής και δεσμεύτηκε από βορικό οξύ 70 mL 2 – 4%. Το βορικό οξύ που βρισκόταν σε κωνική φιάλη τοποθετήθηκε στο τελευταίο άκρο της συσκευής απόσταξης, το οποίο ήταν εμβαπτισμένο μέσα στο οξύ έτσι ώστε να μην επιτρέπεται στην αμμωνία να διαφεύγει στο περιβάλλον, αλλά να δεσμεύεται αμέσως από το βορικό οξύ.



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

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



#### 4.3.5.5 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 200 mL. Προστέθηκε στη συνέχεια συγκεκριμένη ποσότητα νερού, ανάλογα με την υγρασία του 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 πλήρωσεως 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.

#### 4.3.5.6 Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων

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

Έγινε πρώτα η εκχύλιση του λίπους όπως περιγράφηκε (παρ. 4.2.3.3), 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 30 s. Ακολούθησε η προσθήκη 5 mL κορεσμένου διαλύματος χλωριούχου νατρίου και το μίγμα αναδεύτηκε, με την βοήθεια της παραπάνω συσκευής για άλλα 30 s.

Τα φιαλίδια αφέθηκαν σε ηρεμία ώστε να επιτραπεί ο διαχωρισμός του εξανίου, το οποίο στη συνέχεια σιφωνίστηκε με πιπέτα Pasteur και μεταφέρθηκε σε ένα μικρό σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο ειδικό για συντήρηση δειγμάτων. Ακολούθησε και δεύτερη εκχύλιση με προσθήκη 1 mL εξανίου. Το τελικό εκχύλισμα του εξανίου τοποθετήθηκε σε

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

Για την ποιοτική ανάλυση των λιπαρών οξέων προηγήθηκε η ανάλυση των προτύπων διαλυμάτων λιπαρών οξέων. Τα πρότυπα λιπαρά οξέα ήταν μίγμα της εταιρείας Supelco 100 mg, το οποίο περιείχε τα λιπαρά οξέα: C14:0, C16:0, C18:0, C18:1 $\omega$ -7, C18:1 $\omega$ -9, C18:3 $\omega$ -3, C20:1 $\omega$ -9, C20:4 $\omega$ -6, C20:5 $\omega$ -3, και C22:6 $\omega$ -3.

#### 4.3.5.7 Προσδιορισμός χοληστερόλης

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

Πρώτα εκχυλίστηκε το λίπος των δειγμάτων όπως περιγράφηκε (παρ. 4.2.3.3) χωρίς το στάδιο της ξήρανσης στο φούρνο. Η παρακάτω διαδικασία ανάλυσης της χοληστερόλης εφαρμόστηκε τόσο στο λίπος των δειγμάτων όσο και στο λάδι τηγανίσματος (ελαιόλαδο).

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  $100^{\circ}\text{C}$  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 9 mL εξανίου που εκχυλίστηκαν από αυτή την διαδικασία τοποθετήθηκαν σε φιάλη συμπύκνωσης και ακολούθησε συμπύκνωση μέχρι ξηρού σε περιστροφικό συμπυκνωτή.

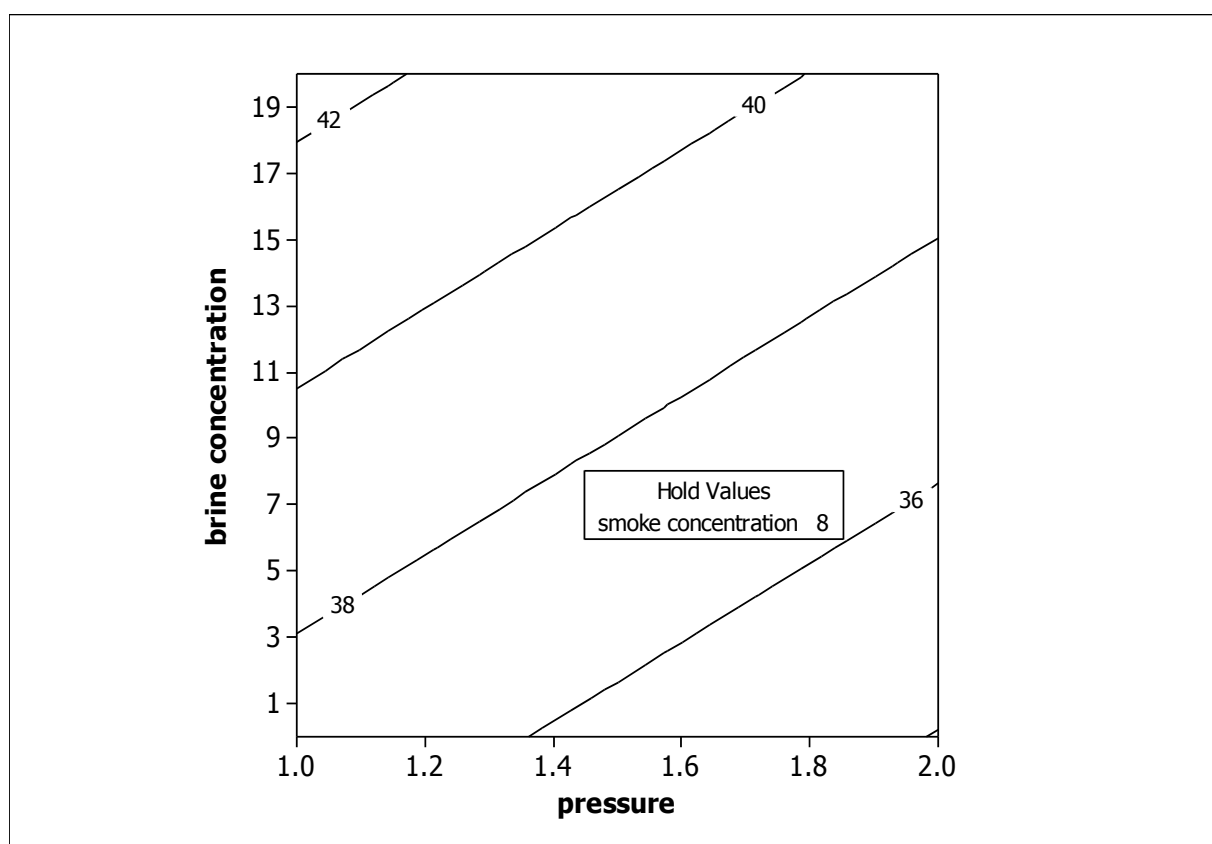
Μετά το πέρας της συμπύκνωσης το περιεχόμενο διαλύθηκε σε 3 mL χλωροφορμίου, το οποίο παρατηρήθηκε ότι είναι ο καλύτερος διαλύτης της χοληστερόλης, και μεταφέρθηκε σε σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο ειδικό για συντήρηση δειγμάτων μαζί με προσθήκη 5α-χοληστενίου (5α-Cholestane) ως εσωτερικό πρότυπο. Ο ποσοτικός προσδιορισμός της χοληστερόλης έγινε με την βοήθεια προτύπων διαλυμάτων σε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

Τα σκοτεινόχρωμα φιαλίδια καταψύχθηκαν στους  $-22^{\circ}\text{C}$  μέχρι την ανάλυση τους στο φασματογράφο μάζας. Η λειτουργία του αέριου χρωματογράφου έγινε στις παρακάτω συνθήκες: στήλη AT<sup>TM</sup> – 5MS 30 m x 0,25 mm ID, thickness 0,25 μm (Alltech, USA), έγχυση 1 μL δείγματος, σε θερμοκρασία  $230^{\circ}\text{C}$  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 transfer line  $285^{\circ}\text{C}$ , θερμοκρασία πηγής ιόντων  $220^{\circ}\text{C}$ , 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  $200^{\circ}\text{C}$  για 1 min, ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  από 200 μέχρι  $280^{\circ}\text{C}$ , τελική θερμοκρασία φούρνου  $280^{\circ}\text{C}$ , παραμονή στους  $280^{\circ}\text{C}$  για 15 min, και συνολικός χρόνος ανάλυσης δείγματος 23 min.

## 5. Αποτελέσματα – συζήτηση

### 5.1 Απόδοση επεξεργασίας

Η συγκέντρωση καπνού δεν έδειξε καμία επίδραση στην απόδοση λόγω της επεξεργασίας των δειγμάτων μυδιού. Επομένως, κρατώντας τη συγκέντρωση καπνού στο 8% παρατηρήθηκε ότι αφενός η πίεση και αφετέρου η συγκέντρωση άλμης επηρέασαν την απόδοση των τελικών προϊόντων (Σχήμα 2). Όπως φαίνεται, η βέλτιστη συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου στην άλμη είναι 13,5% και πίεση 1,55 bar.



**Σχήμα 2.** Απόδοση επεξεργασίας σε διάφορα επίπεδα πίεσης και συγκέντρωσης άλμης κρατώντας την συγκέντρωση καπνού σταθερή (8%).

## 5.2 Αντικειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος και φυσικοχημικές μεταβολές.

Η περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο όπως αναμενόταν επηρεάστηκε από τη συγκέντρωση άλμης ( $p < 0,001$ ) με αύξουσα σειρά 0% <10% <20% (Πίνακας 4α). Η φωτεινότητα βρέθηκε επίσης ότι επηρεάστηκε από τις συγκεντρώσεις καπνού ( $p = 0,041$ ) και άλμης ( $p = 0,013$ ) με τον εξής τρόπο, 8% > 5% και 0% > 20% αντίστοιχα (δεν επικαλύπτονται τα επίπεδα) (Πίνακας 4β, 4γ). Αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι όσο αυξάνει η συγκέντρωση καπνού τόσο αυξάνει και η φωτεινότητα των καπνιστών μυδιών, ενώ η συγκέντρωση άλμης έδειξε μια αντίστροφη επίδραση, όσο αυξάνει η συγκέντρωση άλμης τόσο μειώνεται η φωτεινότητα. Έχει αναφερθεί ότι οι τιμές L επηρεάζονται από την ένταση της θερμικής επεξεργασίας (Morales & van Boekel, 1998) καθώς και οι τιμές b διαπιστώθηκε ότι επηρεάζονται από την πίεση του ατμού (Siskos *et al.*, 2005). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της έντασης της θερμικής επεξεργασίας στις τιμές L και b σε αυτή την εργασία. Αυτό θα πρέπει κατά πάσα πιθανότητα να οφείλεται στο διαφορετικό χρώμα των μυδιών με συνέπεια να καθιστά τις μετρήσεις του χρώματος μη αξιόπιστες.

Η ένταση του αρώματος καπνιστού των μυδιών επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά και γραμμικά ( $p = 0,018$ ), από τις συγκεντρώσεις του υγρού καπνού ( $p = 0,021$ ) και της άλμης ( $p = 0,015$ ). Αυτή η επίδραση παρουσιάζεται στο Σχήμα 3 όπου οι παράλληλες γραμμές προσεγγίζουν τις μέγιστες τιμές τους (άρωμα καπνιστού 10-12) πάνω από ποσοστό καπνού 5% και άλμης 10%. Η πίεση δεν βρέθηκε να δίνει προϊόντα με στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p = 0,792$ ), έτσι το μεσαίο επίπεδο (1.5 bar) επιλέχθηκε ως το ιδανικότερο για το γράφημα.

Μια γραμμική επίδραση ( $p < 0.001$ ), της συγκέντρωσης άλμης ( $p < 0.001$ ) ως προς την αίσθηση της αλατότητας ήταν αναμενόμενη, ενώ οι άλλοι παράγοντες βρέθηκαν στατιστικώς μη σημαντικοί. Έτσι μια απλή γραμμική εξίσωση παλινδρόμησης έδωσε την καλύτερη εφαρμογή:

Αλατότητα =  $3,03 + 0,49$  συγκέντρωση άλμης ( $R^2 = 76,7\%$ ) (i)

Μια άλλη γραμμική επίδραση ( $p = 0,031$ ) αυτή της συγκέντρωσης άλμης για την ευχυμότητα ( $p = 0,011$ , άλλοι παράγοντες είναι μη σημαντικοί) εξηγείται καλύτερα από τη γραμμική εξίσωση, αν και δεν είναι πολύ ισχυρή:

Ευχυμότητα =  $5,38 + 0,29$  συγκέντρωση άλμης ( $R^2 = 38,8\%$ ) (ii)

**Πίνακας 4.** Έλεγχος σύγκρισης των μέσων όρων κατά ζεύγη του Tukey μεταξύ των επιπέδων άλμης και συγκέντρωσης του υγρού καπνού για τους παράγοντες του NaCl και της φωτεινότητας. Τα 95% όρια εμπιστοσύνης των μέσων όρων βασίστηκαν στο σφάλμα των τετραγώνων της ανάλυσης διακύμανσης.

α)

	<b>NaCl</b>			
<b>Brine Concentration</b>	Mean	- 95%	+ 95%	N
0	1.52	1.27	1.78	9
10	3.39	3.13	3.64	9
20	5.38	5.12	5.63	9
<b>Conclusion</b>	20 > 10 > 0			

β)

	<b>Brightness (L)</b>			
<b>Smoke Concentration</b>	Mean	- 95%	+ 95%	N
2	55.83	52.99	58.67	9
5	54.06	51.22	56.89	9
8	59.39	56.55	62.23	9
<b>Conclusion</b>	<u>8</u> 2 5 ——			

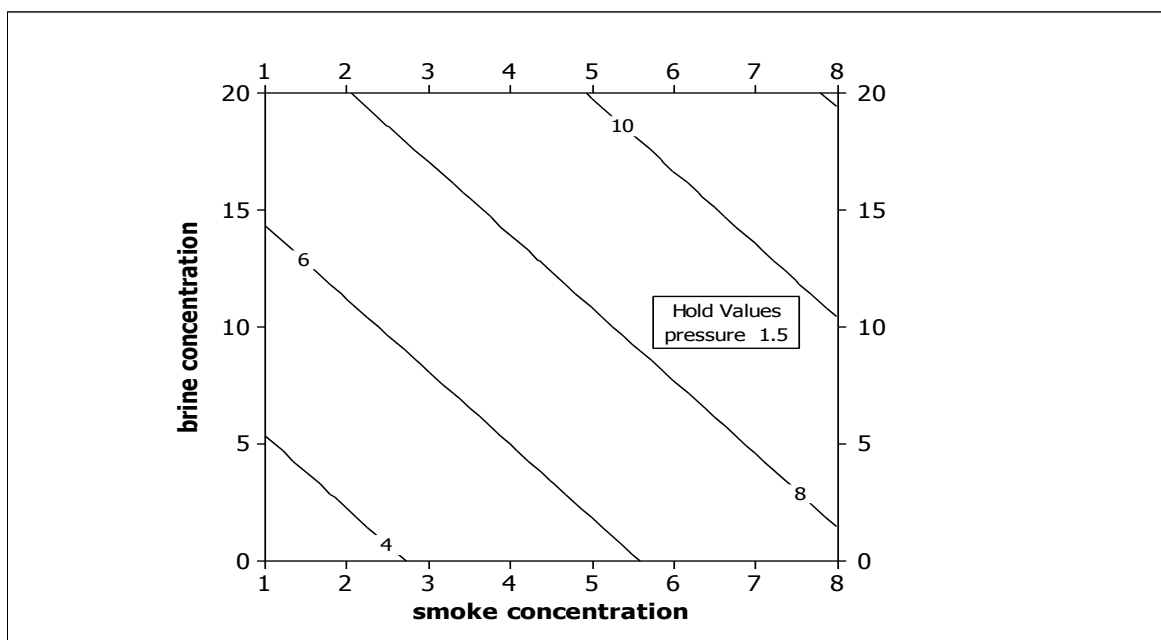
γ)

	<b>Brightness (L)</b>			
<b>Brine Concentration</b>	Mean	- 95%	+ 95%	N
0	59.66	56.82	62.49	9
10	56.80	53.96	59.64	9
20	52.82	49.98	55.66	9
<b>Conclusion</b>	<u>0</u> 10 20 ——			

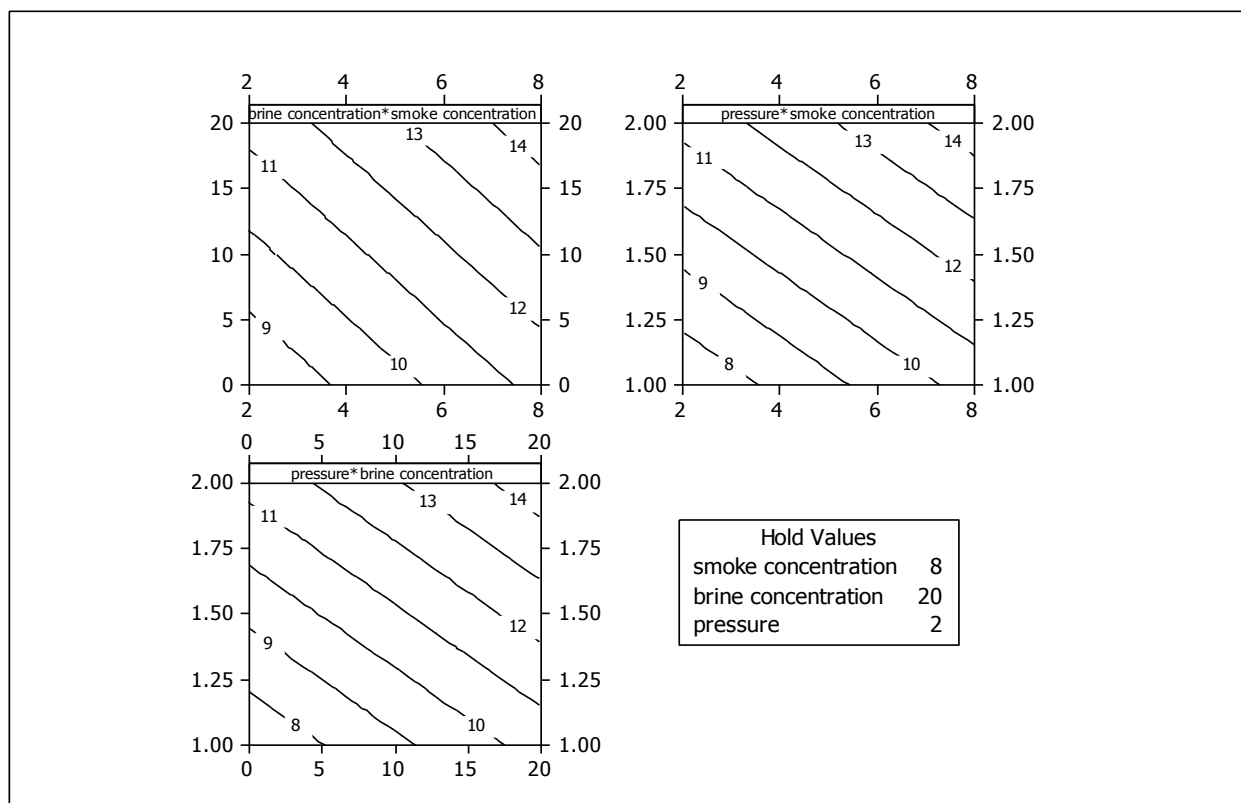


Έτσι, η ένταση της ευχυμότητας επηρεάστηκε από την συγκέντρωση της άλμης στα καπνιστά μύδια, υποδεικνύοντας ότι τα υψηλότερα ποσοστά ιοντικής ισχύος εμφανίζονται στα δείγματα μυδιών με περιεκτικότητα σε αλάτι περίπου 5%. Ωστόσο, κρίνοντας από τις τιμές των δύο συντελεστών παλινδρόμησης φαίνεται, όπως αναμενόταν, ότι η συγκέντρωση άλμης είναι πιο ευαίσθητη στην αντίληψη των δοκιμαστών ως προς την ένταση της αλατότητας, παρά ως προς την ευχυμότητα.

Όλοι οι παράγοντες της μελέτης, η συγκέντρωση καπνού και άλμης καθώς και η πίεση ( $p = 0.041$ ,  $0.040$  και  $0.012$ , αντίστοιχα) παρήγαγαν μια στατιστικώς σημαντική γραμμική επίδραση ( $p = 0,008$ ), στην ένταση του καφέ χρώματος. Η επίδραση αυτή μεγιστοποιείται στα υψηλά επίπεδα των μεταβλητών της επεξεργασίας φθάνοντας τις τιμές των 14 εκατοστών (πολύ καφετί, συγκέντρωση καπνού 7%, συγκέντρωση άλμης 16% και πίεση 1,85 bar), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.



**Σχήμα 3.** επίδραση στο άρωμα καπνιστού από την συγκέντρωση άλμης και καπνού κρατώντας την πίεση σταθερή (1.5bar).



**Σχήμα 4.** Επίδραση της έντασης του καφέ χρώματος από το συνδιασμό δύο εκ των τριων παραγόντων (συγκέντρωση άλμης, καπνού και πίεση) κρατώντας πάντα τον τρίτο παράγοντα σταθερό στο πιο υψηλό επίπεδο.

### 5.3 Υποκειμενικός οργανοληπτικός έλεγχος

Με την πραγματοποίηση του υποκειμενικού οργανοληπτικού ελέγχου που έγινε στα καπνιστά μύδια καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα:

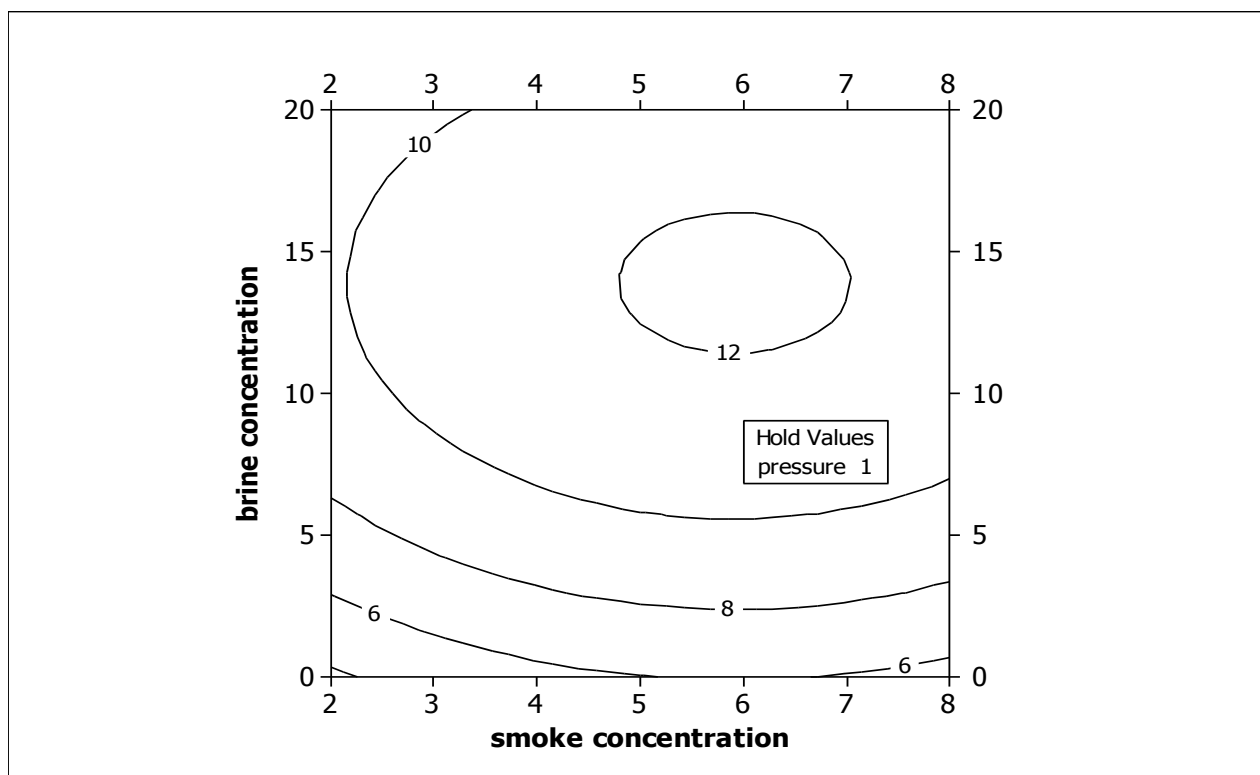
Η αρεστότητα έναντι του αρώματος καπνιστού, της αλατότητας και της ευχυμότητας επηρεάζεται από την συγκέντρωση της άλμης με γραμμικό τετραγωνικό τρόπο, σύμφωνα με τις παρακάτω δευτεροβάθμιες εξισώσεις:

$$\text{Αρεστότητα στο άρωμα καπνιστού} = 0,649 + 0,870 \cdot \text{άλμη} - 0,032 \cdot (\text{άλμη})^2$$

$$\text{Αρεστότητα στη αλατότητα} = -1,736 + 1,352 \cdot \text{άλμη} - 0,079 \cdot (\text{άλμη})^2$$

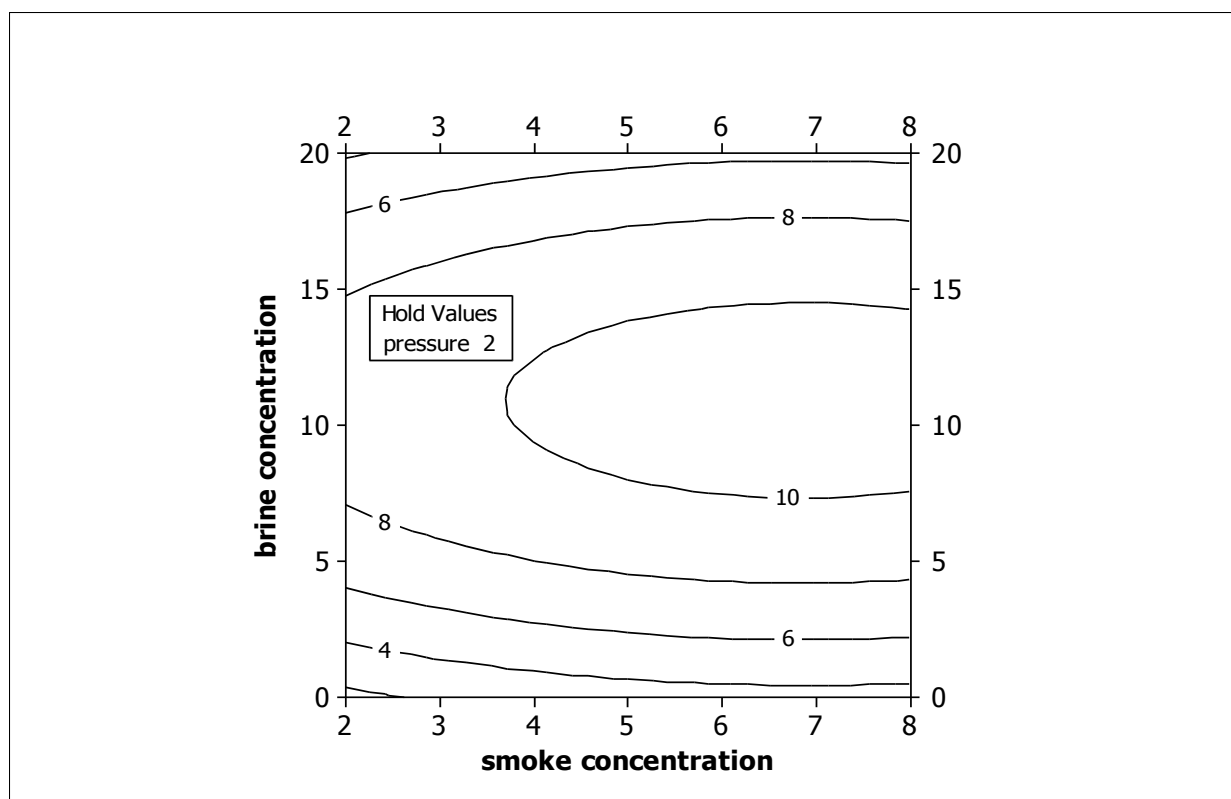
$$\text{Αρεστότητα στη ευχυμότητα} = 6,467 + 1,178 \cdot \text{άλμη} - 0,044 \cdot (\text{άλμη})^2$$

Η επίδραση της συγκέντρωσης του καπνού στο άρωμα καπνιστού (ως προς την αρεστότητα) δεν ήταν σημαντική ( $p = 0,198$ ), διότι είναι καλυμμένη από την ισχυρή επίδραση της συγκέντρωσης άλμης που οφείλεται στη μεγάλη έκταση των επιπέδων που χρησιμοποιούνται (0, 10 και 20%). Η μέγιστες τιμές αρεστότητας (12cm) επιτεύχθηκαν σε διάλυμα καπνού συγκέντρωσης 5-7% και συγκέντρωση άλμης 11-16%, διατηρώντας την πίεση στο 1 bar (Σχήμα 5).



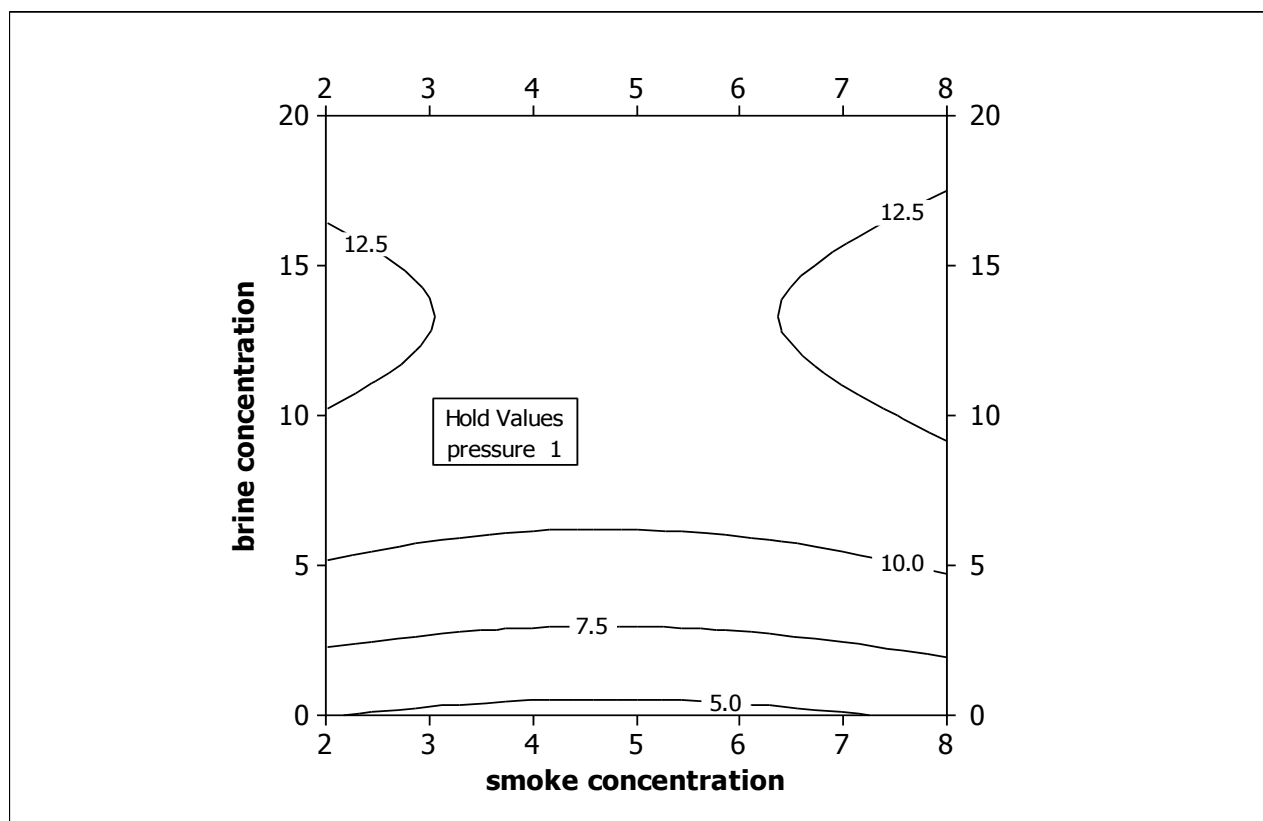
**Σχήμα 5.** Επίδραση των συγκεντρώσεων άλμης και καπνού κρατώντας την πίεση σταθερή στην αρεστότητα του αρώματος καπνιστού.

Η μέγιστη τιμή αρεστότητας ως προς την αλατότητα (10cm) επιτεύχθηκε με συγκέντρωση άλμης 7,5 -14%, συγκέντρωση καπνού 3,8 – 8% και πίεση 2 bar (Σχήμα 6). Η πίεση δεν παρουσιάζει κάποια στατιστική σημαντικότητα σε συνδυασμό με οποιαδήποτε συγκέντρωση άλμης.



**Σχήμα 6.** Επίδραση των συγκεντρώσεων άλμης και καπνού κρατώντας την πίεση σταθερή στην αρεστότητα ως προς την αλατότητα.

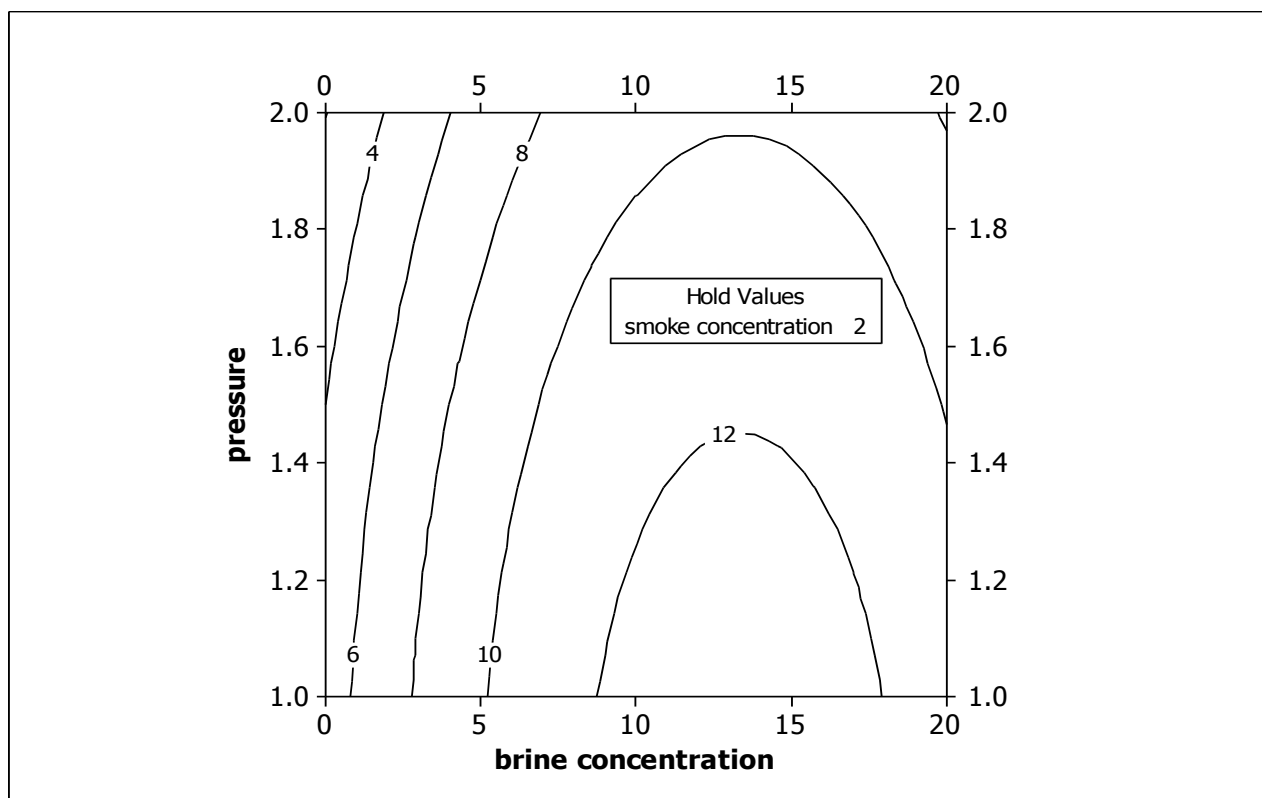
Η αρεστότητα ως προς τη ευχυμότητα παρουσιάζει δύο περιοχές μέγιστων τιμών (12,5cm) όταν η πίεση είναι ρυθμισμένη στο 1bar (Σχήμα 7). Η μία περιοχή είναι σε συγκεντρώσεις καπνού από 2-3% ενώ η άλλη περιοχή από 6,5-8% και η συγκέντρωση άλμης κυμαίνεται μεταξύ 9% και 17%.



**Σχήμα 7.** Επίδραση των συγκεντρώσεων άλμης και καπνού κρατώντας την πίεση σταθερή στην αρεστότητα ως προς την ευχυμότητα.

Αντικατάσταση της συγκέντρωσης καπνού με τη πίεση, επιτεύχθηκαν μέγιστες τιμές για την αρεστότητα της ευχυμότητας σε πίεση 1 έως 1,45 bar και συγκέντρωση άλμης από 8,5 έως 17,5%, ενώ το διάλυμα καπνού είχε συγκέντρωση 2% (Σχήμα 8).

Η αρεστότητα ως προς το καφέ χρώμα δεν βρέθηκε στατιστικώς σημαντική και επομένως παραλείπεται από περαιτέρω έρευνα.



**Σχήμα 8.** Επίδραση της πίεσης και της συγκέντρωσης άλμης κρατώντας την συγκέντρωση καπνού σταθερή στην αρεστότητα ως προς την ευχυμότητα.

Στα Σχήματα 9 και 10 κρατώντας την πίεση σταθερή σε 1 και 1,5 bar αντίστοιχα παρατηρούνται με χρωματιστές γραμμές οι περιοχές στις οποίες παρουσιάζουν μέγιστο όλες οι υποκειμενικές μεταβλητές. Με λευκό χρώμα είναι η περιοχή που μπορούμε να επιτύχουμε συνδυαστικά τις υψηλότερες τιμές αρεστότητας για όλες τις υποκειμενικές μεταβλητές. Βάση των περιοχών αυτών οι βέλτιστες συνθήκες για την υποκειμενική αξιολόγηση των καπνιστών μυδιών επιτεύχθηκαν σε συγκεντρώσεις καπνού 3,8 - 8%,

συγκέντρωση άλμης από 8,5% έως 13,5% σε ατμοσφαιρικές συνθήκες πίεσης ενώ σε πίεση 1,5 bar η συγκέντρωση της άλμης κυμαίνεται από 11,5% σε 16,5%. Η αλατότητα φθάνει στο μέγιστο (11 cm) με συγκέντρωση άλμης 11.5%, συγκέντρωση καπνού 5,5% έως 8% και σε πίεση 1,5bar (Σχήμα 10). Η ευχυμότητα φθάνει στο μέγιστό (13cm) με συγκέντρωση άλμης μεταξύ 10,5% και 13% και συγκέντρωση καπνού κοντά στο 8%.

Η αδιαβάθμητη κλίμακα των 0-15cm χωρίζεται σε πέντε ίσα μέρη που για το κάθε ένα από αυτά υπάρχει ένα χαρακτηρισμός βαθμολόγησης, όπως εξηγείτε παρακάτω:

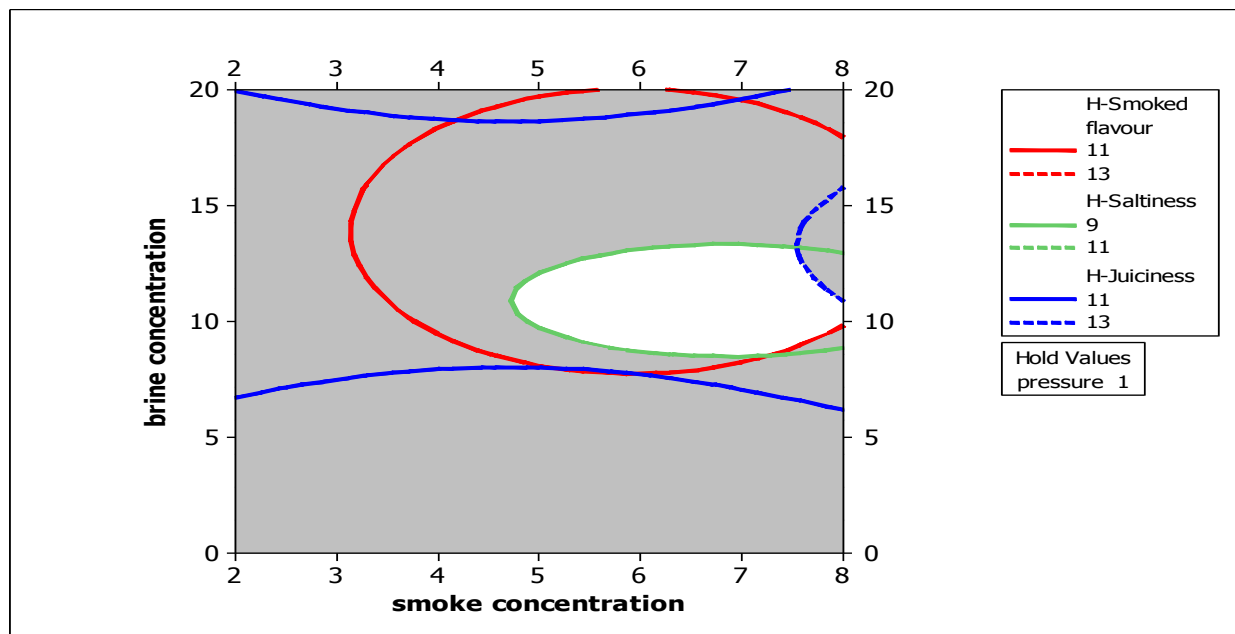
0-3: εξαιρετικά χαμηλή 3-6: χαμηλή 6-9: μέτρια 9-12: επαρκής 12-15: πολύ

Παίρνοντας υπόψη το προφίλ ενός προϊόντος με τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά που είχαμε θέσει ως στόχο καθώς και τα αποτελέσματα της ηδονικής αξιολόγησης για ένα αρεστό προϊόν καταλήγουμε στις εξής διαπιστώσεις:

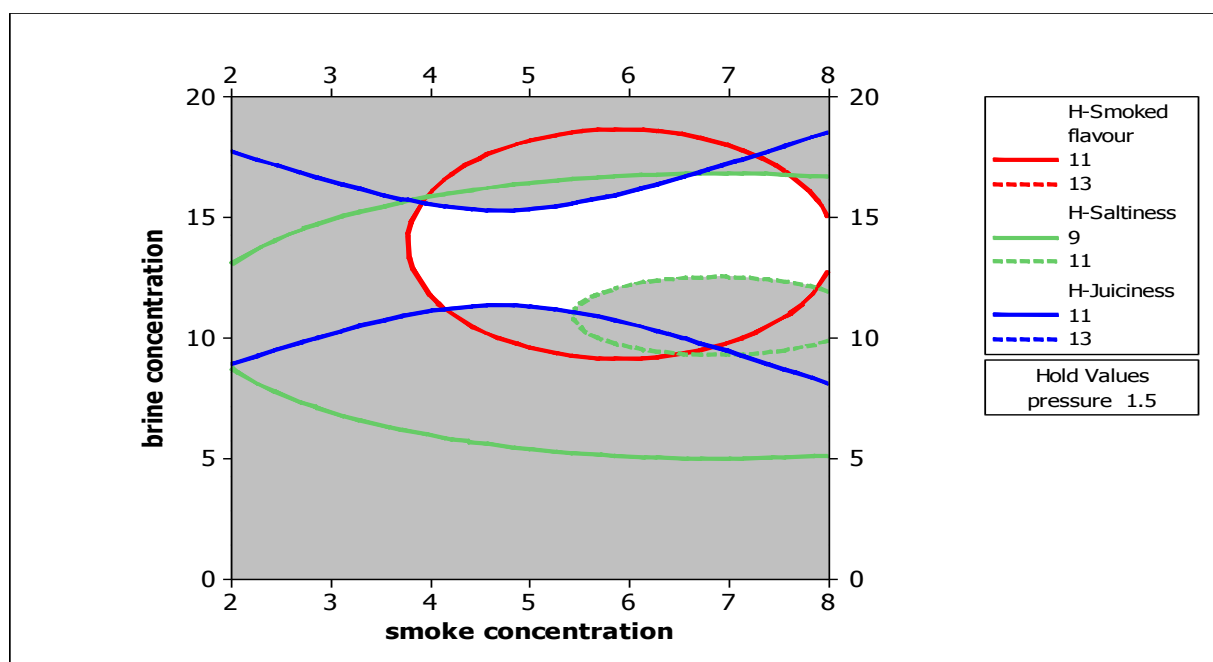
Εξετάζοντας τις περιοχές συγκεντρώσεων των μεταβλητών, συγκέντρωση καπνού και άλμης στο Σχήμα 3, φαίνεται ότι το άρωμα καπνιστού (στον αντικειμενικό έλεγχο) φθάνει μια μέγιστη περιοχή μεταξύ 10-12cm (μέτρια έως επαρκής) όπου η συγκέντρωση καπνού ορίζεται > 5%, η συγκέντρωση της άλμης > 10% και η πίεση 1,5 bar.

Εισάγοντας τις άριστες αναλογίες συγκέντρωσης άλμης (8.5–13.5% σε πίεση 1bar και 11.5–16.5% σε πίεση 1.5 bar) που ανιχνεύθηκαν για την ηδονική αλατότητα από την εξίσωση (i) διαπιστώνεται ότι η άριστη αλατότητα του αντικειμενικού ελέγχου κυμαίνεται μεταξύ 7.2–9.6cm και 8.7–11.1cm οι οποίες δείχνουν μέτρια και ικανοποιητικά αλατισμένο προϊόν.

Εισάγοντας εκ νέου τις ανωτέρω αναλογίες της άλμης στην εξίσωση (ii), διαπιστώνεται ότι η ευχυμότητα του αντικειμενικού ελέγχου έχει στενή διακύμανση 8–9.3cm και 8.7–10.2cm που δείχνει κυρίως μέτρια και μερικές φορές ικανοποιητική ευχυμότητα του προϊόντος.



**Σχήμα 9.** Υπερθετικά περιγραμματικά σχέδια των υποκειμενικών μεταβλητών (άρωμα καπνιστού, αλατότητας και ευχυμότητας) σε μεταβαλλόμενες συγκεντρώσεις άλμης και καπνού διατηρώντας την πίεση σταθερή (1bar).



**Σχήμα 10.** Υπερθετικά περιγραμματικά σχέδια των υποκειμενικών μεταβλητών (άρωμα καπνιστού, αλατότητας και ευχυμότητας) σε μεταβαλλόμενες συγκεντρώσεις άλμης και καπνού διατηρώντας την πίεση σταθερή (1.5bar).

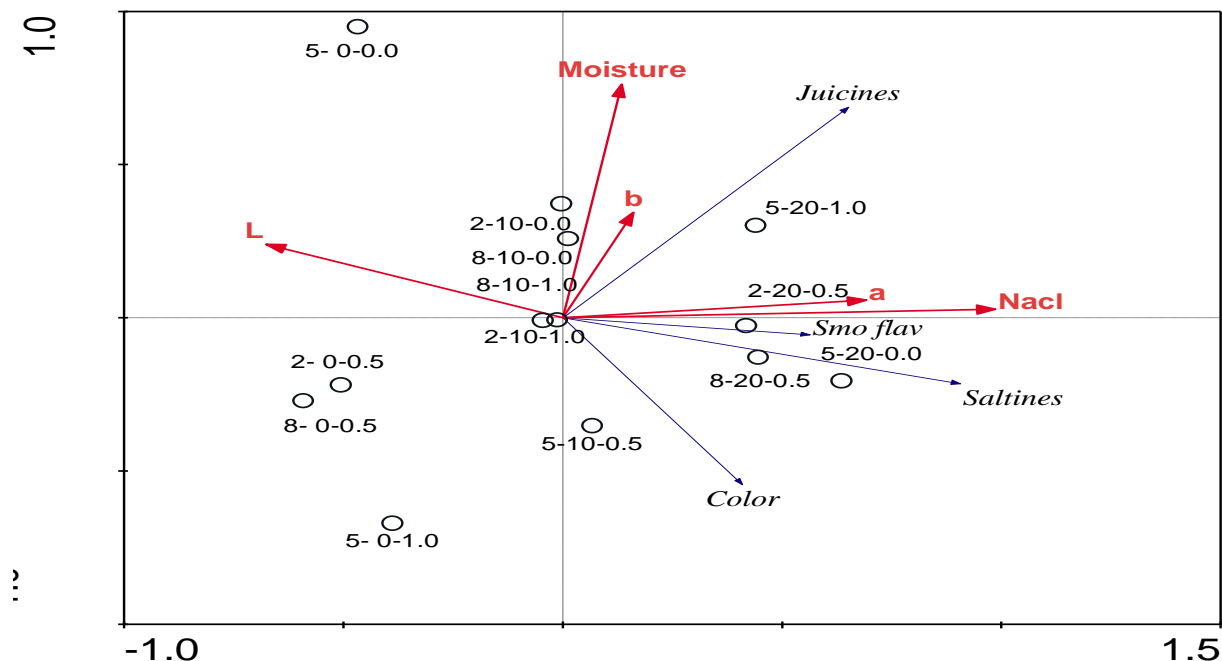


#### 5.4 Ανάλυση πλεονασμού των μεταβλητών

Η ανάλυση της πλεονάζουσας διακύμανσης έδειξε ότι συνολικά η σχέση μεταξύ των εξαρτημένων οργανοληπτικών και των ανεξάρτητων φυσικοχημικών μεταβλητών επεξηγεί το 69% της ολικής μεταβλητότητας, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες. Η προοδευτική επιλογή των φυσικοχημικών μεταβλητών κατέδειξε ως τη πιο σημαντική τη NaCl ( $R^2 = 42\%$ ) ακολουθούμενη από την υγρασία ( $R^2 = 13\%$ ).

Δυναμικές σχέσεις μεταξύ των ομάδων μεταβλητών δίνονται στο Σχήμα 10: ευθείες μεταβλητών που σχηματίζουν οξεία γωνία μεταξύ τους δείχνουν θετική συσχέτιση και ευθείες μεταβλητών με αμβλύ άνοιγμα δείχνουν αρνητική συσχέτιση. Ευθείες μεταβλητών που σχηματίζουν γωνία  $90^\circ$  δηλώνουν μηδενική συσχέτιση και ευθείες μεταβλητών που σχηματίζουν γωνίες  $0$  ή  $180^\circ$  δηλώνουν μέγιστη θετική ή αρνητική συσχέτιση αντίστοιχα.

Έτσι το NaCl συσχετίζεται ισχυρά και θετικά με την οργανοληπτική αλατότητα και ισχυρά αρνητικά με την οργανοληπτική φωτεινότητα. Δείγματα χωρίς επεξεργασία σε άλμη κείνται στην αριστερή πλευρά του γραφήματος δείχνοντας υψηλή φωτεινότητα. Δείγματα με επεξεργασία σε άλμη 20% καταλαμβάνουν το δεξί ημισφαίριο του γραφήματος και δείχνουν υψηλή συγκέντρωση NaCl και την αίσθηση υψηλής οργανοληπτικής αλατότητας. Η υγρασία κυριαρχεί στα δείγματα με άλμη 10% και το καφέ χρώμα είναι εντονότερα σε δείγματα που δέχθηκαν πίεση 1.5 bar.



**Σχήμα 11.** Δισχέδιο της πλεονάζουσας διακύμανσης μεταξύ των οργανοληπτικών και φυσικοχημικών μεταβλητών. Οι ευθείες δείχνουν κατά προσέγγιση τους συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών. Μακρύτερες ευθείες αποδίδουν μεγαλύτερη ένταση και η θέση των δειγμάτων καθορίζει το χώρο επίδρασης συγκεκριμένων μεταβλητών. Η σημειογραφία των δειγμάτων ακολουθεί τη διαδοχή κάπνισμα – αλάπισμα – πίεση.

### 5.5 Απώλεια βάρους κατά τις επεξεργασίες

Από τους Πίνακες 5 & 6 μπορεί να παρατηρηθεί ότι η ολική απώλεια βάρους κατά τις επεξεργασίες του καπνίσματος, τηγανίσματος χωρίς προεργασία και βρασίματος οδήγησε σε απώλειες βάρους της τάξης του 64,65%, 61,96% και 58,18%, αντίστοιχα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας εντείνεται το φαινόμενο μετουσίωσης των πρωτεϊνών, υδρόφοβες (υδρογονανθρακικές) ομάδες εγκλωβισμένες εσωτερικά των πρωτεϊνικών μορίων στη φυσική τους μορφή, λόγω αναδίπλωσης των μορίων έρχονται στην επιφάνεια με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά η ικανότητα συγκράτησης νερού, ως εκ τούτου σημαντικό μέρος του νερού του τροφίμου απομακρύνεται. Οι μικρές διαφορές που παρατηρούνται ως προς την απώλεια βάρους μεταξύ των τριών επεξεργασιών οφείλονται πιθανώς στην ένταση της επεξεργασίας.

Έτσι μεγαλύτερη απώλεια βάρους παρατηρήθηκε στα καπνιστά με ατμό δείγματα όπου η εφαρμοζόμενη θερμοκρασία ήταν υψηλότερη των 100°C. Υψηλότερη των 100°C ήταν επίσης και η θερμοκρασία του τηγανίσματος. Στην περίπτωση όμως αυτή είναι πιθανόν ποσότητα λαδιού να απορροφήθηκε από τα δείγματα και ως εκ τούτου η απώλεια βάρους να είναι ελαφρώς χαμηλότερη. Κατά το βράσιμο η θερμοκρασία ήταν της τάξης των 100°C και οι παρατηρούμενες απώλειες βάρους χαμηλότερες. Αντίθετα η επεξεργασία του τηγανίσματος μετά την επικάλυψη με αλεύρι (συνήθης στην επεξεργασία μυδιών) οδήγησε σε σημαντικά περιορισμένη απώλεια βάρους (17,46%). Αυτό δείχνει ότι πιθανώς το αλεύρι λειτουργεί προστατευτικά ως προς την απώλεια βάρους, κατακρατώντας ποσότητα νερού και πιθανώς άλλων συστατικών και/ή απορροφώντας μεγαλύτερη ποσότητα λαδιού από το μέσο τηγανίσματος. Διαπιστώνεται έτσι ότι η επικάλυψη με αλεύρι πριν το τηγάνισμα των μυδιών έχει σημαντική συμβολή στην απώλεια βάρους. Ωστόσο, σημαντικότερη ήταν η απώλεια λαδιού κατά την ψύξη των τηγανισμένων δειγμάτων μυδιών που προηγούμενα επικαλύφθηκαν με αλεύρι (Πίνακας 5).

**Πίνακας 5.** Απώλεια βάρους κατά τη διάρκεια των διαφορετικών επεξεργασιών

	<b>Κάπνισμα</b>	<b>Τηγάνισμα</b>	<b>Τηγάνισμα με αλεύρι</b>	<b>Βράσιμο</b>
<b>Αρχικό βάρος (g)</b>	1024,34	863,70	546,46	672
<b>Βάρος μετά την επεξεργασία αλατίσματος (g)</b>	1018,57			
<b>Βάρος με αλεύρι (g)</b>			650,09	
<b>Τελικό βάρος (g)</b>	360,06	328,58	536,58	281
<b>Βάρος διηθητικού χαρτιού (g)</b>		18,15	26,18	

**Πίνακας 6.** Ποσοστιαία απώλεια βάρους κατά τη διάρκεια των διαφορετικών επεξεργασιών

	Κάπνισμα	Τηγάνισμα	Τηγάνισμα με αλεύρι	Βράσιμο
<b>Απώλεια βάρους κατά το αλάτισμα (%)</b>	0,56			
<b>Βάρος με αλεύρι (g)</b>			650,09	
<b>Απώλεια βάρους κατά την επεξεργασία (%)</b>	64,65	61,96	17,46	58,18
<b>Απώλεια σε διηθητικό χαρτί (g)</b>		18,15	26,18	

### 5.6 Μεταβολές στη μέση σύσταση κατά τις επεξεργασίες

Τα μύδια είναι ένα προϊόν που έχει πολύ υψηλό ποσοστό υγρασίας. Από τον Πίνακα 7 μπορεί να παρατηρηθεί ότι η υγρασία επηρεάστηκε, όπως και η απώλεια βάρους (Πίνακας 8), από την ένταση της επεξεργασίας. Έτσι η ηπιότερη μείωση υγρασίας παρατηρήθηκε στα βραστά δείγματα όπως και στην απώλεια βάρους. Τα καπνιστά σε ατμό δείγματα είχαν τη δεύτερη ηπιότερη μείωση σε υγρασία, αλλά την υψηλότερη απώλεια βάρους, αυτό δείχνει σημαντική απώλεια και άλλων συστατικών όπως οι πρωτεΐνες, στις οποίες διαπιστώνεται μείωση σε όλα τα επεξεργασμένα δείγματα μυδιών (Πίνακας 8). Η ανωτέρω απώλεια σε αζωτούχες ουσίες συνοδεύτηκε από αύξηση των λιπαρών υλών. Ανάλογα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν σε δείγματα φιλέτων σολομού ([Dimitriadou et al., 2008](#)). Στα τηγανιτά χωρίς επικάλυψη αλεύρου δείγματα μυδιών η μείωση της υγρασίας ήταν ακόμη υψηλότερη, ακολουθήθηκε όμως από σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος και ως εκ τούτου η απώλεια βάρους ήταν χαμηλότερη της επεξεργασίας του καπνίσματος σε ατμό (Πίνακας 6). Μείωση των πρωτεϊνών κατά το τηγάνισμα αλιευμάτων συνοδευόμενη από σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος ανακοινώθηκε από διάφορους ερευνητές ([Sanchez–Muniz et al., 1992](#); [Κοκαράς & Μίκρας, 2012](#)).

Στα τηγανιτά τέλος δείγματα μυδιών μετά από επικάλυψη με αλεύρι η μείωση υγρασίας ήταν εντονότερη από όλες τις λοιπές επεξεργασίες, όμως η σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος (Πίνακας 8) συνδυαστικά με την προσθήκη του αλεύρου οδήγησαν στη μικρότερη απώλεια βάρους (Πίνακας 6). Όλα τα δείγματα παρουσίασαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές, δείχνοντας ότι όλες οι επεξεργασίες επηρέασαν σε διαφορετική έκταση τη σύσταση των μυδιών. Η τέφρα σε όλες τις επεξεργασίες εκτός του καπνίσματος σε ατμό παρουσίασε σημαντική μείωση (Πίνακας 8), η αύξηση που παρατηρήθηκε στα καπνιστά σε ατμό δείγματα πιθανώς οφείλεται στην επεξεργασία του αλατίσματος που προηγήθηκε της συγκεκριμένης επεξεργασίας.

**Πίνακας 7.** Μέση σύσταση (επί υγρού %) των μυδιών κατά τις επεξεργασίες

	<b>Νωπά</b>	<b>Βρασμένα</b>	<b>Τηγανιτά με αλεύρι</b>	<b>Τηγανιτά</b>	<b>Καπνιστά</b>
<b>Υγρασία %</b>	86,79±0,12 <sup>a</sup>	75,80±0,49 <sup>b</sup>	56,56±0,37 <sup>c</sup>	63,00±0,34 <sup>d</sup>	70,96±0,22 <sup>e</sup>
<b>Πρωτεΐνες %</b>	9,94±0,06 <sup>a</sup>	17,77±0,11 <sup>b</sup>	12,69±0,19 <sup>c</sup>	20,56±0,55 <sup>d</sup>	19,92±0,07 <sup>d</sup>
<b>Λίπος %</b>	2,19±0,06 <sup>a</sup>	5,43 ±0,06 <sup>b</sup>	19,06±0,08 <sup>c</sup>	15,07±0,09 <sup>d</sup>	5,53±0,07 <sup>e</sup>
<b>Τέφρα %</b>	0,73±0,01 <sup>a</sup>	0,83±0,01 <sup>b</sup>	0,73±0,01 <sup>a</sup>	1,13±0,03 <sup>c</sup>	3,25±0,04 <sup>d</sup>

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ( $p < 0,05$ ).

**Πίνακας 8.** Μέση σύσταση (επί ξηρού %) των μυδιών κατά τις επεξεργασίες

	<b>Νωπά</b>	<b>Βρασμένα</b>	<b>Τηγανιτά με αλεύρι</b>	<b>Τηγανιτά</b>	<b>Καπνιστά</b>
<b>Υγρασία %</b>	86,79±0,12 <sup>a</sup>	75,80±0,49 <sup>b</sup>	56,56±0,37 <sup>c</sup>	63,00±0,34 <sup>d</sup>	70,96±0,22 <sup>e</sup>
<b>Πρωτεΐνες %</b>	75,25±0,30 <sup>a</sup>	73,43±0,49 <sup>b</sup>	29,21±0,49 <sup>c</sup>	55,57±1,94 <sup>d</sup>	68,60±0,44 <sup>e</sup>
<b>Λίπος %</b>	16,58±0,58 <sup>a</sup>	22,44±0,27 <sup>b</sup>	43,87±0,43 <sup>c</sup>	40,73±0,60 <sup>d</sup>	19,04±0,33 <sup>e</sup>
<b>Τέφρα %</b>	5,53±0,10 <sup>a</sup>	3,43±0,10 <sup>b</sup>	1,68±0,10 <sup>c</sup>	3,05±0,30 <sup>d</sup>	11,19±0,40 <sup>e</sup>

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ( $p < 0,05$ ).

### 5.7 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων

Μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 9 ότι η κατανομή των λιπαρών οξέων δεν επηρεάστηκε από τις επεξεργασίες του βρασμού και του καπνίσματος με ατμό. Έτσι αφενός το σύνολο των κορεσμένων (SFA), μονοακορέστων (MUFA), πολυακορέστων (PUFA), ω-3 καθώς και των λόγων ω-3/ω-6 και ω-3/SFA παρέμειναν στα ίδια επίπεδα με τα νωπά δείγματα μυδιών. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι αμφότερες οι ανωτέρω επεξεργασίες οδηγούν σε υψηλής ποιότητας προϊόντα, με σημαντική παροχή σε C20:5ω-3 (EPA) και C22:6ω-3 (DHA) στον ανθρώπινο οργανισμό. Με την ιδιαιτερότητα επίσης του αρώματος καπνιστού των καπνιστών δειγμάτων μέσω άτμισης με υδατοδιαλυτά συμπυκνώματα καπνού, ιδιαίτερα υγιεινούς επεξεργασίας, καθιστά τα καπνιστά δείγματα μυδιών αφενός υψηλής ποιότητας αφετέρου ιδιαίτερα αποδεκτά από τον καταναλωτή.

Στα δείγματα μυδιών που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο χωρίς την επικάλυψη αλεύρου η κατανομή των λιπαρών οξέων διαφοροποιήθηκε σημαντικά. Έτσι, παρατηρήθηκε μείωση της τάξης του 52%, 64% και 77% στα SFA, PUFA και ω-3, αντίστοιχα, με ακολουθούμενη αύξηση κατά 310% στα MUFA λιπαρά οξέα. Σημαντική ήταν επίσης η μείωση των λόγων ω-3/ω-6 (81%) και ω-3/SFA (51%), όπως και των EPA (74%) και DHA (76%) δείχνοντας χαμηλής ποιότητας προϊόντα (Πίνακας 9). Εντονότερες ήταν όμως οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στα δείγματα μυδιών που τηγανίστηκαν μετά την επικάλυψη με αλεύρι. Στα τηγανισμένα δείγματα μυδιών που επικαλύφθηκαν με αλεύρι οι μεταβολές που διαπιστώθηκαν ήταν υπερβολικά σημαντικές. Η μείωση των SFA, PUFA και ω-3 ήταν της τάξης του 75%, 73% και 92%, αντίστοιχα, με ακολουθούμενη αύξηση κατά 390% στα MUFA λιπαρά οξέα. Υπερβολικά έντονη ήταν επίσης η μείωση των λόγων ω-3/ω-6 (94%) και ω-3/SFA (68%), όπως και των EPA (92%) και DHA (94%) δείχνοντας πολύ χαμηλής ποιότητας προϊόντα. Η κατανομή λιπαρών οξέων των τηγανισμένων με επικάλυψη αλεύρου μύδια προσεγγίζει την κατανομή λιπαρών οξέων του ελαιολάδου και όχι αλιεύματος.

Ανάλογα αποτελέσματα με τη συγκεκριμένη εργασία ανακοινώθηκαν από τους [Semih & Gulgun \(2005\)](#) μελετώντας την κατανομή των λιπαρών οξέων σε βραστά, τηγανιτά και καπνιστά μύδια. Συγκεκριμένα ανακοίνωσαν μικρή μείωση του DHA στα βραστά και καπνιστά μύδια, ενώ στα τηγανιτά το ποσοστό του DHA μειώθηκε στο 1%.

Πίνακας 9. Κατανομή λιπαρών οξέων των νωπών και επεξεργασμένων μυδιών.

Λιπαρά οξέα	Νωπό	Βρασμένο	Τηγανιτό με Αλεύρι	Τηγανιτό	Καπνιστό
C 14:0	4,47±0,05 <sup>a</sup>	4,46±0,04 <sup>a</sup>	0,34±0,06 <sup>b</sup>	1,15±0,03 <sup>c</sup>	4,62±0,22 <sup>a</sup>
C 15:0	0,94±0,04 <sup>a</sup>	0,93±0,05 <sup>a</sup>	-	0,10±0,01 <sup>b</sup>	0,63±0,02 <sup>c</sup>
C 16:0	27,28±0,82 <sup>a</sup>	26,94±1,10 <sup>a</sup>	8,47±3,52 <sup>b</sup>	15,22±0,21 <sup>c</sup>	27,69±0,38 <sup>a</sup>
C 16:1-ω5	0,14±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>b</sup>	-	0,20±0,01 <sup>c</sup>	1,12±0,01 <sup>d</sup>
C 16:1-ω7	9,20±0,22 <sup>a</sup>	8,96±0,50 <sup>a</sup>	1,33±0,09 <sup>b</sup>	2,75±0,03 <sup>c</sup>	9,24±0,23 <sup>a</sup>
C16:2-ω6	-	-	-	0,10±0,010 <sup>a</sup>	0,54±0,05 <sup>b</sup>
C 16:4-ω3	4,61±0,31 <sup>a</sup>	4,89±0,23 <sup>a</sup>	-	-	4,97±0,27 <sup>a</sup>
C 17:0	0,47±0,02 <sup>a</sup>	0,37±0,02 <sup>b</sup>	-	0,30±0,02 <sup>c</sup>	1,25±0,04 <sup>d</sup>
C 18:0	2,01±0,01 <sup>a</sup>	3,00±0,20 <sup>b</sup>	-	-	1,90±0,35 <sup>a</sup>
C 18:1-ω7	0,21±0,02 <sup>a</sup>	0,21±0,01 <sup>a</sup>	-	0,04±0,01 <sup>b</sup>	0,21±0,01 <sup>a</sup>
C18:1-ω9	3,00±0,20 <sup>a</sup>	2,91±0,03 <sup>a</sup>	76,19±2,09 <sup>b</sup>	61,13±0,19 <sup>c</sup>	3,03±0,11 <sup>a</sup>
C18:2-ω6	2,47±0,07 <sup>a</sup>	2,39±0,09 <sup>a</sup>	9,47±0,52 <sup>b</sup>	7,98±0,02 <sup>c</sup>	2,39±0,07 <sup>a</sup>
C18:3-ω3	0,21±0,03 <sup>a</sup>	0,20±0,01 <sup>a</sup>	-	0,08±0,01 <sup>b</sup>	0,23±0,02 <sup>a</sup>
C18:3-ω6	0,28±0,01 <sup>a</sup>	0,29±0,04 <sup>a</sup>	-	-	0,18±0,01 <sup>b</sup>
C18:4-ω3	1,18±0,02 <sup>a</sup>	1,13±0,03 <sup>a</sup>	0,91±0,04 <sup>b</sup>	0,92±0,01 <sup>b</sup>	1,20±0,04 <sup>a</sup>
C20:1-ω9	1,20±0,02 <sup>a</sup>	1,16±0,03 <sup>a</sup>	0,44±0,02 <sup>b</sup>	0,80±0,01 <sup>c</sup>	1,20±0,10 <sup>a</sup>
C20:2-ω6	2,22±0,07 <sup>a</sup>	2,23±0,02 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>b</sup>	0,39±0,01 <sup>b</sup>	1,26±0,27 <sup>c</sup>
C20:2-ω9	4,13±0,32 <sup>a,c</sup>	4,35±0,15 <sup>a</sup>	0,65±0,07 <sup>b</sup>	0,57±0,06 <sup>b</sup>	3,75±0,13 <sup>c</sup>
C20:4-ω3	4,57±0,06 <sup>a</sup>	4,50±0,51 <sup>a</sup>	0,30±0,01 <sup>b</sup>	1,11±0,01 <sup>c</sup>	4,43±0,08 <sup>a</sup>
C20:4-ω6	0,56±0,02 <sup>a</sup>	0,58±0,02 <sup>a</sup>	-	0,12±0,01 <sup>b</sup>	0,56±0,025 <sup>a</sup>
C20:5-ω3	14,05±0,54 <sup>a</sup>	13,92±0,30 <sup>a</sup>	1,07±0,04 <sup>b</sup>	3,61±0,04 <sup>c</sup>	14,07±0,78 <sup>a</sup>
C22:1-ω11	2,17±0,05 <sup>a</sup>	2,30±0,15 <sup>a</sup>	-	0,49±0,02 <sup>b</sup>	2,23±0,15 <sup>a</sup>
C22:3-ω6	0,71±0,02 <sup>a</sup>	0,71±0,01 <sup>a</sup>	-	-	0,58±0,025 <sup>b</sup>
C22:5ω-3	0,73±0,04 <sup>a</sup>	0,74±0,01 <sup>a</sup>	-	-	0,67±0,03 <sup>a</sup>
C22:5-ω6	0,81±0,01 <sup>a</sup>	0,74±0,03 <sup>a</sup>	-	-	0,57±0,06 <sup>b</sup>
C22:6-ω3	12,38±0,37 <sup>a</sup>	11,98±0,77 <sup>a</sup>	0,72±0,03 <sup>b</sup>	2,94±0,05 <sup>c</sup>	11,48±0,17 <sup>a</sup>
<b>Κορεσμένα (SFA)</b>	35,17	35,70	8,81	16,77	36,09
<b>Μονοακόρεστα (MUFA)</b>	15,92	15,65	77,96	65,41	17,03
<b>Πολυακόρεστα (PUFA)</b>	48,91	48,65	13,23	17,82	46,88
<b>Σύνολο ω-3</b>	37,73	37,36	3,00	8,66	37,05
<b>ω-3/ω-6</b>	5,35	5,38	0,31	1,00	6,09
<b>ω-3/SFA</b>	1,07	1,046	0,34	0,52	1,03

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ( $p < 0,05$ ).

## 5.8 Περιεκτικότητα σε στεροειδή των νωπών και επεξεργασμένων δειγμάτων μυδιών.

Όπως μπορεί παρατηρηθεί από τον Πίνακα 10 στα στεροειδή που ανιχνεύτηκαν στα δείγματα των μυδιών ήταν η χοληστερόλη, η οξική χοληστερόλη, η διυδροχοληστερόλη, και η σιτοστερόλη, ενώ σκουαλένιο ανιχνεύτηκε μόνο στα τηγανιτά δείγματα μυδιών, όπως επίσης στο ελαιόλαδο. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, η οποία ανιχνεύθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα στα νωπά δείγματα μυδιών, παρουσίασε αύξηση στα βραστά και καπνιστά δείγματα μυδιών, ενώ ήταν μειωμένη στα τηγανιτά δείγματα, με σημαντικότερη μείωση στα δείγματα που τηγανίστηκαν μετά από επικάλυψή τους με αλεύρι (Πίνακας 10). Η περιεκτικότητα σε οξική χοληστερόλη αυξήθηκε σε όλα τα επεξεργασμένα δείγματα, δείχνοντας πιθανό σχηματισμό της κατά τις διαφορετικές επεξεργασίες. Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα και για την διυδροχοληστερόλη, η οποία επίσης παρουσίασε αύξηση στα βραστά και καπνιστά δείγματα, ενώ δεν μεταβλήθηκε στα τηγανιτά χωρίς αλεύρι δείγματα και μειώθηκε στα δείγματα των μυδιών που τηγανίστηκαν μετά την επικάλυψή τους με αλεύρι. Μείωση στη περιεκτικότητα σε χολεστερόλη κατά το τηγάνισμα των αλιευμάτων παρατηρήθηκε και από άλλους ερευνητές. Οι [Sanchez–Muniz et al. \(1992\)](#) διαπίστωσαν μείωση της χοληστερόλης σε τηγανισμένα δείγματα σαρδέλας σε ηλιέλαιο από 210,5 στα μη επεξεργασμένα δείγματα σε 129,3 mg / 100 g σάρκας επί ξηρού. Οι [Κοκαράς & Μίκρας \(2012\)](#) ανακοίνωσαν σταδιακή μείωση στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κατά το τηγάνισμα γαύρου. Έτσι από 33,22 στα μη επεξεργασμένα δείγματα μειώθηκε σε 23,08, 15,77 και 7,14 mg / 100 g σάρκας στα δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν για 2, 3, 4 και 5 min, αντίστοιχα.

Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η περιεκτικότητα του ελαιολάδου που χρησιμοποιήθηκε σε σκουαλένιο (Πίνακας 10). Ενώ τα δείγματα μυδιών που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο χωρίς την επικάλυψη με αλεύρι απορρόφησαν σημαντικότερη ποσότητα σκουαλενίου, αυτό δείχνει ότι το αλεύρι πιθανώς δρα παρεμποδιστικά στην απορρόφηση του σκουαλενίου από τα δείγματα μυδιών.



**Πίνακας 10.** Περιεκτικότητα σε στεροειδή των νωπών και επεξεργασμένων δειγμάτων μυδιών. Περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του ελαιολάδου

mg/100g Εδώδιμης Σάρκας	Νωπά	Βρασμένα	Τηγανιτά με αλεύρι	Τηγανιτά	Καπνιστά
Χοληστερόλη	80,82±0,94 <sup>a</sup>	130,05±1,53 <sup>b</sup>	60,56±0,53 <sup>c</sup>	70,62±0,53 <sup>b</sup>	130,00±0,64 <sup>a</sup>
Οξική Χοληστερόλη	4,64±0,95 <sup>a</sup>	13,10±1,64 <sup>b</sup>	13,38±1,43 <sup>b</sup>	31,14±2,32 <sup>c</sup>	18,26±0,83 <sup>d</sup>
Διυδροχοληστερόλη	1,61±0,19 <sup>a</sup>	3,43±0,42 <sup>b</sup>	0,59±0,05 <sup>c</sup>	1,69±0,10 <sup>a</sup>	4,79±0,35 <sup>d</sup>
Σκουαλένιο μυδιών			2,26±0,02 <sup>a</sup>	26,03±0,26 <sup>b</sup>	
Σκουαλένιο ελαιολάδου	735,60±3.34 <sup>a</sup>		725,51±3.21 <sup>b</sup>	700,79±2.99 <sup>c</sup>	
Σιποστερόλη	0,15±0,01 <sup>a</sup>	0,25±0,02 <sup>a,b</sup>	0,32±0,00 <sup>b</sup>	0,54±0,03 <sup>c</sup>	0,30±0,09 <sup>b</sup>

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ( $p < 0,05$ ).

## 6. Συμπεράσματα

- Οι ιδανικές συνθήκες για την παρασκευή υψηλής ποιότητα καπνιστών μυδιών χρησιμοποιώντας την επεξεργασία του υγρού καπνίσματος είναι: εμβάπτιση των νωπών μυδιών σε συγκέντρωση άλμης 13% για 5 min και άτμισή τους σε διάλυμα υγρού καπνού συγκέντρωσης 5% για 6 min υπό πίεση 1,5bar.
- Διαπιστώθηκε ότι με τις επεξεργασίες υγρού καπνίσματος και βρασμού δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά τα ω-3 λιπαρά οξέα, κάτι το οποίο δεν παρατηρήθηκε στην επεξεργασία του τηγανίσματος. Συγκρίνοντας ως εκ τούτου τα διαφορετικά προϊόντα διαπιστώνεται ότι τα καπνιστά υπερτερούν τόσο από τα τηγανιτά κυρίως λόγω της διατήρησης των τα ω-3 λιπαρών οξέων όσο και από τα βραστά λόγω του χαρακτηριστικού αρώματος.

## 7. Βιβλιογραφία

- ❖ Aitken A. & Conell J.J. (1979). Fish In: *Effects on Heating on Foodstuffs*. (Eds Pristley R.J.), pp. 219–254, Applied Science Publishers, London.
- ❖ AOAC, (1995). *Official Methods of Analysis*, Salt (chlorine as sodium chloride) in Seafood. Volumetric Method, AOAC Official Method 937.09, 35, 7.
- ❖ Bligh E. and Dyer W. (1959). A rapid method of total extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911-917.
- ❖ CEC (1979). Commission of European Communities. Method-ISO 1442–1973.
- ❖ Chen L.B. and Issenberg P. (1972). Interactions of some wood components with amino groups in proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **20**, 1113–1118.
- ❖ Chiou A., Kalogeropoulos N., Salta N. F., Efstathiou P. and Andrikopoulos K. N. (2009). Pan-frying of French fries in three different edible oils enriched with olive leaf extract: Oxidative stability and fate of microconstituents. *LWT - Food Science and Technology*, **42**, 1090–1097.
- ❖ Clifford M.N., Tang S.L. and Eyo A.A. (1980). Smoking of foods. *Journal Process Biochemistry*, **15**, 8–17.
- ❖ Cochran W.G. and Cox G.M. (1957). *Experimental Designs*. pp 611, Wiley, New York.
- ❖ Dimitriadou D., Zotos A., Petridis D. and Taylor KDA. (2008). Improvement studies of different steps included in the production of steamed with liquid smoke trout fillets (*Salmo gairdnerii*). *Food Science & Technology International*, **14**, 67-77.
- ❖ Dobarganes C., Marquez-Ruiz G., and Velasco J. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **102**, 521 – 528.

- ❖ Doe P.E., Sikorski Z., Haard N., Olley J. & Sun Pan B. (1998). Smoking, (Salting). In: *Fish drying and smoking production and quality*, (Eds Doe P.E.), pp 37–45. Technomic publishing Co, Inc. Lancaster, Basel.
- ❖ Garcia-Arias M.T., Alvarez-Pontez E., Garcia-Linares M.C., Garcia-Fernandez M.C. and Sanchez-Muniz F.J. (2003). Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Journal of Food Chemistry*, **83**, 349 – 356.
- ❖ Gilbert J. & Knowles M.E. (1975). The chemistry of smoked foods: a review. *Journal of Food Technology*, **10**, 245–257.
- ❖ Guillen M.D., Errecalde M.C., Salmeron J. and Casas C. (2006). Headspace volatile components of smoked swordfish (*Xiphias gladius*) and cod (*Gadus morhua*) detected by means of solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Food Chemistry*, **94**, 151–156.
- ❖ Hamm R. (1977). Analysis of smoke and smoked foods. *Pure and Applied Chemistry*, **49**, 1653–1660.
- ❖ Hanson S.W.F. and Olley J. (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemical Journal*, **89**, 101-108.
- ❖ Howgate R.F. and Ahmed J.F. (1972). Chemical and bacteriological changes in fish muscle during heating and drying at 30°C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **23**, 615–621.
- ❖ Iliadis K.N., Zotos A., Taylor K.D.A. and Petridis D. (2004). Effect of Pretreatment and Smoking Process (cold & hot) on Chemical, Microbiological and Sensory Quality of Mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of the science of Food and Agriculture*, **84**, 1545-1552.

- ❖ Kalogeropoulos N., Mylona A., Chiou A., Ioannou S. M. and Andrikopoulos K. N. (2007). Retention and distribution of natural antioxidants ( $\alpha$ -tocopherol, polyphenols and terpenic acids) after shallow frying of vegetables in virgin olive oil. *LWT – Food Science and Technology*, **40**, 1008–1017.
- ❖ Kaniou-Grigoriadou I. Mouratidou T. and Katikou P. (2005). Investigation on the presence of domoic acid in Greek shellfish. *Harmful Algae*, **4**, 717–723.
- ❖ Kinsella J.E. (1987). Seafoods and fish oils in human health and disease, pp 312–330, Marcel Dekker Inc, New York.
- ❖ Κοκαράς Α. & Μίκρας Μ. (2012). Μεταβολές στη μέση σύσταση, κατανομή λιπαρών οξέων, χοληστερόλη και σκουαλενίου κατά το ψήσιμο και τηγάνισμα αλιευμάτων. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΑΤΕΙΘ.
- ❖ Kovacs M.I.P., Anderson W.E. and Ackman R.G. (1979). A simple method for the determination of cholesterol and some plant sterols in fishery-based food products. *Journal of Food Science*, **44**, 1299 – 1305.
- ❖ Kuehl R.O. (2000). Design of experiments: Statistical principles of research design and analysis. pp 666, Duxbury, New York.
- ❖ Lalam S., Sandhu S. J., Takhar P. S., Thompson D. L. and Alvarado C. (2012). Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets. *LWT - Food Science and Technology*, 1-10.
- ❖ Maga J.A. (1988). Smoke in Food Processing, pp 39–96, CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.
- ❖ Mai J., Shimp J., Weihrauch J. and Kinsella E.J. (1978). Lipids of fish fillets: Changes following cooking by different methods. *Journal of food science*, **43**, 1669 – 1674.
- ❖ Morales F.J. and van Boekel M.A.J.S. (1998). A study on advanced Maillard reaction in heated casein/sugar solutions: colour formation. *International Dairy Journal*, **8**, 907–915.

- ❖ Μπλούκας Ι.Γ. (2004). Επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων. pp 204-209, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
- ❖ Νικοδήμου Ε. (2007). Επίδραση του εμπλουτισμού ελαίων με αντιοξειδωτικά από φυσικές πηγές στην οξειδωτική υποβάθμιση κατά το διαδοχικό τηγάνισμα. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- ❖ Ξηροπούλου Α. (2008). Η αύξηση των μυδιών του είδους *Mytilus galloprovincialis* σε πλωτές μονάδες στον Β.Δ. κόλπο Θεσσαλονίκης στην περιοχή της χαλάστρας. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, ΑΤΕΙΘ – Παράρτημα Ν. Μουδανιών.
- ❖ Otles S. and Sengor G. (2005). Effect of Various Technological Processes on the Fatty Acid Composition of Mussel (*Mytilus galloprovincialis*), *International Journal of Food Engineering*, **1**(3), 1-7.
- ❖ Παπαδοσηφάκη Χ. & Κουνάδη Σ. (2006). Μελέτη της οξειδωτικής σταθερότητας εδώδιμων φυτικών ελαίων κατά το τηγάνισμα. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα διατροφής και διαιτολογίας, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
- ❖ Παπαναστασίου Δ.Π. (1990). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας αλιευμάτων (Τόμος Β). pp 248-251, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
- ❖ Papoutsoglou S.E. (2000). Monitoring and regulation of marine aquaculture in Greece: licensing, regulatory control and monitoring guidelines and procedures. *Journal of Applied Ichthyology*, **16**, 167–171.
- ❖ Rora A.M.B., Kvale A., Morkore T., Rorvik K., Steien S.H. and Thommassen M.S. (1998). Process yield color and sensory quality of smoked Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) in relation to raw material characteristics. *Food Research International*, **31**, 601–609.
- ❖ Saghir S., Thurner K., Wagner K.H., Frisch G., Luf W., Razzazi F.E. and Elmadfa I. (2004). Effects of Different Cooking Procedures on Lipid Quality and

Cholesterol Oxidation of Farmed Salmon Fish (*Salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 5290-5296.

- ❖ Sanchez-Muniz F.J., Viejo J.M. and 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.
- ❖ Sandhu J., Bansal H. and Takhar S. P. (2012). Experimental Measurement of Physical Pressure in Foods During Frying. *Journal of Food Engineering*, **115**, 272–277
- ❖ Sikorski Z., Haard N., Motohiro T. & Bonnie S.P. (1998). Quality. In: *Fish Drying and smoking, production and quality*, (Eds Doe P.E.), pp 89–115, Technomic publishing Co, Inc, Lancaster, Basel.
- ❖ Siskos I., Zotos A. and Taylor K.D.A. (2005). The effect of drying, pressure and processing time on the quality of liquid-smoked trout (*Salmo gairdnerii*) fillets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**, 2054–2060.
- ❖ Smaal A.C. (2002). European mussel cultivation along the Atlantic coast: production status, problems and perspectives. *Hydrobiologia*, **484**: 89–98.
- ❖ Smith T.J. (2000). Squalene: Potential chemopreventive agent. *Expert Investigation Drugs*, **9**, 1841 – 1848.
- ❖ Steiner- Asiedu M., Julshamn K. and Lie O. (1991). Effect of Local Processing Methods (Cooking, Frying and Smoking) on Three Fish Species from Ghana: Part I. Proximate Composition, Fatty Acids, Minerals, Trace Elements and Vitamins. *Food Chemistry*, **40**, 309-321.
- ❖ Stolyhwo A. and Sikorski Z.E. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish- a critical review. *Food Chemistry*, **91**, 303–311.
- ❖ Storey R.M. (1982). Smoking. In: *Fish Handling and Processing*, (Eds Aitken A., Mackie I.M., Merritt J.M. & Windsor M.L.), pp 98 – 120, Ministry of Agriculture Fisheries & Food, Torry Research Station, Edinburgh.

- ❖ Strandberg T.E., Salomaa V.V., Naukkarinen V.A., Vanhanen H.T., Sarna S.J. and Miettinen T.A. (1991). Long-term Mortality After 5-Year Multifactorial Primary Prevention of Cardiovascular Diseases in Middle-aged Men. *The Journal of the American Medical Association*, **266** (9), 1225– 229.
- ❖ Τανανάκη Χ. (2006) Εργαστηριακές σημειώσεις ανάλυσης τροφίμων Ι. Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΑΤΕΙ, Θεσσαλονίκης
- ❖ Τσουτσουλη Δ. (2008). Η δυναμική και η συλλογή γόνου του *Mytilus Galloprovincialis* στον Β.Δ. κόλπο της Θεσσαλονίκης. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, ΑΤΕΙΘ – Παράρτημα Ν. Μουδανιών.
- ❖ Turkkan A.U., Cakli S. and Kilinc B. (2008). Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing*, **86**, 163-166.
- ❖ Wen-Hsin W. and 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.
- ❖ Zhang Q., Saleh S.M.A., Chen J. and Shen Q. (2012). Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review. *Chemistry and Physics of Lipids*, **165**, 662– 681.
- ❖ Zotos A., Hole M. and Smith G. (1995). The effect of frozen storage of Mackerel (*Scomber scombrus*) on its quality when hot-smoked. *Journal of the science of Food and Agriculture*, **67**, 43-48.