



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής**  
**University of West Attica**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

# **ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΟΥ ΞΑΡΜΥΡΙΣΜΑΤΟΣ ΑΛΙΠΑΣΤΟΥ ΒΑΚΑΛΑΟΥ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ**  
**ΦΟΙΤΗΤΡΙΩΝ**  
**ΜΟΛΛΑ ΑΜΑΝΤΑ (14124)**  
**ΠΑΝΤΕΛΗ ΜΑΡΙΑ (14057)**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Β. ΛΟΥΓΚΟΒΟΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**  
**ΑΘΗΝΑ 2022**

Blank page

## ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Β. Λουγκοβόης, Καθηγητής (εισηγητής)

Β. Κυρανά, ΕΔΙΠ

Μ. Τριάντη, Ακαδημαϊκός Υπότροφος

Blank page

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένες, ΜΟΛΛΑ ΑΜΑΝΤΑ του ΣΟΚΟΛ με αριθμό μητρώου 14124, και ΠΑΝΤΕΛΗ ΜΑΡΙΑ του ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ με αριθμό μητρώου 14057, φοιτήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Επιστημών Τροφίμων, του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, στον εκδοτικό οίκο ή στο περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση των πτυχίων μας».

Η Δηλούσα

Η Δηλούσα

Μόλλα Αμάντα

Παντέλη Μαρία

Blank page

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
ABSTRACT	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΑΤΙΣΗΣ ΤΟΥ ΓΑΔΟΥ	18
1.1. Εισαγωγή	18
1.2. Μέθοδοι αλάτισης	19
1.2.1. Ξηρή αλάτιση	19
1.2.2. Αλάτιση με χρήση άλμης – Συνδυασμός υγρής και ξηρής αλάτισης	20
1.2.3 Έγχυση άλμης	21
1.3. Τεχνολογία παραγωγής αλίπαστου βακαλάου	22
1.4. Παράγοντες που επιδρούν στην αλάτιση του γάδου	23
1.4.1. Σύσταση του άλατος	23
1.4.2. Ποιότητα και προετοιμασία της πρώτης ύλης	27
1.4.3. Σύσταση των ψαριών	27
1.4.4. Μέθοδος αλάτισης	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	31
2.1. Μέθοδοι ξήρανσης	31
2.2. Κινητική της ξήρανσης	34
2.3. Μεταβολές κατά την ξήρανση του γάδου	35
2.4. Παράμετροι που επιδρούν στη διαδικασία της ξήρανσης	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΑΛΙΠΑΣΤΟΥ ΒΑΚΑΛΑΟΥ	39
3.1. Κόκκινη ή ερυθρά αλλοίωση	39
3.1.1. <i>Halobacterium spp.</i>	40
3.1.2. <i>Halococcus spp</i>	44
3.2. Αλλοίωση από μύκητες τους γένους <i>Wallemia</i>	48
3.3. Παραγωγή ισταμίνης	51
3.4. Τάγκιση	52
3.5. Ασφάλεια και ποιότητα των προϊόντων	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΑΛΙΠΑΣΤΟΥ ΒΑΚΑΛΑΟΥ	55
4.1. Εισαγωγή	55
4.2. Μηχανισμός της αφαλάτωσης	55
4.3. Βιομηχανική αφαλάτωση	57
4.4. Αφαλάτωση και διάρκεια ζωής του αλίπαστου βακαλάου	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	61
5.1 Υλικά και μέθοδοι	61

Περιεχόμενα (συνέχεια ...)

5.1.1 Προσδιορισμός υγρασίας	62
5.1.2. Προσδιορισμός άλατος με τη μέθοδο Mohr	62
5.1.3. Προσδιορισμός μεταβολών βάρους και όγκου	63
5.2. Αποτελέσματα και συζήτηση αποτελεσμάτων	63
5.2.1. Μεταβολές βάρους δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου	63
5.2.2. Μεταβολές άλατος αλίπαστου βακαλάου	64
5.2.3. Μεταβολές υγρασίας αλίπαστου βακαλάου	66
5.2.4. Μεταβολές όγκου υγρού ξαρμυρίσματος	68
5.2.5. Μεταβολές άλατος υγρού ξαρμυρίσματος	69
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ταξινόμηση του γένους <i>Halobacterium</i>	41
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των τεσσάρων ειδών του γένους <i>Halobacterium</i>	42
Πίνακας 3: Ταξινόμηση του γένους <i>Halococcus</i>	44
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά ειδών του γένους <i>Halococcus</i>	45
Πίνακας 5: Ταξινόμηση γένους <i>Walleimia</i>	49
Πίνακας 6: Μεταβολές βάρους δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου κατά το ξαρμύρισμα	64
Πίνακας 7: Μεταβολές της περιεκτικότητας άλατος δειγμάτων βακαλάου κατά το ξαρμύρισμα σε απιονισμένο νερό	65
Πίνακας 8: Μεταβολές της περιεκτικότητας σε υγρασία δειγμάτων βακαλάου κατά το ξαρμύρισμα σε απιονισμένο νερό	67
Πίνακας 9: Μεταβολές όγκου νερού κατά το ξαρμύρισμα του βακαλάου	69
Πίνακας 10: Μεταβολές της περιεκτικότητας υγρού ξαρμυρίσματος σε αλάτι κατά τη διαδικασία αφαλάτωσης αλίπαστου βακαλάου	69

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Εξωτερική μορφολογία γαδιδών	14
Εικόνα 2: Κυριότερες περιοχές αλιείας του μπακαλιάρου του Ατλαντικού	15
Εικόνα 3: Υβριδικός ξηραντήρας εξοπλισμένος με αερομεταφερόμενο σύστημα υπερήχων (Airborne Ultrasonic System)	33
Εικόνα 4: Κόκκινη αλλοίωση υγράλατου βακαλάου	40
Εικόνα 5: Βακτηριορουμπερίνη ( $C_{50}H_{76}O_4$ )	41

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ

Γραφική Παράσταση 1: Μεταβολές βάρους δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου συναρτήσει του χρόνου παραμονής σε απιονισμένο νερό	64
Γραφική Παράσταση 2 : Μεταβολές της περιεκτικότητας άλατος δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου κατά το ξαρμύρισμα σε απιονισμένο νερό	66
Γραφική Παράσταση 3: Μεταβολές της περιεκτικότητας σε υγρασία δειγμάτων βακαλάου συναρτήσει του χρόνου παραμονής σε απιονισμένο νερό	68
Γραφική Παράσταση 4: Μεταβολές περιεκτικότητας άλατος στο υγρό ξαρμυρίσματος συναρτήσει του χρόνου παραμονής των δειγμάτων σε απιονισμένο νερό	70

Blank page

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την ονομασία *αλίπαστος βακαλάος* φέρονται στην ελληνική αγορά τα χωρίς κεφάλι και εντόσθια, πεπλατυσμένα σώματα ψαριών της οικογένειας των γάδων που έχουν καταστεί συντηρήσιμα με υγρή ή ξηρή αλάτιση και ξήρανση. Το αποξηραμένο αλατισμένο προϊόν χαρακτηρίζεται από χαμηλή τιμή  $a_w$  (0,70-0,75) που το καθιστά συντηρήσιμο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, συχνά πλέον του έτους. Το προϊόν αλλοιώνεται από ακραία αλόφιλα Αρχαία, η ανάπτυξη των οποίων ευνοείται σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Πριν καταναλωθεί, το προϊόν εμβαπτίζεται σε νερό, με σκοπό να ενυδατωθεί η σάρκα και να απομακρυνθεί το πλείστον του περιεχομένου άλατος. Το «ξαρμύρισμα» περιλαμβάνει φαινόμενα μεταφοράς μάζας που αποδίδονται σε διαδικασίες διάχυσης και ώσμωσης.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας μελετήθηκε ο ρυθμός αφαλάτωσης και πρόσληψης νερού από ομοιόμορφου βάρους τεμάχια αλίπαστου βακαλάου τα οποία εμβαπτίστηκαν σε πενταπλάσια ποσότητα απιονισμένου νερού για διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Με βάση τα αποτελέσματα, η αποκατάσταση ισορροπίας στο σύστημα «ιχθυηρού» – «υγρού ξαρμυρίσματος» επήλθε στις 24 ώρες, περίπου. Στο διάστημα αυτό, το βάρος του προϊόντος αυξήθηκε κατά 24%, λόγω επαναπρόσληψης νερού από τις μυϊκές πρωτεΐνες, τα δε επίπεδα υγρασίας ανήλθαν σε 81,5%, τιμή που δεν διαφέρει ουσιαστικά από την περιεκτικότητα υγρασίας του νωπού ψαριού. Αυτό υποδηλώνει ότι οι εξαλατωμένες μυϊκές πρωτεΐνες στο αλίπαστο προϊόν διατηρούν μεγάλο μέρος της ικανότητάς τους να δεσμεύουν νερό. Η συγκέντρωση άλατος στο προϊόν παρουσίασε κατακόρυφη πτώση κατά το διάστημα των πρώτων δυο ωρών. Ωστόσο, η τελική τιμή κατά την ισορροπία ( $\approx 4\%$ ) ήταν σημαντικά υψηλότερη από τα προσδοκώμενα, αποδεκτά επίπεδα (1,5-2%). Περαιτέρω μείωση της αλατότητας του προϊόντος θα μπορούσε να επιτευχθεί είτε με αύξηση της σχετικής αναλογίας του υγρού ξαρμυρίσματος, είτε με αλλαγή του υγρού σε κάποιο ενδιάμεσο στάδιο της διαδικασίας. Όπως ήταν αναμενόμενο, το υγρό ξαρμυρίσματος παρουσίασε σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης σε αλάτι και ταυτόχρονη μείωση όγκου, αφού μεγάλο μέρος του νερού επαναπροσλήφθηκε από το προϊόν.

## ABSTRACT

The term *salted cod* refers to the headless and offal-free, flattened bodies of fish belonging to the cod family that are placed on the market after being preserved by wet or dry salting and drying. The dried salted product is characterized by a low  $a_w$  value (0.70-0.75), which makes it shelf-stable at room temperature, often for more than a year. The product is usually spoiled by extreme halophilic Archaea, whose growth is favored in conditions of elevated temperature and relative humidity. Before consumption, the product is immersed in water to hydrate the flesh and remove most of the salt content. "Desalting" involves mass transfer phenomena, which are initiated by the processes of diffusion and osmosis.

The present work was set to study the rate of desalination and water uptake by uniform weight pieces of salted cod, which were immersed in a fivefold amount of deionized water, for different time periods. Based on the results obtained, the state of equilibrium between salted fish and desalination liquid was reached in about 24 hours. During this period, the weight of the product increased by 24%, due to reabsorption of water by the muscle proteins, and the moisture levels rose to 81.5%, a value that does not differ significantly from the moisture content of the fresh fish. This suggests that the denatured ("salted out") muscle proteins in the salted product retained much of their ability to bind water. The salt concentration in the product showed an almost vertical drop during the first two hours of the process. However, the equilibrium salt content ( $\approx 4\%$ ) was significantly higher than the acceptable levels (normally 1.5-2%). Further reduction in the salinity of the product could be achieved either by increasing the relative proportion of the desalting liquid or by changing the liquid at some intermediate stage of the process. As expected, the desalting water exhibited a substantial, gradual increase in salt concentration and a simultaneous decrease in volume, since much of the water was absorbed by the product.

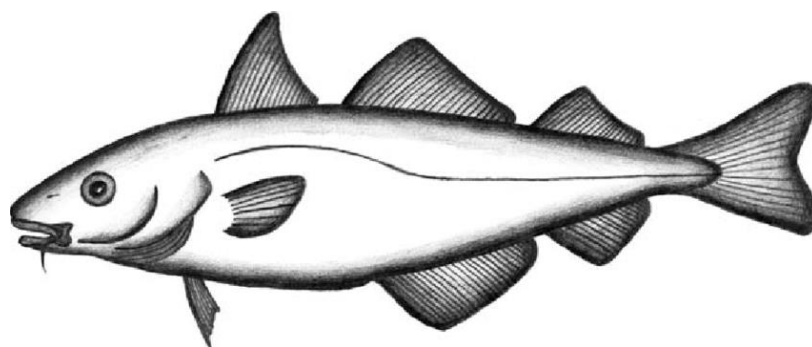
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αποξηραμένος αλίπαστος βακαλάος (salted, dried cod) είναι ένα προϊόν με υψηλή διατροφική αξία και ιδιάζοντα, ευάρεστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (οσμή, άρωμα, υφή σάρκας), τα οποία χαίρουν εκτίμησης από μεγάλη μερίδα του καταναλωτικού κοινού. Χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών, ανόργανων συστατικών και ιχνοστοιχείων, και χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρές ύλες, μεταξύ των οποίων κυριαρχεί η ομάδα των φωσφολιπιδίων. Για την παραγωγή του προϊόντος εφαρμόζονται διαδικασίες, όπως η υγρή ή και ξηρή αλάτιση, η ξήρανση (φυσική ή μηχανική) και η ωρίμανση. Οι διαδικασίες αυτές καθιστούν το προϊόν συντηρήσιμο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για μεγάλο διάστημα (συνήα πλέον του έτους), ενώ παράλληλα ενισχύουν τον ιδιάζοντα οργανοληπτικό του χαρακτήρα. Πριν καταναλωθεί, το προϊόν εμβαπτίζεται σε νερό, με σκοπό να ενυδατωθεί η σάρκα και να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου άλατος. Μετά τη διαδικασία αυτή, αλλά και κατά το μαγείρεμα που ακολουθεί, το προϊόν διατηρεί σε μεγάλο βαθμό το χαρακτηριστικό flavor που το καθιστά προσφιλέσ μεταξύ των καταναλωτών.

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (Κεφάλαιο XI, άρθρα 94, 95), με την ονομασία «αλίπαστος βακαλάος» ή απλά «βακαλάος» φέρονται στην ελληνική αγορά τα χωρίς κεφάλι και εντόσθια, πεπλατυσμένα σώματα ψαριών της οικογένειας των γάδων, τα οποία έχουν καταστεί συντηρήσιμα με υγρή ή ξηρή αλάτιση και ξήρανση. Το τελικό προϊόν δεν πρέπει να έχει υγρασία πάνω από 49% και χλωριούχα (εκφρασμένα σε NaCl) πάνω από 18%. Ειδικά για τον υγράλατο βακαλάο επιτρέπεται ανώτατο όριο υγρασίας 54%. Επιπλέον, δεν επιτρέπεται η προσθήκη αντισηπτικών υλών, ούτε ουσιών (ανόργανων ή οργανικών) που αποσκοπούν στην επιβάρυνση ή την τεχνητή λεύκανση του προϊόντος. Ο αλίπαστος βακαλάος που φέρεται στην κατανάλωση, πρέπει να έχει λευκωπή χροιά, χωρίς οποιαδήποτε αλλοίωση και να είναι απαλλαγμένος από ερυθρά στίγματα που συνήθως εμφανίζονται κοντά στη σπονδυλική στήλη.

Τα είδη των γάδων που χρησιμοποιούνται συχνότερα για την παραγωγή αλίπαστου (και αποξηραμένου) βακαλάου είναι τα *Gadus morhua* (μπακαλιάρος Ατλαντικού, cod/true cod), *Gadus macrocephalus* (μπακαλιάρος Ειρηνικού, Pacific

cod), *Melanogrammus aeglefinus* (μπακαλιάρος εγκλεφίνος, haddock) και *Gadus ogac* (μπακαλιάρος Γροιλανδίας, Greenland cod). Τα είδη αυτά, λόγω του μεγάλου οικονομικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν για τη βιομηχανία μεταποιημένων αλιευτικών προϊόντων, έχουν μελετηθεί πολύ πιο διεξοδικά από άλλα, συγγενικά είδη. Οι γάδοι ανήκουν στην οικογένεια Gadidae (Γαδίδες), η οποία περιλαμβάνει 11 γένη με 22 είδη, στην κλάση Actinopterygii (Ακτινοπτερύγιοι) και στην τάξη Gadiformes (Γαδόμορφα). Τα μέλη της οικογένειας χαρακτηρίζονται από την παρουσία τριών ραχιαίων πτερυγίων και δύο εδρικών, μορφολογικό ιδίωμα που παρουσιάζεται σπάνια. Το πρώτο τμήμα του ραχιαίου πτερυγίου βρίσκεται πίσω ακριβώς από την κεφαλή και δεν περιλαμβάνει σκληρές ακτίνες, ενώ τα κοιλιακά πτερύγια είναι τοποθετημένα μπροστά από τα θωρακικά (Cohen et al., 1990).

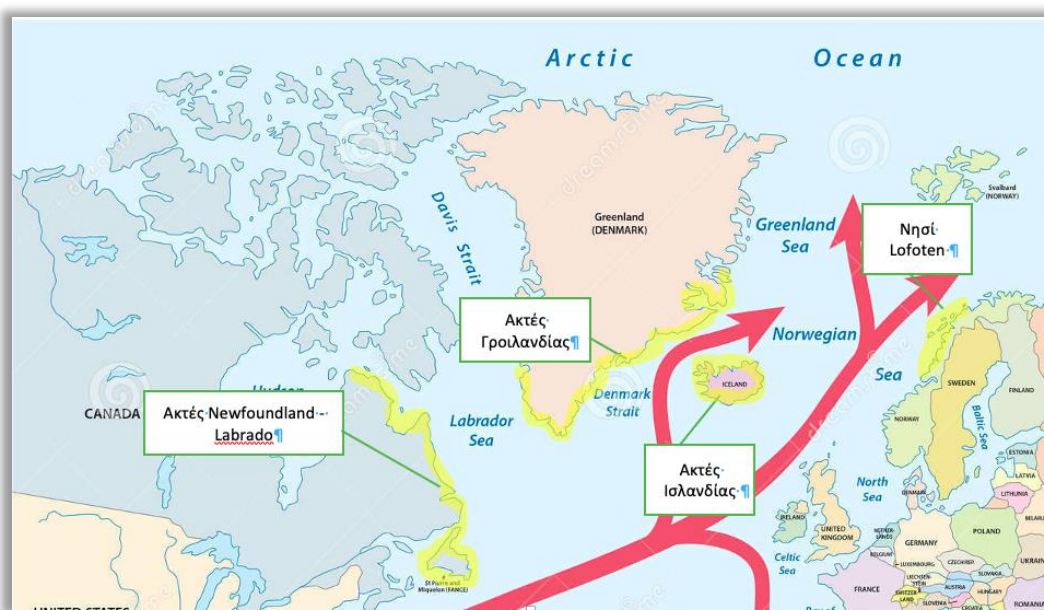


**Εικόνα 1.** Εξωτερική μορφολογία γαδιδών. Πηγή: <https://www.researchgate.net/profile/Matthew-Litvak/publication/287708282/figure/fig1/AS:486755678855168@1493063005455/Gadidae.png>

Τα είδη της οικογένειας Gadidae απαντούν κυρίως σε εύκρατα νερά του Βόρειου Ημισφαιρίου και σε θαλάσσιες περιοχές γύρω από τους πόλους. Μέλη της οικογένειας ανευρίσκονται στον Αρκτικό, τον Ατλαντικό και τον Ειρηνικό Ωκεανό. Αν και τα περισσότερα ζουν στη θάλασσα, ορισμένα είδη (όπως το *Gadus morhua*) ανέχονται χαμηλές αλατότητες και μπορεί να ανευρεθούν σε εκβολές ποταμών και σε γλυκά ύδατα. Τα περισσότερα είναι βενθικά ή βενθοπελαγικά και τρέφονται με ψάρια και ασπόνδυλα. Πολλά είδη πραγματοποιούν μεγάλες μεταναστεύσεις, ιδίως κατά την περίοδο της ωοτοκίας (Nelson et al., 2016).

Ο μπακαλιάρος του Ατλαντικού (*Gadus morhua*) κινδυνεύει με εξαφάνιση. Για την προστασία του είδους έχουν θεσπιστεί αυστηρά συστήματα διαχείρισης των αποθεμάτων, με κύριο στόχο να περιοριστεί η υπερεκμετάλλευση. Ο μπακαλιάρος

αλιεύεται στον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό, κυρίως σε μια θαλάσσια περιοχή που εκτείνεται από την Αμερική ως τη Βόρεια Ρωσία. Οι κυριότερες περιοχές αλιείας εντοπίζονται στις ακτές των Newfoundland-Labrador, της Γροιλανδίας, της Ισλανδίας και των νήσων Lofoten, στη Νορβηγία (Εικόνα 2). Η αλιεία του γάδου στα ψυχρά νερά πραγματοποιείται κυρίως με παραδοσιακές τράτες, με εξαίρεση την Ισλανδία, στην οποία πλέον του 40% της αλιευτικής παραγωγής γάδου πραγματοποιείται με μηχανότρατες (Oliveira et al., 2012).



**Εικόνα 2.** Κύρια αλιευτικά πεδία μπακαλιάρου του Ατλαντικού. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά την κίνηση του ρεύματος του Βόρειου Ατλαντικού. Πηγή: Επεξεργασία από χάρτη της ιστοσελίδας: <https://qr.dreamstime.com/απεικόνιση-αποθεμάτων-χάρτης-του-κό-που-και-του-ρεύματος-βόρειου-ατ-αντικού-στον-ατ-αντικό-image85068252>

Η αυξημένη ζήτηση μεταποιημένων προϊόντων μπακαλιάρου του Ατλαντικού έχει οδηγήσει στη δημιουργία εκτροφείων γάδου, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες της αγοράς. Σύμφωνα με τη Νορβηγική Διεύθυνση αλιείας, το 2009 η παραγωγή εκτρεφόμενου γάδου του Ατλαντικού (*Gadus morhua*) στη Νορβηγία, ήταν περίπου 20.000 μετρικοί τόνοι, με σημαντικά οφέλη για την αλιευτική βιομηχανία. Ωστόσο, εκφράζονται έντονοι προβληματισμοί, όσον αφορά την καλλιέργεια του ιχθυηρού, καθώς τα εκτρεφόμενα ψάρια έχουν την τάση να διαφεύγουν. Έχει υπολογιστεί ότι από το 2004 έως το 2009 έχουν διαφύγει περίπου 1,13 εκατομμύρια εκτρεφόμενοι γάδοι, δηλαδή το 1,1% της συνολικής παραγωγής των εκτροφείων. Εκφράζονται

φόβοι ότι τα ψάρια αυτά απειλούν την οικολογική ισορροπία, αφού είναι πιθανόν να διασταυρωθούν με άγριους γάδους και να μεταφέρουν άγνωστους παθογόνους μικροοργανισμούς από τα εκτροφεία στο φυσικό περιβάλλον. Επιπλέον, πιστεύεται ότι μπορεί να οδηγήσουν σε υπεραλίευση άλλων ειδών ψαριών, όπως ο σολομός (Uglen et al., 2011).

Σήμερα, τα αλατισμένα και αποξηραμένα προϊόντα μπακαλιάρου είναι πολύ δημοφιλή και παρουσιάζουν υψηλή ζήτηση, χάριν της απλότητας της επεξεργασίας που ακολουθείται κατά την παρασκευή τους. Ο αλίπαστος μπακαλιάρος είναι ένα προϊόν γνωστό σε πολλές περιοχές του κόσμου. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Νορβηγία και η Ισλανδία. Ωστόσο, η μεγαλύτερη κατανάλωση αυτών των προϊόντων σημειώνεται σε ευρωπαϊκές μεσογειακές χώρες, όπως η Πορτογαλία και η Ισπανία, αλλά και σε χώρες της Λατινικής Αμερικής. Οι ΗΠΑ φαίνεται επίσης να αποτελούν μια ταχέως ανερχόμενη αγορά για το προϊόν. Η ζήτηση αλατισμένου και αποξηραμένου γάδου έχει παρουσιάσει σημαντική αύξηση και σε χώρες της Νότιας Αφρικής που παρουσιάζουν οικονομική ανάπτυξη, όπως η Αγκόλα. Σύμφωνα με το Νορβηγικό Συμβούλιο Εξαγωγών (Norwegian Export Council), η κατανάλωση μεταποιημένων προϊόντων γάδου κατά το 2009 ξεπέρασε τις 150.000 μετρικούς τόνους, ενώ το 2014 η παραγωγή έφθασε τους 120.000 μετρικούς τόνους (Oliveira et al., 2012; Lorenzen et al., 2016).

Αρκετές βιομηχανίες επεξεργασίας ιχθυηρών, οι οποίες στοχεύουν στην παραγωγή έτοιμων-προς-μαγείρεμα προϊόντων γάδου, έχουν δείξει ενδιαφέρον για τον ξαρμυρισμένο αλίπαστο μπακαλιάρo, καθώς αποτελεί μια πιο οικονομική και βολική λύση, σε σχέση με το παραδοσιακά αποξηραμένο προϊόν. Εν προκειμένω, ο αλατισμένος μπακαλιάρος δεν υποβάλλεται σε ξήρανση, αλλά αποθηκεύεται σε συνθήκες ψύξης και καταναλώνεται αφού προηγουμένως υποβληθεί σε διαδικασία ενυδάτωσης και αφαλάτωσης («υγρός βακαλάος»). Στις αγορές των μεσογειακών χωρών ο βακαλάος πωλείται κυρίως ως αλίπαστο και ενδεχομένως αποξηραμένο προϊόν, με την περιεκτικότητα σε υγρασία να μην είναι σταθερή, αλλά να εξαρτάται άμεσα από την επεξεργασία της ξήρανσης που ακολουθήθηκε (Oliveira et al., 2012).

Κατά τη βιομηχανική επεξεργασία του μπακαλιάρου, ορισμένα τμήματα του ψαριού (π.χ., κεφάλι, σπλάχνα, δέρμα, οστά, πτερύγια) αποκόπτονται και μπορεί να



απορρίπτονται. Απορρίπτονται επίσης, ως ακατάλληλα, ολόκληρα ψάρια, τα οποία δεν ικανοποιούν τα ποιοτικά κριτήρια ή φέρουν αλλοιώσεις. Τα υποπροϊόντα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή συμπληρωμάτων διατροφής, για την παραγωγή ζωοτροφών (ιχθυαλεύρων) και ιχθυελαίου, αλλά και για την απομόνωση συστατικών (ένζυμα, πρωτεΐνες, βιοπολυμερή, βιοδραστικές ουσίες), τα οποία αξιοποιούνται στην παραγωγή ειδικών κατηγοριών προϊόντων, με υψηλή προστιθέμενη αξία (Sousa et al., 2019).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΑΤΙΣΗΣ ΤΟΥ ΓΑΔΟΥ

## 1.1. Εισαγωγή

Η τεχνική της αλάτισης αποτελεί μια από τις αρχαιότερες γνωστές μεθόδους επεξεργασίας τροφίμων που έχει χρησιμοποιηθεί παραδοσιακά για την παράταση της διάρκειας ζωής και τη μακρά διατήρηση πολλών αλιευτικών προϊόντων, μεταξύ των οποίων και οι γάδοι (Oliveira et al., 2012). Η ιδιότητα του μαγειρικού άλατος να συντηρεί τα τρόφιμα υπήρξε θεμελιώδης προσφορά στον πολιτισμό. Συνέβαλλε στην εξάλειψη της εξάρτησης από την εποχική διαθεσιμότητα ορισμένων προϊόντων και επέτρεψε τη μεταφορά και διάθεσή τους μακριά από τους τόπους παραγωγής. Σήμερα, τα αλίπαστα προϊόντα χρησιμοποιούνται κυρίως ως ευφραντικά, και ως εκ τούτου η τεχνολογία της αλάτισης χρησιμοποιείται περισσότερο για τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που προσδίδει στα προϊόντα, και λιγότερο για την επί μακρό διατήρηση των προϊόντων (Oliveira et al., 2012).

Η συντήρηση τροφίμων με αλάτιση βασίζεται κυρίως στις μικροβιοστατικές ιδιότητες του χλωριούχου νατρίου και στη δημιουργία δυσμενούς περιβάλλοντος για τους σαπροφυτικούς οργανισμούς. Η προσθήκη μαγειρικού άλατος προστατεύει το ιχθυηρό από αλλοιώσεις, δεδομένου ότι μπορεί να προκαλέσει μείωση της ενεργότητας ύδατος ( $a_w$ ) των ιστών σε τέτοιο επίπεδο, ώστε να ανασταλεί η βακτηριακή ανάπτυξη και να περιοριστούν δραστικά οι ενζυμικές (αυτολυτικές) διαδικασίες. Ο αλίπαστος μπακαλιάρος που έχει υποβληθεί σε έντονη επεξεργασία αλάτισης (και ενδεχομένως αφυδάτωσης) έχει τιμή ενεργότητα ύδατος που συνήθως κυμαίνεται από 0,70 έως 0,75 (Λουγκοβόης, 2019). Στη διάρκεια της αλάτισης λαμβάνουν χώρα φαινόμενα ανταλλαγής ύλης (άλατος και ύδατος) μεταξύ του ιχθυηρού που υποβάλλεται σε επεξεργασία και της αλατοδιάλυσης που το περιβάλλει. Τα φαινόμενα αυτά πραγματοποιούνται με τη διαδικασία της διάχυσης, κατά την οποία οι ιστοί παραχωρούν νερό στην άλμη (αφυδάτωση), ενώ παράλληλα προσλαμβάνουν αλάτι. Το τελευταίο, διαχεόμενο στο πρωτόπλασμα, μέσω των κυτταρικών τοιχωμάτων, μεταβάλλει τα κυτταρικά υγρά σε πυκνή αλατοδιάλυση, μειώνοντας την ποσότητα του νερού που είναι διαθέσιμο για να υποστηρίξει τη μικροβιακή ανάπτυξη. Όταν χρησιμοποιείται ξηρό αλάτι, η υγρασία στην επιφάνεια

του ψαριού διαλύει μέρος του άλατος και σχηματίζει κορεσμένη άλμη, η οποία ενεργοποιεί τα φαινόμενα ώσμωσης-διάχυσης. Ο τεμαχισμός του ιχθυηρού, πριν την αλάτιση, με σκοπό την παραλαβή φιλέτων και την απομάκρυνση του δέρματος, μπορεί να αυξήσει το ρυθμό διάχυσης του άλατος στους ιστούς του ψαριού, έως και 100 φορές (Oliveira et al., 2012).

## 1.2. Μέθοδοι αλάτισης

Η αλάτιση του γάδου πραγματοποιείται κυρίως με τις ακόλουθες τεχνικές: Ξηρή αλάτιση (χρήση χονδρόκοκκου κρυσταλλικού άλατος), υγρή αλάτιση (χρήση αλατοδιάλυσης, άλμης), έγχυση άλμης στους ιστούς του ιχθυηρού. Οι τεχνικές αυτές μπορούν να συνδυάζονται, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας ή και τη μείωση του κόστους παραγωγής. Αν και η ξηρή αλάτιση αποτελεί ίσως την ευρύτερα εφαρμοζόμενη βιομηχανική μέθοδο επεξεργασίας των γάδων, συχνά η αλάτιση πραγματοποιείται σε δύο διαδοχικά στάδια, με το αρχικό να περιλαμβάνει χρήση άλμης, ακολουθούμενο από ξηρή αλάτιση για την ολοκλήρωση της διαδικασίας (Nguyen et al., 2010). Η διάχυση νερού και άλατος εκατέρωθεν των κυτταρικών μεμβρανών εξασφαλίζει ότι η περιεκτικότητα των ιστών σε υγρασία θα μειωθεί, ενώ η περιεκτικότητα σε αλάτι θα αυξηθεί (Gallart-Jornet et al., 2007). Το αρχικό επίπεδο υγρασίας των μυών του νωπού ιχθυηρού ανέρχεται συνήθως σε 80-82% (w/w, wet basis), ενώ μετά την ολοκλήρωση της παραδοσιακής διαδικασίας αλάτισης μειώνεται σε 54%, περίπου (Oliveira et al., 2012).

### 1.2.1. Ξηρή αλάτιση

Κατά την ξηρή αλάτιση, τα εκσπλαχνισμένα ψάρια ανοίγονται στα δυο, με κατάλληλη τομή κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης, και τα πεπλατυσμένα σαν φύλλα σώματα στοιβάζονται με την πλευρά του δέρματος προς τα κάτω, σε σωρούς που εναλλάσσονται με στρώσεις χονδρόκοκκου άλατος, για να αλατιστούν και να ωριμάσει η σάρκα. Η διαδικασία πραγματοποιείται σε ειδικούς περιέκτες μεγάλης χωρητικότητας που επιτρέπουν την έκθεση του ιχθυηρού στον ατμοσφαιρικό αέρα. Συνήθως, μετά από μια ή δυο βδομάδες τα ψάρια στοιβάζονται με προσθήκη νέας ποσότητας άλατος, συχνά λεπτόκοκκου. Το νερό που εξέρχεται από τους ιστούς στη διάρκεια της αλάτισης, διαλύει μέρος της περίσσειας του άλατος και σχηματίζει

άλμη, η οποία δεν παραμένει σε επαφή με το προϊόν, αλλά απομακρύνεται με αποστράγγιση (Oliveira et al., 2012). Η πίεση που προκύπτει κατά τη διάρκεια της ξηρής αλάτισης, λόγω της στοιβασίας των ψαριών, μπορεί να βελτιώσει την κινητική της διαδικασίας, επιταχύνοντας τα φαινόμενα ανταλλαγής ύλης. Σε βιομηχανικό επίπεδο, οι στρώσεις που δημιουργούνται είναι υψηλές, με αποτέλεσμα τα κατώτερα στρώματα του ψαριού να δέχονται υψηλές πιέσεις από τα ανώτερα. Η μείωση του ύψους των στοιβάδων μειώνει την ασκούμενη πίεση και οδηγεί σε υψηλότερες αποδόσεις. Η ξηρή αλάτιση του γάδου διαρκεί από 2 έως 8 βδομάδες, ανάλογα με το πάχος του δέρματος του ψαριού και τον επιδιωκόμενο βαθμό ωρίμανσης. Στη διάρκεια της διαδικασίας αναπτύσσονται ορισμένα από τα βασικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (εμφάνιση, γεύση) και διαμορφώνεται η τελική του σύσταση (Oliveira et al., 2012).

### *1.2.2 Αλάτιση με χρήση άλμης – Συνδυασμός υγρής και ξηρής αλάτισης*

Για την αλάτιση του γάδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η υγρή διαδικασία, με τη βοήθεια άλμης. Το εκσπλαχνισμένο και κατάλληλα προετοιμασμένο ιχθυρό εμβαπτίζεται σε άλμη περιεκτικότητας 15-20% (w/w, NaCl), όπου παραμένει μέχρις ότου αποκατασταθεί ισορροπία. Η διαδικασία πραγματοποιείται υπό ψύξη. Με τη διαδικασία αυτή, η διάρκεια συντήρησης του προϊόντος είναι πολύ περιορισμένη και για τον λόγο αυτόν, ακολουθεί ξήρανση του προϊόντος ή συνδυασμός της υγρής με ξηρή αλάτιση. Η ποσότητα άλατος που διαχέεται στους ιστούς του ψαριού εξαρτάται από παράγοντες, όπως η συγκέντρωση της άλμης, το σχήμα και το μέγεθος του προϊόντος, η αναλογία ψαριών – άλμης και η διάρκεια της αλάτισης. Παραδοσιακά, η διαδικασία της υγρής αλάτισης του γάδου περιλαμβάνει 1) καθαρισμό-τεμαχισμό των ψαριών και παραλαβή των φιλέτων, 2) επεξεργασία σε άλμη για 5-7 ημέρες και 3) ξηρή αλάτιση και ωρίμανση για 10 περίπου ημέρες.

Ο συνδυασμός υγρής και ξηρής αλάτισης είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στη βιομηχανία της Ισλανδίας, όπου τα στάδια επεξεργασίας που ακολουθούνται έχουν ως εξής: Αρχικά, ο γάδος εμβαπτίζεται για 24-96 ώρες σε άλμη περιεκτικότητας  $17 \pm 1\%$  σε χλωριούχο νάτριο. Μετά την ολοκλήρωση της υγρής αλάτισης, τα ψάρια απομακρύνονται από την άλμη και τοποθετούνται εναλλάξ με λεπτές στρώσεις

άλατος σε στοίβες ύψους ενός μέτρου ή σε πλαστικούς περιέκτες, όπου οι στοίβες έχουν ύψος 30-40 cm. Το στάδιο της ξηρής αλάτισης διαρκεί περίπου 10-12 ημέρες και στη διάρκεια αυτού του διαστήματος τα φιλέτα μπορεί να αλλάζουν θέση εντός της στοίβας, ώστε να εξισορροπείται η πίεση που ασκείται σε καθένα από αυτά. Η κύρια διαφορά ανάμεσα στις δυο τεχνικές (στοίβες ύψους ενός μέτρου ή 30 έως 40 cm) είναι η πίεση που ασκείται στα φιλέτα των κατώτερων στρωμάτων.

Η αρχική διαδικασία εμβάπτισης του γάδου σε άλμη δίνει επαρκή χρόνο στους ιστούς των ψαριών να απορροφήσουν σημαντική ποσότητα άλατος, γεγονός που μειώνει το συνολικό χρόνο της αλάτισης και αυξάνει την απόδοση βάρους της διαδικασίας. Η μεταφορά άλατος από την άλμη στο ιχθυηρό και η μεταφορά νερού από το ιχθυηρό στην άλμη είναι μια εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία, στην οποία εμπλέκονται διάφοροι μηχανισμοί μεταφοράς μάζας. Σημαντικότερος μεταξύ αυτών φαίνεται να είναι ο μηχανισμός της διάχυσης, ο οποίος ενεργοποιείται από τις διαφορές των συγκεντρώσεων άλατος και των ωσμωτικών πιέσεων μεταξύ ιστών του ψαριού και άλμης, αλλά και από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις άλατος που δημιουργούνται μεταξύ διαδοχικών στιβάδων εντός του ίδιου του μυϊκού ιστού. Τα φαινόμενα διάχυσης επηρεάζονται επίσης σε μεγάλο βαθμό από τις μεταβολές της φυσικοχημικής κατάστασης των μυϊκών πρωτεϊνών, οι οποίες υφίστανται σταδιακή μετουσίωση, με ταυτόχρονη δημιουργία συσσωματωμάτων (Nguyen et al., 2010). Ως εκ τούτου, η διαδικασία της αλάτισης που ακολουθείται έχει σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση των δομικών και μηχανικών ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της υγρής αλάτισης είναι η συγκέντρωση και η θερμοκρασία της άλμης, η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε λίπος, το αρχικό βάρος των τεμαχίων ψαριού και η παρουσία ή απουσία δέρματος (Nguyen et al., 2010).

### *1.2.3. Έγχυση άλμης*

Η μηχανές έγχυσης άλμης διαθέτουν συστοιχίες από βελόνες αυτόματης λειτουργίας, οι οποίες εγχέουν κορεσμένη άλμη στο ιχθυηρό. Με τη διαδικασία αυτή, το αλάτι εισάγεται και διαχέεται στους ιστούς με μηχανική ώθηση υπό υψηλή πίεση, γεγονός που αυξάνει την ταχύτητα της διαδικασίας. Επιπλέον, το γεγονός ότι η άλμη

εισάγεται ταυτόχρονα από πολλαπλά σημεία, εξασφαλίζει ομοιομορφία στη κατανομή του άλατος στους ιστούς. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι βελόνες από τις οποίες διαβιβάζεται η κορεσμένη άλμη εισέρχονται στην εσωτερική επιφάνεια των φιλέτων, έως το δέρμα. Η μηχανή αυτόματης έγχυσης ρυθμίζει την πίεση με την οποία πραγματοποιείται η διαδικασία, καθώς και τον αριθμό των εγχύσεων που πραγματοποιούνται σε κάθε φιλέτο (Oliveira et al., 2012). Με τη μέθοδο αυτή, η αρχική αλατότητα των νωπών φιλέτων γάδου (περίπου 0,15%) αυξάνεται σε 2-5%. Μετά από αυτό το στάδιο, ο γάδος μπορεί να υποστεί επεξεργασία και να ωριμάσει σε άλμη κατάλληλης συγκέντρωσης.

### 1.3. Τεχνολογία παραγωγής αλίπαστου βακαλάου

Οι διαδικασίες παραγωγής αλίπαστου βακαλάου περιλαμβάνουν επιλογή και προετοιμασία της πρώτης ύλης, αλάτιση, ωρίμανση του προϊόντος, ποιοτική διαβάθμιση και συσκευασία.

*Προετοιμασία των γάδων:* Για την παραγωγή προϊόντων ανώτερης ποιότητας είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται νωπά ψάρια προσφάτου αλιείας, τα οποία έχουν διατηρηθεί ανελλιπώς σε πάγο, από τη στιγμή της αλίευσης. Αρχικά γίνεται αποκεφαλισμός και εκσπλαχνισμός, διαχωρισμός των φιλέτων και ενδεχομένως τεμαχισμός σε μικρότερα τεμάχια, και ακολουθεί προσεκτικό πλύσιμο είτε με τρεχούμενο πόσιμο νερό είτε με καθαρό θαλασσινό νερό. Κατά το στάδιο της προετοιμασίας απομακρύνονται προσεκτικά ακαθαρσίες, αίμα και υπολείμματα εντοσθίων.

*Αλάτιση:* Ακολουθείται μια από τις τεχνικές αλάτισης που έχουν αναφερθεί ανωτέρω (ξηρή αλάτιση, αλάτιση με άλμη ή με έγχυση άλμης) ή συνδυασμός αυτών των τεχνικών. Τα φιλέτα τοποθετούνται σε βαρέλια ή πλαστικούς περιέκτες με το δέρμα προς τα κάτω, σε εναλλασσόμενες στρώσεις άλατος–ψαριών. Με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται ελάττωση του όγκου των ψαριών και μείωση του ύψους της στοιβάδας, λόγω αποβολής νερού και ζυμώσεων που λαμβάνουν χώρα.

*Ωρίμανση:* Η διαδικασία της ωρίμανσης αρχίζει μετά την ολοκλήρωση της αλάτισης και πραγματοποιείται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, ανάλογα με την ποσότητα του άλατος που έχει προσροφήσει η σάρκα. Η ωρίμανση του προϊόντος

είναι αποτέλεσμα αυτολυτικών, κυρίως, διεργασιών από ένζυμα των ιστών. Τα πρωτεϊνικά μόρια υφίστανται αποικοδόμηση, στην οποία συμμετέχουν ενεργά και τα πρωτεολυτικά ένζυμα αλόφιλων βακτηρίων. Ο χρόνος που απαιτείται για την ωρίμανση είναι 3 έως 6 εβδομάδες.

*Αποθήκευση – Ποιοτική διαβάθμιση – Συσκευασία:* Μετά την ολοκλήρωση των διαδικασιών της ωρίμανσης, το προϊόν υποβάλλεται σε ποιοτική διαβάθμιση και μπορεί να συσκευάζεται κατάλληλα, ανάλογα με τις απαιτήσεις των αγορών για τις οποίες προορίζεται. Τα τελικά προϊόντα αποθηκεύονται σε χώρους ελεγχόμενης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, έτοιμα να διατεθούν στην αγορά.

#### 1.4. Παράγοντες που επιδρούν στην αλάτιση του γάδου

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius (2020), η διάχυση του άλατος στους ιστούς του ψαριού είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που εξαρτάται από παράγοντες, όπως η σύσταση του ιχθυηρού (ιδίως η περιεκτικότητα σε λιπίδια), η θερμοκρασία στην οποία γίνεται η επεξεργασία της αλάτισης και η μέθοδος που εφαρμόζεται, η ποσότητα και χημική σύσταση του άλατος, και η συγκέντρωση της άλμης (FAO & WHO, 2020).

##### 1.4.1. Σύσταση του άλατος

Η χημική σύσταση και το μικροβιακό φορτίο του άλατος είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα του αλατισμένου γάδου. Το αλάτι στη φύση απαντά σε δυο μορφές, ως θαλάσσιο ή ορυκτό. Η σύνθεσή του διαφέρει ανάλογα με την προέλευση και την επεξεργασία που υφίσταται (εξάτμιση θαλάσσιου νερού, εξόρυξη από υπόγειες εναποθέσεις αλατωρυχείων, κατεργασία υπό κενό, κρυστάλλωση από άλμη). Η ποιότητα του αλατιού που χρησιμοποιείται για τη συντήρηση των ψαριών καθορίζεται, σε μεγάλο βαθμό, από τις ξένες ουσίες που υπάρχουν σε αυτό (θειικό μαγνήσιο, θειικό νάτριο, θειικό ασβέστιο, ίχνη βρωμίου, ιωδίου, κλπ.). Οι ουσίες αυτές επηρεάζουν τη γεύση και την ταχύτητα διεύδυσης του άλατος στους ιστούς του ψαριού. Το μικροβιακό φορτίο του άλατος αποτελεί επίσης σημαντική παράμετρο, όσον αφορά την ποιότητα των τελικών προϊόντων. Σε αντίθεση με το ορυκτό αλάτι που μπορεί να είναι απαλλαγμένο μικροοργανισμών, το

θαλασσινό αλάτι μπορεί να φέρει μεγάλο αριθμό αλλοιογόνων μικροοργανισμών (αλόφιλα βακτήρια ή μύκητες) που επιβιώνουν στις ξηρές συνθήκες και μπορούν να αποβούν ζημιογόνοι για την ασφάλεια και ποιότητα του γάδου (Oliveira et al., 2012).

Το αλάτι που χρησιμοποιείται στην τεχνολογία ιχθυηρών προέρχεται ως επί το πλείστον από την εξάτμιση θαλασσινού νερού και πρέπει να είναι λευκό, απαλλαγμένο από ξένες προσμίξεις και να μην περιέχει περισσότερο από 11% θειικά άλατα και 1% χλωριούχο μαγνήσιο. Όταν οι ανωτέρω ενώσεις βρίσκονται σε μεγαλύτερα ποσοστά, το αλάτι καθίσταται πικρό και επηρεάζει δυσμενώς τις οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος (Oliveira et al., 2012). Το χλωριούχο νάτριο (NaCl) αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό του μαγειρικού άλατος και είναι εκείνο που συμβάλλει σημαντικά στη μικροβιολογική σταθερότητα και ασφάλεια του τελικού προϊόντος, καθώς και στη διαμόρφωση της υφής και άλλων χαρακτηριστικών της σάρκας. Η περιεκτικότητα των κατιόντων ασβεστίου ( $Ca^{2+}$ ) και μαγνησίου ( $Mg^{2+}$ ) στο θαλασσινό αλάτι μπορεί να κυμαίνεται από 0,1-1,5% (w/w). Οι ενώσεις αυτές συμβάλλουν στη διαμόρφωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του γάδου, ιδίως στη βελτίωση της χροιάς και της υφής του. Τα χλωριούχα άλατα ασβεστίου και μαγνησίου εμποδίζουν το κιτρίνισμα της σάρκας του αποξηραμένου – αλατισμένου γάδου, προσφέροντας πιο λευκωπή εμφάνιση που κάνει το προϊόν ελκυστικότερο για τον καταναλωτή, ενώ ταυτόχρονα ενισχύουν την ανθεκτικότητά του σε αλλοιώσεις.

Τα ιόντα ασβεστίου συμβάλλουν, τόσο στη μικροβιακή σταθερότητα, όσο και στη φωτεινότητα της σάρκας του γάδου, ενώ τα ιόντα μαγνησίου συμβάλλουν μόνο στη σταθερότητα του προϊόντος. Η δράση των ιόντων ασβεστίου ( $Ca^{2+}$ ) φαίνεται να οφείλεται στην ικανότητά τους να δημιουργούν σύμπλοκα με τις πρωτεΐνες και να προκαλούν μετουσίωση και καθίζηση των πρωτεϊνικών μορίων. Η διατήρηση της λευκωπής χροιάς της σάρκας του αλίπαστου μπακαλιάρου, λόγω της παρουσίας ασβεστίου, μπορεί να ερμηνευτεί, είτε από την αυξημένη καθίζηση πρωτεϊνών, είτε από την αλληλεπίδραση που αναπτύσσεται μεταξύ των κατιόντων ασβεστίου και του μυϊκού ιστού του ιχθυηρού. Η συγκέντρωση αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου που απαιτείται για την παραγωγή μικροβιολογικά σταθερών αλίπαστων προϊόντων, τα οποία παρουσιάζουν λευκωπή χροιά και ελάχιστη απώλεια πρωτεϊνών, εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 800 mg/kg και 400 mg/kg, αντίστοιχα (Oliveira et al., 2012).



Σύμφωνα με άλλες απόψεις, η ποιότητα του τελικού προϊόντος επηρεάζεται θετικά όταν η συγκέντρωση των αλάτων ασβεστίου δεν υπερβαίνει το 0,3%. Αντίθετα, όταν η συγκέντρωσή τους υπερβεί αυτή την τιμή, η σάρκα κινδυνεύει να αποκτήσει υπερβολική σκληρότητα και να καταστεί έντονα συμπαγής. Γενικά είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων των αλκαλικών γαιών μπορεί να προκαλέσουν σκλήρυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων των ιστών και μείωση του ρυθμού διείδυσης του άλατος σε τέτοιο βαθμό που μπορεί να καταστήσει το προϊόν ευαλλοίωτο, λόγω της επιβράδυνσης του ρυθμού διάχυσης του άλατος. Πιστεύεται, ότι οι μικρές ποσότητες ασβεστίου και μαγνησίου είναι ωφέλιμες στην παρεμπόδιση ενζυμικών διεργασιών που μπορούν να υποβαθμίσουν το προϊόν. Για καλύτερα αποτελέσματα έχει προταθεί η χρήση άλατος που περιέχει 0,15-0,3% χλωριούχο ασβέστιο και 0,05-0,15% χλωριούχο μαγνήσιο. Συγκεντρώσεις αλάτων μαγνησίου μεγαλύτερες του 0,15% είναι δυνατόν να αλλοιώσουν τη γεύση του αλίπαστου προϊόντος, προσδίδοντας πικρότητα (Oliveira et al., 2012).

Σχετικές μελέτες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μερική αντικατάσταση του χλωριούχου νατρίου (σε ποσοστό 50%) με χλωριούχο κάλιο, σε άλμη με pH 6,5, μειώνει τη διείδυση των ιόντων νατρίου στον μυϊκό ιστό του μπακαλιάρου, όπως συμβαίνει με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων χλωριούχου ασβεστίου (0,8%) ή και χλωριούχου μαγνησίου (0,4%). Στην περίπτωση του τελευταίου, μια πιθανή εξήγηση είναι το γεγονός ότι το κατιόν μαγνησίου δεσμεύεται ισχυρότερα από τις πρωτεϊνικές πολικές ομάδες, ενισχύοντας τις πρωτεϊνικές αλληλεπιδράσεις και εμποδίζοντας τη διείδυση του άλατος. Η μείωση των επιπέδων NaCl και η αντικατάστασή του από KCl δεν επηρεάζει σημαντικά τις τεχνολογικές παραμέτρους της απόδοσης ή της ικανότητας συγκράτησης νερού και καθιστά το προϊόν πιο αποδεκτό. Ωστόσο, σε αναλογία μεγαλύτερη του 50%, το χλωριούχο κάλιο μπορεί να εξασθενήσει τη γεύση και να την κάνει πικρή (Oliveira et al., 2012).

Η εμφάνιση μεταλλικής γεύσης είναι επίσης μια ποιοτική απόκλιση που έχει συσχετιστεί με τη χρήση υποκατάστατων άλατος που έχουν ως βάση το χλωριούχο κάλιο. Μια μελέτη (Rodrigues et al., 2005) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι για την αλάτιση του μπακαλιάρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί χλωριούχο ασβέστιο (0,8% w/w), χλωριούχο μαγνήσιο (0,4% w/w) και χλωριούχο κάλιο (50%), χωρίς να

επηρεαστεί αρνητικά η μικροβιολογική και οργανοληπτική ποιότητα του προϊόντος. Άλμες με σύνθετες pH ( $\approx 6,5$ ), οι οποίες περιέχουν χλωριούχο μαγνήσιο και χλωριούχο κάλιο, μπορεί να προκαλέσουν μικρή αύξηση στην ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η προσθήκη χλωριούχου μαγνησίου σε αναλογία 0,129 g ανά 100 ml άλμης μπορεί να ευνοήσει τη μικροβιακή ανάπτυξη και την παραγωγή τριμεθυλαμίνης. Γενικά, οι μεταβολές που μπορεί να προκύψουν στη σύσταση ή και το pH της άλμης που χρησιμοποιείται πριν την ξηρή αλάτιση φαίνεται να έχει μικρή επίδραση, τόσο στη σύσταση των ιστών του ψαριού, όσο και στις μεταβολές λειτουργικών ιδιοτήτων των μυϊκών πρωτεϊνών λόγω μετουσίωσης, οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητά τους στο αφαλατωμένο προϊόν. Επιπλέον, η σύσταση του αλατος και το pH της άλμης μπορούν να επηρεάσουν οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως η γεύση, η οσμή και το χρώμα του αφαλατωμένου και μαγειρεμένου προϊόντος (Rodrigues et al., 2005). Οι αλλαγές που προκαλεί η αλάτιση επηρεάζουν τα φαινόμενα ανταλλαγής ύλης και τη διάρκεια των διαδικασιών της ξήρανσης και αφαλάτωσης του προϊόντος που ακολουθούν, αλλά και τις οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

Ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο κατά το στάδιο της ξηρής αλάτισης αποτελεί και το μέγεθος του κόκκου του χρησιμοποιούμενου αλατος. Η χρήση πολύ λεπτών κόκκων αλατος μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό συσσωματωμάτων, πράγμα που δεν είναι ευνοϊκό για την εξασφάλιση ομοιόμορφης κατανομής του αλατιού στο προϊόν. Εξάλλου, η χρήση χονδρόκοκκου αλατος κατά την αλάτιση θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη στη σάρκα του γάδου και να μειώσει τον ρυθμό ωρίμανσής του. Ως εκ τούτου, για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων, συνηθίζεται να γίνεται χρήση μίγματος αλάτων, διαφορετικής διαμέτρου κόκκων. Οι μικρότεροι κόκκοι διαλύονται ευκολότερα και οι χονδροί κόκκοι επιτρέπουν καλύτερη ροή υγρών. Έτσι, εκτός από τη διάλυση και τη διείδυση στους ιστούς, το αλάτι θα απορροφήσει νερό από τη σάρκα, επιτρέποντας αποτελεσματική συντήρηση του ιχθυηρού, δηλαδή θα επιτύχει ταυτόχρονα αλάτιση και ξήρανση του ιχθυηρού. Συνήθως, η χρήση μίγματος που αποτελείται από 1/3 λεπτόκοκκου αλατος και 2/3 χονδρόκοκκου αλατος, δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα (Rodrigues, 2006).

#### *1.4.2. Ποιότητα και προετοιμασία της πρώτης ύλης*

Για την παραγωγή ποιοτικών και ασφαλών προϊόντων είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται πρώτη ύλη, η οποία βρίσκεται σε άριστη κατάσταση φρεσκότητας και δέχεται κατάλληλη προετοιμασία, πριν υποβληθεί στην κυρίως επεξεργασία. Οι διαδικασίες προετοιμασίας του ιχθυηρού για αλάτιση και ξήρανση περιλαμβάνουν αποκεφαλισμό, εκσπλαχνισμό, αφαίμαξη, πλύσιμο της σπλαχνικής κοιλότητας για την πλήρη απομάκρυνση του ήπατος, του εντερικού σωλήνα και των αποκολλημένων τμημάτων του περιτόναιου, και διάνοιξη του ιχθυηρού κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης. Μετά το πλύσιμο, τα ψάρια αφήνονται να στραγγίσουν. Η εκδορά μεγάλων ψαριών, ο τεμαχισμός τους σε φέτες ή φιλέτα πάχους όχι μεγαλύτερου των 4 cm και η τριβή των επιφανειών που κόπηκαν με λεπτόκοκκο αλάτι, ώστε να επιταχυνθούν τα φαινόμενα διάχυσης, επιταχύνουν την αλάτιση και συμβάλλουν στην ομοιόμορφη κατανομή του άλατος στους ιστούς του ψαριού (Λουγκοβόης, 2019). Ο ρυθμός με τον οποίο εξελίσσονται τα φαινόμενα ανταλλαγής ύλης (πρόσληψη άλατος από το ψάρι και ταυτόχρονη αποβολή νερού) καθορίζει τον απαιτούμενο χρόνο επεξεργασίας και ρυθμίζεται, σε μεγάλο βαθμό, από το μέγεθος του ιχθυηρού, το πάχος του δέρματος και την περιεκτικότητα της σάρκας σε λιπίδια.

#### *1.4.3. Σύσταση των ψαριών*

Η χημική σύσταση του μπακαλιάρου δεν είναι σταθερή. Ποικίλλει μεταξύ ειδών, αλλά και μεταξύ μεμονωμένων ατόμων που ανήκουν στο ίδιο είδος. Ακόμη και στο ίδιο ψάρι, η σύσταση μεταβάλλεται ανάλογα με την ανατομική θέση, δηλαδή το τμήμα του σώματος που αναλύεται. Συνολικά, οι παράγοντες που οδηγούν στις διακυμάνσεις είναι το είδος και το φύλο του ψαριού, το περιβάλλον ανάπτυξης και κατ' επέκταση η διάθεση και πρόσληψη τροφής, η εποχή του έτους, η ηλικία και η φυσιολογική κατάσταση του ιχθυηρού (προ ή μετά την ωοτοκία). Η μέση σύσταση των μυών του γάδου περιλαμβάνει 78-83% νερό, 15-19% πρωτεΐνη, 0,1-0,9% λιπίδια και 1,2% τέφρα (Huss, 1995).

Η συγκέντρωση των λιπιδίων παρουσιάζει τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις. Τα λιπίδια των ψαριών διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: φωσφολιπίδια και τριακυλογλυκερόλες (τριγλυκερίδια). Τα φωσφολιπίδια εμπλέκονται στο σχηματισμό

των κυτταρικών μεμβρανών και συχνά αναφέρονται ως δομικά λιπίδια. Αποτελούν συστατικά της εξωτερικής κυτταρικής μεμβράνης, των μεμβρανών που σχηματίζει το ενδοπλασματικό δίκτυο, καθώς και των διαφόρων οργανιδίων (π.χ. μιτοχόνδρια). Τα τριγλυκερίδια (αποθεματικό λίπος) λειτουργούν ως πηγή ενέργειας. Συσσωρεύονται σε λιποκύτταρα, τα οποία περιβάλλονται από μια μεμβράνη φωσφολιπιδικής φύσης και από ένα ισχύο δίκτυο κολλαγόνου, και είναι διασκορπισμένα σε όλη τη μυϊκή δομή του ψαριού (Huss, 1995).

Οι λευκοί μύες του γάδου έχουν περιεκτικότητα σε λιπίδια μικρότερη από 1%. Σχεδόν το 90% αυτών των λιπιδίων είναι φωσφολιπίδια και περιλαμβάνουν περίπου 69% φωσφατιδυλοχολίνη, 19% φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη και 5% φωσφατιδυλοσερίνη. Άπαχα ψάρια, όπως οι γάδοι, περιέχουν επίσης χοληστερόλη, η οποία μπορεί να αντιπροσωπεύει έως και 6% του ολικού περιεχομένου σε λιπίδια (Huss, 1995). Το λίπος λειτουργεί ως περιοριστικός παράγοντας στη διάχυση νερού και NaCl κατά τις διαδικασίες της αλάτισης και ξήρανσης του μπακαλιάρου. Η παρεμπόδιση που ασκεί το λίπος οφείλεται στο γεγονός ότι τα λιπίδια είναι υδρόφοβα και, ως εκ τούτου, αποτελούν ένα φυσικό εμπόδιο που δυσχεραίνει τη μεταφορά χλωριούχου νατρίου και νερού. Επίσης, περιορίζουν την υδατική φάση που λειτουργεί ως φορέας για τη μεταφορά μάζας. Οι Gallart-Jornet et al. (2007) πραγματοποίησαν μελέτη στην οποία προσπάθησαν να αξιολογήσουν την επίδραση του λίπους στη διαδικασία αλάτισης. Μελέτησαν τις διαφορές που παρουσιάζονται στη μεταφορά μάζας (NaCl – νερού) σε δυο είδη ψαριών με διαφορετική συγκέντρωση λίπους: τον γάδο, ο οποίος θεωρείται άπαχο ψάρι (αρχική περιεκτικότητα λιπιδίων περίπου 0,5%) και τον σολομό που αποτελεί λιπαρό ψάρι (αρχική περιεκτικότητα λιπιδίων περίπου 12%). Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν άλμες δυο διαφορετικών συγκεντρώσεων, 15% (w/w) και 25% (w/w) (κορεσμένη άλμη). Η μελέτη έδειξε σαφείς επιδράσεις της συγκέντρωσης στη διαδικασία της αλάτισης, με την αραιότερη άλμη να έχει υψηλότερη απόδοση, σε σύγκριση με την κορεσμένη άλμη. Επιπλέον, υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της αλάτισης σολομού (μεγάλη περιεκτικότητα σε λίπος) και της αλάτισης γάδου, παρά το γεγονός ότι εφαρμόστηκε η ίδια μέθοδος αλάτισης. Ειδικότερα, ο γάδος έδωσε υψηλότερες τιμές ρυθμού διάχυσης, συγκριτικά με τον σολομό (Gallart-Jornet et al, 2007).

#### 1.4.4. Μέθοδος αλάτισης

Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την κατάταξη των φερόμενων στην αγορά προϊόντων αλίπαστου βακαλάου σε βαθμίδες ποιότητας έχουν δείξει ότι η μέθοδος αλάτισης μπορεί να σχετίζεται με την πρόκληση ορισμένων δυσμενών μεταβολών στο χρώμα και την εμφάνιση του γάδου. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η υπερβολικά υψηλή αρχική συγκέντρωση άλατος στην άλμη μπορεί να δράσει αρνητικά στο τελικό προϊόν και ότι η απόδοση βάρους και η ποιότητα βελτιώνεται με τη χρήση άλμης μικρότερης συγκέντρωσης άλατος. Η διαδικασία αλάτισης με άλμη πρέπει να πραγματοποιείται σε θερμοκρασία έως 25°C. Η συγκέντρωση της άλμης έχει πολύ σημαντική επίδραση στις μεταβολές βάρους του γάδου κατά την αλάτιση, αφού η συγκέντρωση άλατος στην άλμη επηρεάζει την ταχύτητα διάχυσης στους ιστούς και την ποσότητα του νερού και των πρωτεϊνών που εξάγονται από αυτούς. Όταν η συγκέντρωση άλατος στην άλμη υπερβαίνει το 13-15%, ειδικά στα αρχικά στάδια της επεξεργασίας, ο μπακαλιάρος απορροφά αλάτι και χάνει νερό (Oliveira et al., 2012).

Σύμφωνα με τους Nguyen et al. (2010), μια περιεκτικότητα άλμης 15% (w/w) δείχνει να αποτελεί την κρίσιμη τιμή που διαχωρίζει δυο διαφορετικές καταστάσεις, ήτοι την ενυδάτωση από την αφυδάτωση του ιχθυηρού στην άλμη. Σε μελέτη που πραγματοποίησαν, αξιολόγησαν την επίδραση άλμης διαφορετικών συγκεντρώσεων (6%, 15%, 18% και 24%, w/w) στη μεταφορά μάζας (νερού και άλατος), κατά την αλάτιση γάδου (Nguyen et al., 2010). Η άλμη περιεκτικότητας 6% (w/w) οδήγησε σε ενυδάτωση των δειγμάτων γάδου και σε υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού από τους ιστούς, πιθανότατα λόγω της αυξημένης διαλυτότητας των μυϊκών πρωτεϊνών στα αραιά διαλύματα αλάτων. Αντίθετα, σε συγκεντρώσεις άλατος μεγαλύτερες του 1 M (5,8%, w/w), παρατηρήθηκε συσσωμάτωση των μυϊκών πρωτεϊνών (κροκίδωση), με αποτέλεσμα την αποβολή νερού από τον μυϊκό ιστό. Σε συγκέντρωση άλμης 15% (w/w), παρατηρήθηκε απώλεια νερού στις επιφανειακές στιβάδες των μυών και αύξηση της ποσότητάς του στο εσωτερικό των ιστών, ίσως λόγω του γεγονότος ότι η συγκέντρωση άλατος στις εσωτερικές στιβάδες δεν είχε φθάσει το 5,8% (w/w). Όσο η συγκέντρωση της άλμης σε αλάτι αυξανόταν, τόσο ενισχυόταν ο ρυθμός διάχυσης

του άλατος στο ιχθυηρό και αποβολής νερού από αυτό. Η συσσωμάτωση των πρωτεϊνών στις υψηλές συγκεντρώσεις άλατος οδήγησε στη συρρίκνωση των μυϊκών ινών και στη δημιουργία μεγαλύτερων εξωκυτταρικών χώρων που ευνόησαν τη διάχυση του άλατος σε όλη τη μάζα του ιχθυηρού. Η μέγιστη απώλεια νερού από τους μυς παρατηρήθηκε στη μέγιστη συγκέντρωση άλμης (24%, w/w) (Nguyen et al., 2010). Γενικά, η αλάτιση του μπακαλιάρου σε άλμη πλεονεκτεί, συγκριτικά με την ξηρή αλάτιση, στα ακόλουθα σημεία (Nguyen et al, 2010):

- Συντομότερος χρόνος επεξεργασίας, καθώς οι ρυθμοί με τους οποίους προσλαμβάνεται το αλάτι και αποβάλλεται το νερό από το ιχθυηρό ελέγχονται καλύτερα και μπορούν να βελτιστοποιηθούν, προκειμένου να επιτευχθούν υψηλότερες αποδόσεις μάζας.
- Καλύτερη χροιά και γενική εμφάνιση, όταν η άλμη έχει περιεκτικότητα μικρότερη από 20%.
- Προστασία έναντι οξειδωτικής τάγκισης των λιπιδίων, καθώς εμποδίζεται η επαφή του προϊόντος με τον ατμοσφαιρικό αέρα (οξυγόνο).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

### 2.1. Μέθοδοι ξήρανσης

Η συντήρηση με ξήρανση βασίζεται στην απομάκρυνση νερού από τις μυϊκές μάζες του ιχθυηρού, με σκοπό να ανασταλεί η ανάπτυξη βακτηρίων και να διακοπεί η δράση των ενζύμων. Διακρίνεται σε φυσική ή τεχνητή ξήρανση, ανάλογα με το αν πραγματοποιείται υπό τον ήλιο ή με τη βοήθεια μηχανικά θερμαινόμενου ρεύματος αέρα. Κατά την φυσική ξήρανση, τα ψάρια εκτίθενται σε φυσικά ρεύματα αέρα, ιδίως κατά τους θερινούς μήνες, σε περιοχές με χαμηλή υγρασία, προστατευόμενα από έντομα και ζώα. Μετά από ορισμένο διάστημα, οι ιστοί χάνουν το μεγαλύτερο μέρος του νερού που περιέχουν και μεταφέρονται και σε ξηρούς αποθηκευτικούς χώρους για περαιτέρω ξήρανση και ενδεχομένως ωρίμανση. Κατά την τεχνητή ξήρανση, τα ψάρια υφίστανται επεξεργασία σε μηχανικά ξηραντήρια που διαθέτουν μηχανισμούς ρύθμισης της θερμοκρασίας, της ταχύτητας ροής και της σχετικής υγρασίας του αέρα.

Ο αλατισμένος γάδος μπορεί να οδηγηθεί σε ξήρανση. Ανάλογα με το βαθμό ξήρανσης μπορούν να παραχθούν ελαφρώς αποξηραμένα ή έντονα αποξηραμένα προϊόντα. Το τελικό αλατισμένο προϊόν έχει περιεκτικότητα σε νερό 55-58% (w/w) και περιεκτικότητα σε αλάτι 18-21% (w/w), συγκρινόμενο με τη νωπή πρώτη ύλη που περιέχει περίπου 80% (w/w) νερό και 0,3% (w/w) αλάτι. Ωστόσο, όταν παρατείνεται η ξήρανση, το επίπεδο υγρασίας του τελικού προϊόντος μπορεί να ελαττωθεί ακόμη περισσότερο, και όταν λάβει τιμές μικρότερες του 50% (w/w), λαμβάνεται το προϊόν που είναι γνωστό ως αποξηραμένος αλατισμένος βακαλάος (Oliveira et al., 2012).

Η επεξεργασία του γάδου ρυθμίζεται από τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Παραδοσιακά, μετά το στάδιο της αλάτισης ο γάδος υποβάλλεται σε ξήρανση. Συχνά, η ξήρανση πραγματοποιείται σε μονάδες επεξεργασίας που εδρεύουν στις χώρες εισαγωγής. Ένα βασικό πλεονέκτημα των αποξηραμένων τροφίμων είναι το μειωμένο κόστος μεταφοράς και αποθήκευσης, λόγω μικρότερου βάρους και όγκου του προϊόντος, και κατ' επέκταση η εξοικονόμηση αποθηκευτικών χώρων. Κατά τη λιανική πώληση αποξηραμένου αλατισμένου μπακαλιάρου, το προϊόν έχει υποστεί συνήθως φιλετοποίηση και προσφέρεται μη-συσκευασμένο, χωρίς να φέρει οδηγίες για την αποθήκευση ή την αφαλάτωσή του. Συνήθως καταναλώνεται μαγειρεμένος,

μετά από διαδικασία παραμονής σε γλυκό νερό που αλλάζει τακτικά, ώστε να απομακρυνθεί η μεγαλύτερη ποσότητα του άλατος, σπανιότερα δε καταναλώνεται ωμός, αφού προηγηθεί αφαλάτωση (Pedro et al., 2004).

Μια εναλλακτική μέθοδος ξήρανσης, η οποία εφαρμόζεται στη βιομηχανία τροφίμων και αποσκοπεί στην παραγωγή προϊόντων βέλτιστης ποιότητας, είναι η ξήρανση σε χαμηλή θερμοκρασία. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε χημικές και μικροβιολογικές μεταβολές, καθώς και σε φυσικές, μηχανικές και δομικές αλλαγές των ιδιοτήτων του προϊόντος. Κύριο μειονέκτημα της ξήρανσης σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι επιβράδυνση του ρυθμού ξήρανσης, γεγονός που καθιστά την επεξεργασία χρονοβόρα, συγκριτικά με τις πιο κλασικές μεθόδους, αυξάνοντας το κόστος (Ozuna et al., 2014). Ο Walde (2006) μελέτησε τις επιδράσεις της σταδιακής αύξησης της θερμοκρασίας, κατά την ξήρανση φιλέτων μπακαλιάρου. Σε δείγματα φιλέτων μπακαλιάρου εφαρμόστηκαν τρία κλιμακωτά προγράμματα: 1) πρόγραμμα χαμηλής θερμοκρασίας ( $-10^{\circ}\text{C}$  για 48 h,  $+5^{\circ}\text{C}$  για 24 h,  $+20^{\circ}\text{C}$  για 48 h), 2) πρόγραμμα μέσης θερμοκρασίας ( $+5^{\circ}\text{C}$  για 24 h,  $+20^{\circ}\text{C}$  για 48 h) και 3) πρόγραμμα υψηλής θερμοκρασίας ( $20^{\circ}\text{C}$  για 48 h). Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αυτών των μεθόδων έγινε προσδιορισμός των αντίστοιχων ρυθμών ξήρανσης και της ικανότητας επανυδάτωσης των προϊόντων. Τα αποτελέσματα της μελέτης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η αρχική χαμηλή θερμοκρασία ξήρανσης παρουσίασε ποιοτικά οφέλη, αλλά ήταν χρονοβόρα και οδήγησε σε σημαντική αύξηση του κόστους της επεξεργασίας (Walde, 2006).

Για τη βελτιστοποίηση της μεθόδου και, ειδικότερα, για τη μείωση του χρόνου και του κόστους της επεξεργασίας, την αύξηση της απόδοσης και την ενίσχυση της ασφάλειας των προϊόντων, έχει διερευνηθεί η εφαρμογή της τεχνικής υπερήχων, με πολύ καλά αποτελέσματα. Οι τεχνική των υπερήχων αποτελεί μια μη-θερμική μορφή τεχνολογικής επεξεργασίας που μπορεί να αυξήσει το ρυθμό απομάκρυνσης του νερού από το ιχθυηρό. Η εφαρμογή υπερήχων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μέσω άμεσης επαφής με το προϊόν, είτε μέσω του αέρα (Ozuna et al., 2014). Η εφαρμογή αερομεταφερόμενων υπερήχων είναι λιγότερο αποδοτική, από ενεργειακή άποψη, σε σχέση με την τεχνική άμεσης επαφής. Ωστόσο, έχουν τύχει ευρύτερης πρακτικής



εφαρμογής, καθώς προκαλούν μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας του προϊόντος και προσαρμόζονται καλύτερα σε ξηραντήρες μεταφοράς.



**Εικόνα 3.** Υβριδικός ξηραντήρας εξοπλισμένος με αερομεταφερόμενο σύστημα υπερήχων (Airborne Ultrasonic System). Πηγή: <https://www.pusonics.es/dehydration-assisted-by-ultrasound>

Η αποτελεσματικότητα της τεχνικής εφαρμογής υπερήχων, για την ξήρανση ενός προϊόντος, αποτελεί συνάρτηση διαφόρων μεταβλητών, όπως η θερμοκρασία, η ταχύτητα του αέρα, η ισχύς των υπερήχων και το πορώδες του συγκεκριμένου προϊόντος. Πρόκειται για μια διαδικασία που έχει εκτεταμένη βιομηχανική εφαρμογή στην παραγωγή αποξηραμένων φρούτων και λαχανικών, ενώ σε προϊόντα όπως το κρέας, τα ιχθυηρά και τα προϊόντα τους, βρίσκεται ακόμη υπό μελέτη.

Οι Ozuna et al. (2014) πραγματοποίησαν πειράματα ξήρανσης σε χαμηλή θερμοκρασία, με ή χωρίς εφαρμογή υπερήχων μέσω αέρα, σε δείγματα αλατισμένου γάδου. Σκοπός της μελέτης τους ήταν η αξιολόγηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στον αλατισμένο μπακαλιάρο και η σύγκριση του τελικού προϊόντος με το παραδοσιακά παραγόμενο προϊόν. Τα πειράματα ξήρανσης πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες (-10, 0, 10 και 20°C), χρησιμοποιώντας φέτες μπακαλιάρου που είχαν υποστεί αλάτιση. Η ταχύτητα αέρα διατηρήθηκε σταθερή κατά την πειραματική διαδικασία (2 m/s), ενώ οι υπέρηχοι που εφαρμόστηκαν στα δείγματα είχαν ένταση δέσμης ίση με 20,5 kW/m<sup>3</sup>. Στα δείγματα του αποξηραμένου, αλατισμένου μπακαλιάρου προσδιορίστηκαν παράμετροι, όπως η ικανότητά τους για επανυδάτωση, οι μεταβολές της μικροσκοπικής δομής και οι μεταβολές στην υφή και

το χρώμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή υπερήχων οδήγησε σε αύξηση του ρυθμού ξήρανσης (μείωση χρόνου ξήρανσης κατά μέσο όρο 35-50%), καθώς και σε αύξηση της αποτελεσματικότητας της διάχυσης κατά 74%. Το τελικό προϊόν στο οποίο εφαρμόστηκαν οι υπέρηχοι είχε μαλακότερη υφή και βελτιωμένη ικανότητα ενυδάτωσης. Παράλληλα, παρουσιάστηκαν χρωματικές μεταβολές (πιο λευκό χρώμα σε χαμηλές θερμοκρασίες με την εφαρμογή υπερήχων) (Ozuna et al., 2014).

## 2.2. Κινητική της ξήρανσης

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ξήρανση του αλατισμένου μπακαλιάρου πραγματοποιείται σε ξηραντήρες τύπου σήραγγας που χρησιμοποιούν ρεύμα θερμού αέρα. Πρόκειται για μια χρονοβόρα διαδικασία που γίνεται χειρωνακτικά και με μεγάλες πιθανότητες μεταφοράς μικροοργανισμών από το περιβάλλον στο προϊόν. Η ξήρανση του γάδου γίνεται σε θερμοκρασία περίπου 20°C και σχετική υγρασία μικρότερη του 70%. Το νερό που υπάρχει στην αλατισμένη επιφάνεια του γάδου εξατμίζεται και μεταφέρεται στον ξηρό αέρα. Μέσω αυτής της διαδικασίας, η περιεκτικότητα της επιφάνειας του γάδου σε νερό γίνεται μικρότερη από εκείνη στο εσωτερικό του προϊόντος, με αποτέλεσμα να προκαλείται μετακίνηση νερού από το εσωτερικό στην επιφάνεια. Η ξήρανση του μπακαλιάρου, συμπεριλαμβανομένου του αλατισμένου ψαριού, διακρίνεται σε δυο φάσεις: 1) τη *φάση σταθερής ταχύτητας ξήρανσης*, κατά την οποία απομακρύνεται η επιφανειακή υγρασία του προϊόντος, με σταθερό ρυθμό, και 2) τη *φάση μειούμενης ταχύτητας*, κατά την οποία, νερό από το εσωτερικό του ιχθυηρού διαχέεται στην επιφάνεια και ακολούθως εξατμίζεται. Κατά την πρώτη φάση, η ταχύτητα ξήρανσης εξαρτάται από τις συνθήκες του αέρα (σχετική υγρασία, θερμοκρασία και ταχύτητα) και από την ειδική επιφάνεια του προς ξήρανση ιχθυηρού. Στη δεύτερη φάση, η ταχύτητα ξήρανσης εξαρτάται από τις ιδιότητες του ιχθυηρού (μέγεθος, θερμοκρασία, ποσοστά λίπους/νερού, περιεκτικότητα σε αλάτι). Ο συντελεστής διάχυσης του νερού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα λιπιδίων της σάρκας και υπολογίζονται με τη βοήθεια της σχέσης Arrhenius (Oliveira et al., 2012).

### 2.3. Μεταβολές κατά την ξήρανση του γάδου

Ο γάδος που υποβάλλεται σε επεξεργασία ξήρανσης υφίσταται μια σειρά φυσικοχημικών και μικροβιολογικών μεταβολών, οι περισσότερες από τις οποίες αντικατοπτρίζονται σε αλλαγές ποιοτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος, όπως το χρώμα και η υφή. Όσο η περιεκτικότητα των ιστών σε νερό μειώνεται, η σκέδαση του φωτός μειώνεται παράλληλα, με αποτέλεσμα να χάνεται η διαφάνεια (transparency) και το προϊόν να αποκτά πιο σκουρόχρωμο, κιτρινωπό χρωματισμό. Η παρουσία μικρής ποσότητας προσμίξεων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου στο θαλασσινό αλάτι, φαίνεται να συμβάλλει στη λεύκανση της σάρκας, καθώς και στην διαμόρφωση της επιθυμητής σκληρότητας της υφής (Lauritzsen et al., 2004). Τα χαρακτηριστικά της υφής που παρουσιάζει η σάρκα του ιχθυηρού καθορίζονται πρωτίστως από την παρουσία και τις λειτουργικές ιδιότητες των μυϊκών πρωτεϊνών που σχετίζονται με την ικανότητα συγκράτησης νερού, τη συνοχή και ελαστικότητα των μυϊκών μαζών, την ικανότητα ζελατινοποίησης, κλπ. (Lauritzsen et al., 2004). Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης η σάρκα του μπακαλιάρου σκληραίνει και η μεταβολή αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την περιεκτικότητα σε αλάτι. Όσο πιο υψηλή είναι η συγκέντρωση άλατος στους ιστούς, τόσο πιο σκληρή εμφανίζεται η σάρκα στο τελικό αποξηραμένο ιχθυηρό (Oliveira et al., 2012). Οι περισσότεροι καταναλωτές αλατισμένου ή αλατισμένου – αποξηραμένου βακαλάου εκλαμβάνουν ως πρωτεύον χαρακτηριστικό ποιότητας τη λευκή, συμπαγή επιφάνεια του προϊόντος, αν και σε ορισμένες γεωγραφικές περιοχές το καταναλωτικό κοινό έχει την τάση να επιλέγει προϊόντα με υπόλευκο χρωματισμό (Lauritzsen et al., 2004).

Κατά τη διαδικασία της ξήρανσης αλατισμένου μπακαλιάρου, το αλάτι και οι πρωτεΐνες στις επιφανειακές στιβάδες της σάρκας του ψαριού σχηματίζουν ένα στρώμα πολύ μικρής διαπερατότητας. Μια από τις πρώτες μελέτες που αναφέρουν την ύπαρξη αυτού του στρώματος, πραγματοποιήθηκε από τους Linton & Wood το 1945, σε τεμάχια μπακαλιάρου. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι σε θερμοκρασία 26°C και ατμοσφαιρική υγρασία 45-55%, η ξήρανση αναστάλθηκε, καθώς στην επιφάνεια των τεμαχίων του ιχθυηρού σχηματίστηκε μια μη-διαπερατή μεμβράνη πρωτεϊνικής φύσεως. Οι ερευνητές αιτιολόγησαν την ύπαρξη αυτού του στρώματος αποδίδοντάς το στα έντονα φαινόμενα ανταλλαγής ύλης κατά τη ξήρανση (Linton & Wood, 1945).

Αργότερα, οι Del Valle & Nickerson (1968) μελέτησαν την ξήρανση ψαριών, ιδίως κατά τη φάση στην οποία ο ρυθμός αποβολής υγρασίας από το ιχθυηρό παρουσιάζει πτωτική τάση. Απέδωσαν τη μείωση του ρυθμού αποβολής υγρασίας, εν μέρει, στον σχηματισμό του στρώματος «άλατος – πρωτεΐνης». Παρατήρησαν ότι η αφαίρεση αυτής της «κρούστας» από τη σάρκα του ψαριού οδήγησε σε αύξηση του ρυθμού αποβολής υγρασίας, αλλά μόνο για ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Απέδωσαν το φαινόμενο αυτό στη συρρίκνωση του μυϊκού ιστού και στην ταυτόχρονη μετουσίωση που υφίστανται οι πρωτεΐνες, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης άλατος και της αυξημένης θερμοκρασίας (Del Valle & Nickerson, 1968). Πιο πρόσφατα, οι Barat et al. (2004) απέδωσαν τις μεταβολές αυτές σε τριχοειδή φαινόμενα. Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης δεν συμβαίνει μόνο απομάκρυνση νερού από τη μυϊκή μάζα του ψαριού, αλλά και απώλεια μικρής ποσότητας άλατος που είναι διαλυμένο σε αυτό το νερό. Η απώλεια αυτή υπολογίστηκε σε 2-4% και αποδόθηκε στους διάφορους χειρισμούς του προϊόντος (Barat et al., 2004).

Η εφαρμοζόμενη μέθοδος ξήρανσης και η διάρκειά της μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή και τον παραγωγό, χαρακτηρίζονται όμως από την τάση ανάπτυξης ασθενούς κιτρινωπής χροιάς στη σάρκα και σκληρής υφής στο δέρμα. Στη διάρκεια της ξήρανσης παρατηρείται ελαφρά μείωση των τιμών ενεργότητας ύδατος από 0,75 σε 0,70, περίπου, που αποδίδεται στη μείωση της περιεκτικότητας του προϊόντος σε υγρασία, από 60%, σε 50% ή και λιγότερο. Η σχέση μεταξύ ολικής περιεκτικότητας σε υγρασία και των αντίστοιχων τιμών ενεργότητας ύδατος, κατά την ξήρανση και μετέπειτα αποθήκευση του προϊόντος, δίνεται από τις ισόθερμες ρόφησης (Oliveira et al., 2012).

#### 2.4. Παράμετροι που επιδρούν στη διαδικασία της ξήρανσης

*Πάχος τεμαχίων του προϊόντος:* Το πάχος των τεμαχίων αλατισμένου γάδου κατά την ξήρανση είναι μια από τις παραμέτρους που επηρεάζουν τον συντελεστή μεταφοράς μάζας. Όσο το πάχος αυξάνει, τόσο αυξάνει και η απόσταση που πρέπει να διανύσει το νερό από τις εσωτερικές στιβάδες για να φτάσει στην επιφάνεια, γεγονός που αυξάνει τον χρόνο ξήρανσης. Υπάρχει γραμμική σχέση ανάμεσα στο χρόνο ξήρανσης και το πάχος των τεμαχίων του αλίπαστου γάδου. Στην Πορτογαλία,

για να προσδιορίσουν το τελικό σημείο ξήρανσης του προϊόντος, πολλοί παραγωγοί χρησιμοποιούν μια εμπειρική διαδικασία: κρατούν με το ένα χέρι τα τεμάχια του αλατισμένου – αποξηραμένου βακαλάου, πιάνοντάς τα από την κοιλιακή περιοχή, και ελέγχουν αν μπορούν να παραμείνουν σε οριζόντια θέση (Oliveira et al., 2012).

*Συνθήκες επεξεργασίας:* Οι Linton & Wood (1945) πρότειναν τις ακόλουθες συνθήκες, ως βέλτιστες για την ξήρανση του προϊόντος:

- Για την ξήρανση έντονα αλατισμένου γάδου: ταχύτητα αέρα 1 – 1,25 m/s, σχετική υγρασία αέρα 45-55%, θερμοκρασία αέρα 26°C.
- Για την ξήρανση ελαφρώς αλατισμένου γάδου: ταχύτητα αέρα 1,5 – 2,0 m/s, σχετική υγρασία αέρα 50-55%, θερμοκρασία αέρα 30°C.

Σήμερα, οι συνθήκες που επικρατούν κατά την ξήρανση δεν είναι σταθερές. Στην Πορτογαλία, συνήθως χρησιμοποιούν θερμοκρασίες μικρότερες από τους 25°C, ενώ η ταχύτητα και η σχετική υγρασία του αέρα διατηρούνται σταθερές. Στη Νορβηγία εφαρμόζονται θερμοκρασίες 20-26°C, ταχύτητες αέρα 1,9 – 2,4 m/s και σχετικές υγρασίες 50-35% (Oliveira et al., 2012). Κατά την ξήρανση του προϊόντος σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 20-22°C, είναι πιθανό να υπάρξει σημαντική απώλεια ποιότητας, ακόμη και αλλοίωση του προϊόντος. Η θερμοκρασία στην οποία θα πραγματοποιηθεί η ξήρανση επιλέγεται βάσει κριτηρίων που αφορούν την ποιότητα του τελικού προϊόντος, τον χρόνο ξήρανσης και την κατανάλωση ενέργειας (Boeri et al., 2011).

*pH και ιοντική ισχύς:* Η ιοντική ισχύς και το pH αποτελούν πολύ σημαντικές παραμέτρους, όσον αφορά τη διαμόρφωση της ικανότητας συγκράτησης νερού (ΙΣΝΕ) από τις μυοϊνιδικές πρωτεΐνες του μπακαλιάρου. Ακραία χαμηλές τιμές pH μπορεί να οδηγήσουν σε μετουσίωση των πρωτεϊνικών μορίων, καθώς και στην εμφάνιση έντονης λευκωπής χροιάς που δεν ανταποκρίνεται στις προσδοκίες των καταναλωτών, καθώς είναι χαρακτηριστική των νωπών φιλέτων μπακαλιάρου και όχι του αλίπαστου προϊόντος. Επιπλέον, το χαμηλό pH μπορεί να επηρεάσει και άλλες οργανοληπτικές ιδιότητες, π.χ. την οσμή και τη γεύση του τελικού προϊόντος (Lauritzsen et al., 2004).

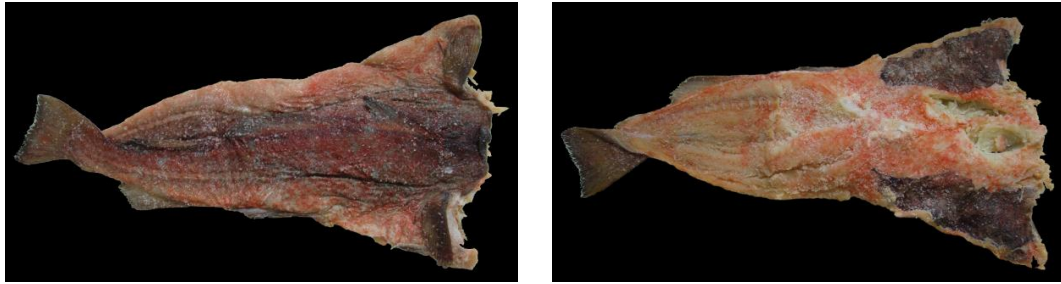


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΑΛΙΠΑΣΤΟΥ ΒΑΚΑΛΑΟΥ

### 3.1. Κόκκινη ή ερυθρά αλλοίωση

Κατά την παρατεταμένη αποθήκευσή του, ιδίως σε χώρους με αυξημένη θερμοκρασία και σχετική υγρασία, ο αλίπαστος βακαλάος κινδυνεύει να υποστεί έναν ειδικό τύπο αλλοίωσης, ο οποίος σχετίζεται με την ανάπτυξη ακραίων αλόφιλων μικροοργανισμών του «χώρου» των Αρχαίων (Archaea). Οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται σε συγκεντρώσεις χλωριούχου νατρίου που συνήθως υπερβαίνουν το 20% (w/w). Πρόκειται συχνά για πρωτεολυτικούς μικροοργανισμούς, οι οποίοι διασπούν τις πρωτεΐνες, μερικώς ή ολικώς, σε πεπτίδια και αμινοξέα (Lorentzen et al., 2015). Οι κυριότεροι αλόφιλοι οργανισμοί που ευθύνονται για την ερυθρή αλλοίωση ανήκουν στα γένη *Halobacterium* και *Halococcus* και προέρχονται από το θαλασσινό αλάτι. Αναπτύσσονται σε συγκεντρώσεις χλωριούχου νατρίου 20-25 g ανά 100 g αποξηραμένου – αλατισμένου ψαριού και σε εύρος θερμοκρασιών 10-50°C, με βέλτιστη θερμοκρασία τους 37°C (Lorentzen et al., 2015).

Ο αλίπαστος βακαλάος που έχει προσβληθεί από κόκκινη αλλοίωση εμφανίζει γλοιώδη επιφάνεια και σάρκα μαλακή και εύθρυπτη ή κονιοποιημένη, με μυϊκές μάζες που δεν διατηρούν τη συνεκτικότητά τους. Το χρώμα της σάρκας καθίσταται ερυθρό, καστανό, κίτρινο ή μελανό, με ερυθρές ή καστανές – κιτρινωπές κηλίδες ή ζώνες, οι οποίες εμφανίζονται συχνότερα κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης. Το δέρμα είναι γλοιώδες, ανυψώνεται λόγω παραγωγής αερίων και αποσπάται εύκολα, αποκαλύπτοντας τους υποκείμενους ιστούς, ενώ η αναδυόμενη οσμή είναι έντονα δυσάρεστη (Λουγκοβόης, 2019). Γενικά, η ανάπτυξη των αλλοιογόνων οργανισμών συνοδεύεται από αύξηση της πρωτεολυτικής δραστηριότητας. Η αποικοδόμηση πρωτεϊνών, λόγω αυτολυτικών διαδικασιών, ενισχύεται ακόμη περισσότερο από τη δράση των πρωτεολυτικών ενζύμων αλόφιλων μικροοργανισμών. Η πρωτεόλυση οδηγεί σε αύξηση του κλάσματος εκχυλισματικού αζώτου στους ιστούς του ψαριού, μέσω της παραγωγής σημαντικού αριθμού πεπτιδίων και ελεύθερων αμινοξέων, τα οποία λειτουργούν ως υπόστρωμα για την περαιτέρω ανάπτυξη των αλόφιλων οργανισμών (Lorentzen et al., 2015).



Εικόνα 4. Κόκκινη αλλοίωση υγράλατου βακαλάου (Λουγκοθός, 2019)

Για την αποφυγή της ανάπτυξης αλόφιλων οργανισμών και της εμφάνισης ερυθράς αλλοίωσης, η θερμοκρασία κατά την αποθήκευση του προϊόντος δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 8°C (FAO & WHO, 2020). Κατά το παρελθόν, όταν η μηχανική ψύξη δεν ήταν ευρέως διαδεδομένη και η διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών συχνά παρουσίαζε δυσκολίες ή δεν ήταν πάντοτε εφικτή, το προϊόν έπρεπε να περιέχει χαμηλά επίπεδα υγρασίας ( $\leq 45\%$ , w/w) και η απαιτούμενη ελάχιστη συγκέντρωση άλατος ήταν περίπου 18% (w/w). Σήμερα, με τη δυνατότητα διατήρησης χαμηλών θερμοκρασιών σε όλο το μήκος της παραγωγικής και εφοδιαστικής αλυσίδας που προσφέρει η μηχανική ψύξη (από την παραγωγή, μέχρι την κατανάλωση), τα όρια που προβλέπονται για τα ποσοστά υγρασίας και άλατος είναι συνήθως πιο ελαστικά (Lorentzen et al., 2015).

### 3.1.1. *Halobacterium* spp.

Ο πρώτος μικροοργανισμός που αναφέρθηκε ως υπεύθυνος για την ερυθρά αλλοίωση από τον Γερμανό μυκητολόγο και φυτοπαθολόγο Heinrich Klebahn (1859-1942) το 1919, ήταν ο *Bacillus halobius ruber*. Αργότερα, το 1922, οι Harrison & Kennedy απομόνωσαν για πρώτη φορά έναν από τους υπεύθυνους αλλοιογόνους οργανισμούς από επεξεργασμένο μπακαλιάρο, τον οποίο ονόμασαν *Pseudomonas salinaria*. Η ονομασία *Halobacterium* χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1935, από τον Schoor, και η επίσημη χρήση αυτής της ονομασίας προτάθηκε από τον Elazar-Volcani, το 1957 (Oren & Ventosa, 2017). Ο Πίνακας 3.1 παρουσιάζει την ταξινόμηση του γένους *Halobacterium*.

Τα κύτταρα των ακραίων αλόφιλων Αρχαίων του γένους *Halobacterium* έχουν πολικά ή περιτριχοειδή μαστίγια και είναι κινητά. Το σχήμα τους είναι ραβδοειδές,



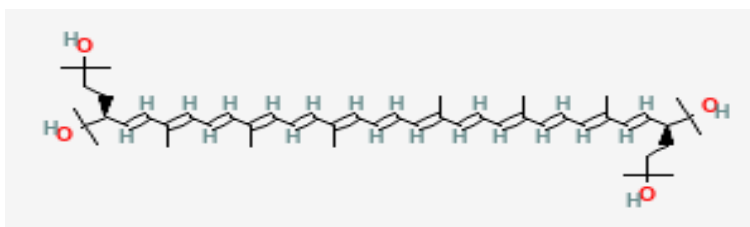
με διαστάσεις 0,5–1,2 × 1,0–6,0 μm (Oren & Ventosa, 2017). Σχηματίζουν έγχρωμες αποικίες (ροζ–ερυθρές) λόγω παρουσίας του καρτενοειδούς βακτηριορουμπερίνη (bacterioruberin) (Εικόνα 3.2). Επίσης μπορεί να συνθέτουν χρωμοφόρες ενώσεις με ιώδη απόχρωση, όπως η βακτηριοροδοψίνη (bacteriorhodopsin) και η αλοροδοψίνη (halorhodopsin), οι οποίες αποτελούν διαμεμβρανικές πρωτεΐνες που λειτουργούν αντίστοιχα ως αντλίες πρωτονίων και ιόντων χλωρίου, με εξάρτηση από το φως.

**Πίνακας 1.** Ταξινόμηση του γένους *Halobacterium*

Βασίλειο (kingdom)	Προκαρυωτικά (procaryote)
Διαίρεση (division)	Αρχαιοβακτήρια (arhaebacteria)
Κατηγορία (class)	Αλόφιλα βακτήρια ( <i>Halobacteria</i> )
Τάξη (order)	<i>Halobacteriale</i>
Οικογένεια (family)	<i>Halobacteriaceae</i>
Γένος (genus)	<i>Halobacterium</i>

Πηγή: Oren & Ventosa (2017)

Ορισμένα στελέχη των οργανισμών αυτών παράγουν κυστίδια αερίου και οι αποικίες που σχηματίζουν σε τρυβλία με άγαρ έχουν γαλακτώδη ρόδινη χροιά. Είναι αερόβιοι μικροοργανισμοί, θετικοί στη δοκιμή καταλάσης, με μεταβλητή αντίδραση οξειδάσης, θετική ή αρνητική. Το γένος *Halobacterium* περιλαμβάνει 4 είδη, μεταξύ των οποίων και το *Halobacterium salinarum* που έχει απομονωθεί από αλίπαστα προϊόντα ιχθυηρών, από το μαγειρικό αλάτι του εμπορίου και από φυσικές αλυκές. Τα υπόλοιπα είδη είναι τα *H. Jilantaiense*, *H. noricense* και *H. rubrum* (Oren & Ventosa, 2017).



**Εικόνα 5.** Βακτηριορουμπερίνη (Μοριακός τύπος  $C_{50}H_{76}O_4$ )

Πηγή: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bacterioruberin>

Στον Πίνακα 3.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν το βιοχημικό προφίλ, καθώς και ορισμένα από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων ειδών του γένους *Halobacterium*.

**Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά των τεσσάρων ειδών του γένους *Halobacterium***

	<i>Halobacterium salinarium</i>	<i>Halobacterium jilantaiense</i>	<i>Halobacterium noricense</i>	<i>Halobacterium rubrum</i>
Σχήμα κυττάρων	Ράβδοι	Λεπτές ράβδοι	Ακανόνιστες ράβδοι	Ράβδοι
Μέγεθος κυττάρων (μm)	0,5-1 x 1-6	0,5-1 x 1-3	1,2-2	0,5-1 x 1-6
Κυστίδια αερίων	Ορισμένα στελέχη	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί
Κινητικότητα	+	Δεν έχει διερευνηθεί	+	+
Αποικίες σε άγαρ	Κόκκινες-ροζ, σφαιρικές	Κόκκινες, σφαιρικές	Ανοιχτό κόκκινο, μικρές	Κόκκινες, σφαιρικές
Gram χρώση	-	-	-	-
Λύση σε αποσταγμένο νερό	+	Δεν έχει διερευνηθεί	+	+
Αντίδραση καταλάσης	+	+	+	+
Αντίδραση οξειδάσης	+	+	-	-
Αναερόβια ανάπτυξη παρουσία NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	+	-	-
Αναγωγή NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> σε NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	+	+	-	-
Σχηματισμός αερίου από NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	-
Αναερόβια ανάπτυξη παρουσία αργινίνης	+	+	+	-
Αναερόβια ανάπτυξη παρουσία DMSO	+	+	-	-
Εύρος συγκέντρωσης NaCl (για βέλτιστη ανάπτυξη) σε M	3,0-5,2 (3,5-4,5)	2,7-5,2 (3,1-3,5)	>2,1 (2,5-3,0)	1,7-4,8 (3,1)
Εύρος συγκέντρωσης MgCl <sub>2</sub> (για βέλτιστη ανάπτυξη) σε M	(0,05-0,1)	0,05-0,3 (0,1-0,2)	(0,6-0,9)	0-1,0 (0,1)
Εύρος θερμοκρασιών (για βέλτιστη ανάπτυξη) σε °C	20-55 (50)	22-55 (40)	28-50 (45)	20-50 (35-37)
Εύρος pH (για βέλτιστη ανάπτυξη)	5.5-8.0	5,5- 8,5 (7,0-7,5)	5,2 -7,0	5,0-9,0 (7,0 – 7,5)
Υποστρώματα που ενισχύουν την ανάπτυξη	Κιτρικό και ινουλίνη	Γλυκερίνη	Γλυκερίνη	Γλυκερίνη, σακχαρόζη, D-σορβιτόλη, οξικό, πυροσταφυλικό, DL-γαλακτικό, ηλεκτρικό, L-μηλικό, L-αργινίνη, L-

				γλουταμινικό και L-ορνιθίνη
Δεν είναι δυνατή η χρήση	Γλυκόζη, γαλακτόζη, μαννόζη, λακτόζη και άλλοι υδατάνθρακες και L-λυσίνη	Γλυκόζη, γαλακτόζη, σακχαρόζη, μαλτόζη, φρουκτόζη, σορβόζη, ξυλόζη, μαννόζη, λακτόζη, D-ριβόζη, μαννιτόλη και σορβιτόλη	Γλυκόζη, γαλακτόζη, σακχαρόζη, μαλτόζη και ξυλόζη	Γλυκόζη, D-γαλακτόζη, D-μαννόζη D-φρουκτόζη, L-σορβόζη, D-ριβόζη, D-ξυλόζη, μαλτόζη), μαννιτόλη, φουμαρικό, κιτρικό, L-αλανίνη, L-ασπαρτικό και L-λυσίνη
Υδρόλυση αμύλου	-	-	-	-
Υδρόλυση ζελατίνης	+	+	-	+
Υδρόλυση καζεΐνης	+	+	-	-
Παραγωγή ινδόλης	+	+	+	-
Παραγωγή H <sub>2</sub> S από θειοθειικό	+	+	Δεν έχει διερευνηθεί	+
Ευαισθησία σε	Ανισομυκίνη και νοβοβιοκίνη	Ανισομυκίνη και νοβοβιοκίνη	Ανισομυκίνη και νοβοβιοκίνη	Βακιτρακίνη, σιπροφλοξασίνη, νιτροφουραντοΐνη, νοβοβιοκίνη και νορφλοξασίνη
Αντοχή σε	Αμπικιλίνη, χλωραμφαινικόλη, γενταμυκίνη, καναμυκίνη, ναλιδιξικό οξύ, στρεπτομυκίνη, τετρακυκλίνη, βανκομυκίνη	Αμπικιλίνη, βακιτρακίνη, χλωραμφαινικόλη, ερυθρομυκίνη, γενταμυκίνη, καναμυκίνη, πενικιλίνη, ριφαμυκίνη, στρεπτομυκίνη και τετρακυκλίνη	Αμπικιλίνη, βακιτρακίνη, χλωραμφαινικόλη, γενταμυκίνη, καναμυκίνη, ναλιδιξικό οξύ, στρεπτομυκίνη, τετρακυκλίνη και βανκομυκίνη	Αμπικιλίνη, χλωραμφαινικόλη, ερυθρομυκίνη, γενταμυκίνη, καναμυκίνη, μικοστατίνη, ναλιδιξικό οξύ, νεομυκίνη, πενικιλίνη, ριφαμυκίνη, στρεπτομυκίνη, τετρακυκλίνη, τριμεθοπρίμη και βανκομυκίνη
Περιβάλλον ανάπτυξης	Αλατισμένα ψάρια, αλατισμένα δέρματα, αλυκές	Αλυκές, εσωτερική Μογγολία	Πέρμια αλάτι, Αυστρία	Ηλιακό αλάτι, Κίνα

Πηγή: Oren & Ventosa, 2017

Το *Halobacterium salinarum* είναι το είδος που αναπτύσσεται κυρίως στον αλατισμένο και αλατισμένο – αποξηραμένο μπακαλιάρο. Είναι εξαιρετικά αλόφιλος μικροοργανισμός και αναπτύσσεται σε συγκεντρώσεις άλατος (NaCl) 2,5 – 5,2 M και τιμές ενεργότητας ύδατος ( $a_w$ ) 0,928 – 0,76. Άριστες τιμές θεωρούνται οι ακόλουθες: συγκέντρωση NaCl 3,4 – 4,5 M, συγκέντρωση μαγνησίου 0,05 – 0,6M και ενεργότητα ύδατος  $a_w$  0,80. Επίσης, αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες 15 – 55°C και τιμές pH που

κυμαίνονται από 5,2 έως 8,5 (Oren & Ventosa, 2017). Πρόκειται για πρωτεολυτικούς μικροοργανισμούς που απαιτούν αμινοξέα για την ανάπτυξή τους. Οι περισσότεροι είναι αερόβιοι.

### 3.1.2. *Halococcus* spp

Η πρώτη περιγραφή των κόκκων του γένους *Halococcus* έγινε το 1919 από τον Henrich Klebahn (1859-1942), ο οποίος κατάφερε να απομονώσει και να μελετήσει διάφορα στελέχη μικροοργανισμών από παστά ψάρια, δίνοντάς τους την ονομασία *Micrococcus morrhuae*. Είχαν προηγηθεί ορισμένες παρατηρήσεις για την παρουσία παρόμοιων μικροοργανισμών, χωρίς ωστόσο να καταστεί δυνατή η απομόνωσή τους. Για παράδειγμα, το 1879-1880 ο Poulsen είχε ταξινομήσει τους μικροοργανισμούς ως *Sarcina litoralis*, ο Farlow το 1880 ως *Sarcina morrhuae* και ο Kellerman το 1915 ως *Micrococcus litoralis*. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ταξινόμηση του γένους *Halococcus*.

**Πίνακας 3.** Ταξινόμηση του γένους *Halococcus*

Βασίλειο (kingdom)	Προκαρυωτικά (procaryote)
Διαίρεση (division)	Αρχαιοβακτήρια (archaeobacteria)
Κατηγορία (class)	Αλόφιλα βακτήρια ( <i>Halobacteria</i> )
Τάξη (order)	<i>Halobacteriales</i>
Οικογένεια (family)	<i>Halococcaceae</i>
Γένος (genus)	<i>Halococcus</i>

Πηγή: Oren, 2017

Το γένος *Halococcus* περιλαμβάνει τα ακόλουθα εννέα είδη: *H. morrhuae*, *H. dombrowskii*, *H. qingdaonensis*, *H. thailandensis*, *H. sediminicola*, *H. hamelinensis*, *H. salifodinae*, *H. agarilyticus* και *H. saccharolyticus*. Τα κύτταρα των οργανισμών αυτών είναι κόκκοι, οι οποίοι δεν έχουν ικανότητα κίνησης και τείνουν να εμφανίζονται σε ομάδες των δυο ή τεσσάρων κόκκων ή ακόμη και σε ακανόνιστο αριθμό. Πρόκειται για Gram-αρνητικά βακτήρια, τα οποία δεν παρουσιάζουν λύση στο αποσταγμένο νερό ή σε υποτονικά διαλύματα. Οι σχηματιζόμενες αποικίες σε άγαρ είναι μικρές και ερυθρές ή ροζ, λόγω της παρουσίας του καροτενοειδούς βακτηριοουπερίνης (bacterioruberin), όπως συμβαίνει και με τα είδη του γένους *Halobacterium* (Oren,

2017). Είναι εξαιρετικά αλόφιλοι οργανισμοί και αναπτύσσονται σε συγκεντρώσεις χλωριούχου νατρίου μεγαλύτερες από 1,7 – 2,5 Μ. Τα περισσότερα στελέχη έχουν βέλτιστη ανάπτυξη σε συγκεντρώσεις NaCl 3 – 4,5 Μ και σε τιμές pH που βρίσκονται κοντά στην ουδέτερη περιοχή. Αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 15°C έως 50°C και σε τιμές pH από 4,0 έως 9,5 – 10,0. Πρόκειται για αυστηρά αερόβια βακτήρια. Πολλά είδη απαιτούν την παρουσία αμινοξέων για την ανάπτυξή τους, ορισμένα την παρουσία σακχάρων, με ή χωρίς παραγωγή οξέων (Oren, 2017). Στελέχη των οργανισμών αυτών έχουν απομονωθεί από λίμνες με αλμυρό νερό, από ακατέργαστο θαλασσινό αλάτι και θαλασσινό νερό, από ορυκτό αλάτι, καθώς και από σάλτσες ιχθυηρών που έχουν υποστεί ζύμωση (Oren, 2017). Ο παρακάτω Πίνακας, παρουσιάζει το βιοχημικό προφίλ και ορισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά των εννέα ειδών του γένους *Halococcus*.

**Πίνακας 4.** Χαρακτηριστικά ειδών του γένους *Halococcus*

	<i>Halococcus morrhuae</i>	<i>Halococcus agarlyticus</i>	<i>Halococcus dombrowski</i>	<i>Halococcus hamelinensis</i>	<i>Halococcus qingdaonensis</i>	<i>Halococcus saccharolyticus</i>	<i>Halococcus salifodinae</i>	<i>Halococcus sediminicola</i>	<i>Halococcus thailandensis</i>
Σχήμα κυττάρων	Κόκκοι	Κόκκοι	Κόκκοι	Κόκκοι	Κόκκοι	Κόκκοι	Κόκκοι	Κόκκοι	Κόκκοι
Μέγεθος κυττάρων (μm)	0,8-1,0	1,2-2,0	0,8-1,2	0,8-1,2	0,6-1,5	0,8-1,5	0,8-1,2	1,1-1,5	0,8-1,2
Κινητικότητα	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αποικίες σε άγαρ	Κόκκινο Μη καθορισμένο σχήμα	Ροζ κυκλική λεία αποικία	Ανοιχτό ροζ κυκλική	Πορτοκαλί-ροζ Κυκλική	Κόκκινο Λεία αποικία	Κόκκινο-πορτοκαλί Κυκλική κυρτή	Ροζ Κυκλική με κυματιστά περιθώρια	κόκκινη	κυκλική
Gram χρώση	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λύση σε αποσταγμένο νερό	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Αντίδραση καταλάσης				+	+			+	+
Αντίδραση οξειδάσης	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Αναερόβια ανάπτυξη παρουσία NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αναγωγή NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> σε NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	+	+	+	-	+	+		-	+
Αναερόβια ανάπτυξη παρουσία αργινίνης	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	-	+
Αναερόβια ανάπτυξη παρουσία DMSO	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί
Εύρος συγκέντρωσης NaCl σε M	2,6-5,1	4,0-5,1	2,6-5,1	2,1-5,1	1,5-5,1	2,6-5,1	2,6-5,1	2,6-5,1	2,1-5,1
Θερμοκρασίες ανάπτυξης σε °C	27-45	22-47	25-45	18-45	25-47	25-45	22-45	25-40	22-47
Βέλτιστη θερμοκρασία σε °C	37	37-42	37-40	37	40	40	35	35-40	40
Εύρος pH	5,5-9,0	5,5-9,0	5,8-8,0	5,5-9,0	5,5-9,0	6,0-9,0	6,5-9,0	6,0-9,0	6,0-10
Βέλτιστο pH	7,0	6,0-7,5	7,0	7,0	6,0	6,5	6,5	7,0	6,0-8,0
Πηγές άνθρακα και ενέργειας									
D- φρουκτόζη	+	-	-	+	-	-	+	-	+
D- γαλακτόζη	+	-	+	-	-	-	-	+	+
D-γλυκόζη	+		-	-	+	+	+	+	+
Γλυκερόλη	+	-	+	+	-	-	+	+	+
Λακτόζη	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Μαλτόζη	-		-	-	+	+	+	-	-
D-μαννιτόλη	-	-	-	+	-	+	-	+	-
D-μαννόζη	-	-	-	+	-	-	+	+	-
D-σορβιτόλη	+	-	+	-	-	+	-	+	+
Σακχαρόζη	-	+	-	+	+	-	-	+	+
D-ξυλόζη	+	-	+	+	-	-	-	-	+
Κιτρικό	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Φουμαρικό	+	-	+	-	+	+	+	+	-

DL-γαλακτικό	-	-	-	-	-	-	-	+	-
L-μηλικό	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Πυροσταφυλικό	-	-	-	+	-	+	+	+	-
Ηλεκτρικό	-	+	+	+	-	+	+	+	-
Υδρόλυση αμύλου	-	-	Δεν έχει διερευνηθεί	+	+	-	Δεν έχει διερευνηθεί	-	-
Υδρόλυση ζελατινής	+	+	+	-	-	+	+	+	-
Υδρόλυση καζεΐνης	-	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	Δεν έχει διερευνηθεί	-	-
Παραγωγή ινδόλης				-	-	+	+	-	
Παραγωγή H <sub>2</sub> S από θειοθειικό	-	-	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί	-	Δεν έχει διερευνηθεί
Ευαισθησία σε	Βακτηράκίνη, μονενσίνη, νοβοιοκίνη, ριφαμπικίνη, και βιργινιαμυκίνη	Ανισομυκίνη, αφιδικολίνη, βακτρακίνη, νοβοιοκίνη, ριφαμπικίνη και σιμβαστατίνη	Βακτηράκίνη, νοβοιοκίνη, ριφαμπικίνη, (ανισομυκίνη, χλωραμφαινικόλη και τετρακυκλίνη -ελάχιστα)	Βακτηράκίνη, νοβοιοκίνη και ριφαμπικίνη	Βακτηράκίνη, ριφαμπικίνη, χλωραμφαινικόλη και νεομυκίνη	Ανισομυκίνη και βακτρακίνη	Ανισομυκίνη, αφιδικολίνη, βακτρακίνη, νοβοιοκίνη (χλωραμφαινικόλη και τετρακυκλίνη -ελάχιστα)	Ερυθρομυκίνη και νεομυκίνη	Βακτηράκίνη, νοβοιοκίνη και ριφαμπικίνη
Αντοχή σε	Αμπικιλίνη, χλωραμφαινικόλη, ερυθρομυκίνη, γενταμικίνη, καναμυκίνη, νεομυκίνη, πενικιλίνη G, πολυμυξίνη, στρεπτομυκίνη, τετρακυκλίνη και βανκομυκίνη	Αμπικιλίνη, χλωραμφαινικόλη, ερυθρομυκίνη, γενταμικίνη, καναμυκίνη, νεομυκίνη, πενικιλίνη G, πολυμυξίνη, στρεπτομυκίνη, τετρακυκλίνη	Αμπικιλίνη, αφιδικολίνη, γενταμικίνη, καναμυκίνη, ναλιδιξικό οξύ, στρεπτομυκίνη	Καναμυκίνη, νεομυκίνη, πενικιλίνη G, στρεπτομυκίνη και τετρακυκλίνη	Αμπικιλίνη, ερυθρομυκίνη, καναμυκίνη, πενικιλίνη G, στρεπτομυκίνη και τετρακυκλίνη	Χλωραμφαινικόλη, ναλιδιξικό οξύ, νεομυκίνη, νοβοιοκίνη, πενικιλίνη G, ριφαμπικίνη και στρεπτομυκίνη	Αμπικιλίνη, ναλιδιξικό οξύ, στρεπτομυκίνη	Αμπικιλίνη, βακτρακίνη, χλωραμφαινικόλη, σουφλορασίνη, νοβοιοκίνη, πενικιλίνη G και ριφαμπικίνη	Αμπικιλίνη, χλωραμφαινικόλη, γενταμικίνη, καναμυκίνη, ναλιδιξικό οξύ, στρεπτομυκίνη και τετρακυκλίνη

Περιβάλλον ανάπτυξης	Άλιη, ηλιακό αλάτι, πασά ψάρια και δέρματα	Εμπορικό αλάτι Φιλιππίνες	Ορυκτό αλάτι, Αυστρία	Στρωματόλιθοι του Shark Bay, Δυτική Αυστραλία	Ακατέργαστο αλάτι, Κίνα	Αλυκές, Ισπανία	Ορυκτό αλάτι, Αυστρία	Θαλάσσια ιζήματα, Κορέα	Σάλτσα ιχθυρών που έχουν ζυμώσει, Ταϊλάνδη
----------------------	--	---------------------------	-----------------------	---	-------------------------	-----------------	-----------------------	-------------------------	--

Πηγή: Oren, 2017

### 3.2. Αλλοίωση από μύκητες τους γένους *Wallemia*

Η πρώτη περιγραφή των μυκήτων του γένους *Wallemia* έγινε το 1887, όταν οι οργανισμοί αυτοί εντοπίστηκαν κατά μήκος της ακτής του Ατλαντικού, στη Νορβηγία. Κατά τον 18<sup>ο</sup> και 19<sup>ο</sup> αιώνα, το κύριο ψάρι που αλιευόταν στην περιοχή αυτή ήταν ο μπακαλιάρος (*Gadus spp.*). Μια ποσότητα αυτών των ψαριών προοριζόταν για άμεση διάθεση και πώληση στις αγορές, ενώ μια άλλη προοριζόταν για κατανάλωση από τις τοπικές κοινότητες, κυρίως κατά την περίοδο που η αλιευτική δραστηριότητα δεν ήταν εφικτή. Αφού αλάτιζαν τον μπακαλιάρο με άφθονη ποσότητα αλατιού, τον άφηναν στα βράχια για να «στεγνώσει». Ωστόσο, τα ψάρια παρουσίαζαν συχνά μικροβιακή αλλοίωση. Ο πρώτος που θέλησε να μάθει τα αίτια αυτής της αλλοίωσης ήταν ένας επιθεωρητής ψαριών (Wallen), ο οποίος στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα έστειλε δείγματα από αλλοιωμένα ψάρια σε γνωστούς Σκανδιναβούς επιστήμονες εκείνης της εποχής. Ο Johan Olan Olsen (1860-1931) εντόπισε τους μύκητες που μόλυναν το αλίπαστο ψάρι και τους έδωσε την ονομασία *Wallemia ichthyophaga*, από το όνομα του Νορβηγού επιθεωρητή και από την λέξη *ichthyophaga* (ιχθυοφάγα=τρώω ψάρια) που υποδηλώνει τη δράση των μικροοργανισμών (Zajic & Gunde-Cinerman, 2018). Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνεται η ταξινόμηση του γένους *Wallemia*.

**Πίνακας 5.** Ταξινόμηση γένους *Wallemia*

Βασίλειο (kingdom)	Μύκητες (fungi)
Διαίρεση (division)	Basiodiomycota
Κατηγορία (class)	Wallemiomycotina/Wallemiomycetes
Τάξη (order)	<i>Wallemiales</i>
Οικογένεια (family)	<i>Wallemiaceae</i>
Γένος (genus)	<i>Wallemia</i>



Μέχρι το 2005, το γένος *Wallemia* περιλάμβανε ένα μόνο είδος, το *W. sebi*, ενώ αργότερα προστέθηκαν δυο ακόμα είδη, τα *W. ichthyophaga* και *W. muriae*, τα οποία απομονώθηκαν από γλυκά και αλμυρά νερά, από αποξηραμένα τρόφιμα και από θαλάσσιες περιοχές αυξημένης αλατοπεριεκτικότητας, όπως η Μεσόγειος, η Καραϊβική και η Νεκρά Θάλασσα (Kuncic et al., 2010). Πιο πρόσφατα τα είδη του γένους *Wallemia* αυξήθηκαν σε οκτώ, με την προσθήκη των *W. mellicola*, *W. Canadensis*, *W. tropicalis*, *W. Hederae* και *W. peruviansis* (Zajic & Gunde-Cinerman, 2018). Τα τέσσερα πρώτα είδη (*W. sebi*, *W. mellicola*, *W. muriae* και *W. ichthyophaga*) παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη βιομηχανία τροφίμων, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι προκαλούν αλλοιώσεις σε τρόφιμα (Zajic & Gunde-Cinerman, 2018). Επιπλέον, ορισμένα στελέχη που ανήκουν στα είδη *W. sebi*, *W. muriae* και *W. ichthyophaga* έχουν συνδεθεί με πρόκληση ασθενειών στον άνθρωπο. Ειδικότερα, έχει αναφερθεί ότι μπορεί να προκαλέσουν δερματικές ή και υποδόριες λοιμώξεις και αλλεργικές αντιδράσεις, καθώς και ότι τα περισσότερα στελέχη του γένους *Wallemia* παράγουν τοξίνες (μυκοτοξίνες), ακόμη και σε συνθήκες υψηλής περιεκτικότητας σε αλάτι, όπως στον αλατισμένο και τον αλατισμένο – αποξηραμένο μπακαλιάρο. Παράδειγμα αλλεργικής αντίδρασης είναι η «ασθένεια του πνεύμονα του αγρότη» (farmer's lung disease), μια πνευμονική νόσος που αποτελεί αλλεργική αντίδραση στην εισπνοή μούχλας από προϊόντα καλλιέργειας, όπως το καλαμπόκι ή τα σιτηρά (Zajic & Gunde-Cinerman, 2018).

Μια διαδικασία συντήρησης των τροφίμων και περιορισμού της ανάπτυξης μικροοργανισμών, η οποία εφαρμόζεται εδώ και χιλιετίες, είναι η μείωση του διαθέσιμου νερού, π.χ., με ξήρανση, και στη συνέχεια η προσθήκη μιας ουσίας, όπως η ζάχαρη ή το αλάτι που προκαλεί αυξημένα ωσμωτικά φαινόμενα στα κύτταρα των μικροοργανισμών. Στις αντίξοες αυτές συνθήκες, αναπτύσσονται ορισμένοι μόνο μικροοργανισμοί, οι οποίοι έχουν προσαρμοστεί για ανάπτυξη σε τέτοιο περιβάλλον, κυρίως ξηρόφιλοι μύκητες. Οι μύκητες αυτοί μπορούν να αναπτύσσονται σε ενεργότητα ύδατος μικρότερη του 0,9, όπου τα παθογόνα βακτήρια αδυνατούν να αναπτυχθούν. Ορισμένοι μύκητες αναπτύσσονται και στην ελάχιστη (οριακή) τιμή ενεργότητας ύδατος ( $a_w = 0,61$ ) που έχει αναφερθεί ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται παρουσία υψηλής συγκέντρωσης χλωριούχου νατρίου χαρακτηρίζονται ως αλόφιλοι (Zajic & Gunde-Cimerman, 2018).

Στο γένος *Walleimia* ανήκουν ορισμένα είδη εξαιρετικά ξηρόφιλων ή/και οσμόφιλων μικροοργανισμών. Πρόκειται για στελέχη μυκήτων, τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν σε αποξηραμένα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε σακχαρόζη ή αλάτι, σε ξηρή ζωοτροφή, σε κρυστάλλους άλατος, σε γεωργικά αερολύματα, ακόμη και στον αέρα (Zajic & Gunde-Cimerman, 2018). Οι μικροοργανισμοί που επιβιώνουν και καταφέρνουν να αναπτυχθούν σε περιβάλλον με υψηλή συγκέντρωση σε αλάτι, φαίνεται να έχουν την ικανότητα πολυάριθμων προσαρμογών. Μεταξύ αυτών, οι μύκητες προβαίνουν σε αλλαγές της δομής του κυτταρικού τους τοιχώματος και της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. Το κυτταρικό τοίχωμα αποτελεί την πρώτη αμυντική γραμμή για την αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού stress, προστατεύοντας το κύτταρο από μηχανικές βλάβες, αλλά και από έντονα οσμωτικά φαινόμενα, όπως η υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι (Kuncic et al., 2010). Οι ξηρόφιλοι μύκητες έχουν επίσης την ικανότητα να συσσωρεύουν οσμολύτες, δηλαδή ουσίες που συμβάλλουν στην ρύθμιση της οσμωτικής πίεσης στα κύτταρα, να εξωθούν τα ιόντα νατρίου και να προσαρμόζουν κατάλληλα τη μορφολογία των αποικιών που σχηματίζουν.

Σύμφωνα με μελέτη των Kuncic et al. (2010), τα είδη *W. ichthyophaga*, *W. muriae* και *W. sebi*, για να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις άλατος, προβαίνουν σε ορισμένες προσαρμοστικές αλλαγές. Το είδος *W. ichthyophaga* είναι μεταβολικά ενεργό ακόμη και σε υψηλές συγκεντρώσεις NaCl, καθώς προσαρμόζεται μορφολογικά στις ακραίες αυτές συνθήκες. Σχηματίζει πολυκύτταρες συστάδες και σε υψηλή περιεκτικότητα αλατιού το κυτταρικό του τοίχωμα αυξάνει σε πάχος. Τα είδη *W. muriae* και *W. sebi*, σύμφωνα με την ίδια μελέτη, αν και προσαρμόζονται σε περιβάλλον υψηλής περιεκτικότητας σε NaCl, δεν έχουν την ίδια ανάπτυξη με το *W. ichthyophaga*. Παρουσιάζουν μικρότερη αύξηση στο μέγεθος των μυκηλιακών σφαιριδίων και λιγότερο έντονη αύξηση του πάχους του κυτταρικού τοιχώματος (Kuncic et al., 2010). Το είδος *W. ichthyophaga* απαιτεί για την ανάπτυξή του περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο τουλάχιστον 9% (w/v), ενώ

αναπτύσσεται ακόμη και σε περιεκτικότητα 30% (w/v), όταν η τιμή της  $a_w$  είναι περίπου 0,77 (Kuncic et al., 2010).

### 3.3. Παραγωγή ισταμίνης

Κατά την ανάπτυξη πρωτεολυτικών μικροοργανισμών στον αλατισμένο και τον αλατισμένο – αποξηραμένο μπακαλιάρο, π.χ., ακραίων αλόφιλων οργανισμών, παράγονται μεταξύ άλλων και ελεύθερα αμινοξέα, τα οποία συσσωρεύονται στους ιστούς του ιχθυηρού. Ανάμεσα στα παραγόμενα αμινοξέα είναι και η ιστιδίνη. Το αμινοξύ αυτό μπορεί να υποστεί αποκαρβοξυλίωση και να μετατραπεί σε ισταμίνη, η παρουσία της οποίας απειλεί την ασφάλεια των προϊόντων (Lorentzen et al., 2015). Η ισταμίνη είναι μία βιογενής αμίνη, η οποία μπορεί να προκαλέσει δηλητηρίαση στον καταναλωτή. Τα συμπτώματα της δηλητηρίασης από ισταμίνη εμφανίζονται αμέσως μετά την κατάποση. Τα κυριότερα συμπτώματα, είναι μούδιασμα του στόματος, πονοκέφαλος, αδύναμος σφυγμός και αναφυλαξία.

Για την αποφυγή της δηλητηρίασης από ισταμίνη έχουν θεσπιστεί όρια για τα αλιευτικά προϊόντα, τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση (E.E.), όσο και από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA). Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Επιτροπής για τα μικροβιολογικά κριτήρια στα τρόφιμα, όπως τροποποιήθηκε στις 08.03.2020, η μέση περιεκτικότητα σε ισταμίνη των αλιευτικών προϊόντων από είδη ιχθύων που συνδέονται με υψηλές ποσότητες ιστιδίνης, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 mg/kg, ενώ για τα προϊόντα που έχουν υποβληθεί σε ενζυμική ωρίμανση, εντός άλμης, η μέση επιτρεπτή περιεκτικότητα είναι 200 mg/kg (Κανονισμός 2073/2005, 2020). Σύμφωνα με την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA), το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο ισταμίνης είναι 50 ppm (mg/kg), ενώ σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 500 ppm (mg/kg) το προϊόν θεωρείται τοξικό για τον ανθρώπινο οργανισμό (FDA, 2021). Ο μπακαλιάρος παρουσιάζει χαμηλά επίπεδα ισταμίνης αρχικά, οπότε η αύξηση της συγκέντρωσής της στο αλατισμένο ή αλατισμένο – αποξηραμένο προϊόν θεωρείται αποτέλεσμα της προσβολής κυρίως από αλόφιλους μικροοργανισμούς (Lorentzen et al., 2015).

### 3.4. Τάγκιση

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας (LC PUFA) είναι ευπαθή στην αυτοξείδωση, μια χημική διαδικασία που περιλαμβάνει σειρά αντιδράσεων και οδηγεί στην παραγωγή πτητικών ενώσεων με μικρό μοριακό βάρος, όπως αλδεΐδες, κετόνες, καρβοξυλικά οξέα μικρής ανθρακικής αλυσίδας, αλκοόλες, κλπ. Καθώς τα δευτερογενή προϊόντα της αυτοξείδωσης συσσωρεύονται στους ιστούς προσδίδουν στο προϊόν δυσάρεστη οσμή – γεύση ταγκού και συχνά οδηγούν σε μεταχρωματισμό της σάρκας, ιδίως σε λευκά ψάρια. Ορισμένα λιπιδικά συστατικά των ιστών του μπακαλιάρου γάδων, κυρίως τα φωσφολιπίδια, έχουν την τάση να ταγγίζουν εύκολα, λόγω της μεγάλης αναλογίας τους σε LC PUFA. Οι αντιδράσεις οξείδωσης καταλύονται από συστατικά που απαντούν φυσικά στους ιστούς των ψαριών, π.χ., ορισμένα μέταλλα μετάπτωσης, αιμοπρωτεΐνες, συστήματα ενζύμων που συνδέονται με τα μιτοχόνδρια και η δράση των οποίων ενισχύεται από την παρουσία άλατος και ατμοσφαιρικού οξυγόνου (Λουγκοβόης, 2019). Η διαδικασία της αυτοξείδωσης των λιπαρών οξέων είναι τόσο εντονότερη, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα λιπιδίων στο ιχθυηρό, αλλά και η διασπορά τους στους ιστούς. Στον μπακαλιάρο, η τάγκιση μπορεί επίσης να συνοδεύεται από την εμφάνιση κίτρινης χροιάς στην επιφάνεια της σάρκας που μειώνει ακόμα περισσότερο την ποιότητα του προϊόντος (Λουγκοβόης, 2019). Εξάλλου, το αλάτι αδυνατεί να αναστείλει τη δράση λιπολυτικών ενζύμων (λιπασών) των ιστών. Η παρουσία δραστικών ενδογενών ή και μικροβιακών λιπολυτικών ενζύμων στο προϊόν μπορεί να οδηγήσει σε υδρόλυση των δι- και τριακυλογλυκεριδίων, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση και συσσώρευση ελεύθερων λιπαρών οξέων, τα οποία προσδίδουν στο προϊόν δυσάρεστη σαπωνώδη επίγευση που υποβαθμίζει περαιτέρω τον οργανοληπτικό χαρακτήρα του αλίπαστου βακαλάου (Λουγκοβόης, 2019).

### 3.5. Ασφάλεια και ποιότητα των προϊόντων

Για την παραγωγή ενός ποιοτικού και ασφαλούς προϊόντος, θα πρέπει σε κάθε βήμα της παραγωγικής διαδικασίας να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα, ώστε οι χρονικές καθυστερήσεις να περιορίζονται στο ελάχιστο. Είναι απαραίτητο, η γραμμή επεξεργασίας να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε η ροή των διαδικασιών

να πραγματοποιείται απρόσκοπτα, ομοιόμορφα και χωρίς επιβραδύνσεις (FAO & WHO, 2020). Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κλάδος παραγωγής και εμπορίας προϊόντων επεξεργασμένου βακαλάου, είναι ότι, ενώ το ιχθυηρό αλιεύεται σε μια δεδομένη χρονική περίοδο, η διάθεσή του στην αγορά ή στη βιομηχανία για μεταποίηση μπορεί να απαιτήσει μεγάλα χρονικά διαστήματα αναμονής, ιδίως όταν αυτό αποστέλλεται σε περιοχές μακριά από τον τόπο αλίευσης (Roija et al., 2016). Η αποθήκευση για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε ακατάλληλες συνθήκες, μπορεί να απειλήσει την ασφάλεια και την ποιότητα του προϊόντος. Οι συνθήκες που επιδρούν στην ασφαλή αποθήκευση του επεξεργασμένου γάδου είναι κυρίως η θερμοκρασία και η ατμοσφαιρική υγρασία. Οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται άμεσα με την ανάπτυξη μικροοργανισμών και τη δράση ενζύμων που είναι ανθεκτικά σε υψηλές συγκεντρώσεις άλατος ή και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Στις συνθήκες αυτές μπορούν να αναπτυχθούν, π.χ., αλόφιλα βακτήρια, και να απειλήσουν την ποιότητα αλλά την ασφάλεια του τελικού προϊόντος (Oliveira et al., 2012).

Οι αυξημένες θερμοκρασίες κατά την αποθήκευση του αλατισμένου και αλατισμένου – αποξηραμένου μπακαλιάρου προκαλούν μείωση της διάρκειας ζωής του προϊόντος, λόγω ανάπτυξης αλόφιλων μικροοργανισμών. Οι Lorentzen et al. (2016) αξιολόγησαν την επίδραση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στη διάρκεια ζωής συσκευασμένων αποξηραμένων και αλατισμένων φιλέτων γάδου. Αποθήκευσαν δείγματα σε διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας (25, 30, 35°C) και σχετικής υγρασίας (60%, 80%) και παρατήρησαν ότι η αύξηση των παραμέτρων αυτών οδήγησε σε μείωση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, σε ότι αφορά την ικανότητα συντήρησης και τη διάρκεια ζωής του αποξηραμένου – αλατισμένου γάδου, είναι η διατήρηση των επιπέδων υγρασίας του προϊόντος σε τιμές που δεν υπερβαίνουν το 48%, w/w (Lorentzen et al., 2016).

Η μέθοδος συσκευασίας του προϊόντος μπορεί επίσης να είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις που η αποθήκευση του προϊόντος υπό ψύξη δεν είναι εφικτή. Για παράδειγμα, η αποθήκευση σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας από την οποία έχει αφαιρεθεί το οξυγόνο, αναστέλλει τα αλόφιλα βακτήρια που ευθύνονται για την κόκκινη αλλοίωση, δεδομένου ότι είναι αυστηρά αερόβιοι οργανισμοί

(Oliveira et al., 2012). Εξάλλου, η αποθήκευση σε θερμοκρασίες ψύξης ή κατάψυξης δεν είναι πάντα επιθυμητή. Για παράδειγμα, ο έντονα αλατισμένος μπακαλιάρος που αποθηκεύεται σε θερμοκρασίες μικρότερες των  $-4^{\circ}\text{C}$  υφίσταται μεταβολή της χροιάς, η οποία υποδηλώνει προϊόν κατώτερης ποιότητας.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι μεταβολές βάρους κατά τη συντήρηση, η ενεργότητα ύδατος  $a_w$  του γάδου και η σχετική υγρασία RH του ατμοσφαιρικού αέρα πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία, ώστε να αποτραπεί η μετακίνηση νερού. Όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη από την ενεργότητα ύδατος του γάδου, το ψάρι απορροφά νερό από το περιβάλλον και το βάρος του αυξάνει. Στην αντίθετη περίπτωση ( $a_w > RH$ ), ο μπακαλιάρος χάνει βάρος, καθώς νερό μεταφέρεται στον περιβάλλοντα αέρα (Oliveira et al., 2012).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΑΛΙΠΑΣΤΟΥ ΒΑΚΑΛΑΟΥ

### 4.1. Εισαγωγή

Μετά την αλάτιση και την ξήρανση, ο βακαλάος είναι έτοιμος να διατεθεί στο εμπόριο. Ωστόσο, πριν το μαγείρεμα, το αποξηραμένο – αλατισμένο προϊόν πρέπει να υποστεί αφαλάτωση (ξαρμύρισμα) από τον καταναλωτή. Παραδοσιακά, το προϊόν τεμαχίζεται και τα κομμάτια βυθίζονται σε νερό βρύσης, σε χαμηλή θερμοκρασία (ψυγείο) ή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, για 24-72h, ανάλογα με το μέγεθος των τεμαχίων, την ποσότητα του άλατος και την πορεία της αφαλάτωσης (De los Reyes et al., 2009). Τα τελευταία χρόνια φαίνεται να υπάρχει αυξημένη ζήτηση για προϊόντα έτοιμα προς χρήση, χωρίς την ανάγκη χρονοβόρων προπαρασκευαστικών σταδίων. Ως εκ τούτου, αναπτύχθηκαν διαδικασίες αφαλάτωσης σε βιομηχανικό επίπεδο, οι οποίες προσφέρουν στην αγορά αλίπαστο βακαλάο έτοιμο για μαγείρεμα. Ωστόσο, η αποδοχή, από τους καταναλωτές, του προϊόντος που έχει υποστεί αφαλάτωση σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις δεν πρέπει να θεωρείται εξασφαλισμένη. Η εμπορική επιτυχία του προϊόντος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων ο τρόπος με τον οποίο μαγειρεύεται το προϊόν, ο συνδυασμός και η αναλογία των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, αλλά και πολιτισμικοί παράγοντες και προσωπικές προτιμήσεις (Barat et al., 2004).

### 4.2. Μηχανισμός της αφαλάτωσης

Για την περιγραφή της διαδικασίας αφαλάτωσης του αλίπαστου γάδου, συχνά ακολουθείται μια θερμοδυναμική προσέγγιση, σύμφωνα με την οποία ορίζονται με σαφήνεια και ακρίβεια τα συστατικά που μεταφέρονται (ανταλλάσσονται) στη διάρκεια της διαδικασίας (νερό, αλάτι), περιγράφονται οι φάσεις του συστήματος που συμμετέχουν στη μεταφορά/ανταλλαγή μάζας και ορίζονται οι κινητήριες δυνάμεις και οι αντίστοιχοι μηχανισμοί μεταφοράς μάζας (Andres et al., 2005). Κατά την αφαλάτωση, μέρος του άλατος του προϊόντος μεταφέρεται στην υγρή φάση (νερό δεξαμενής) και μέρος του ελεύθερου νερού της υγρής φάσης μεταφέρεται στη σάρκα του μπακαλιάρου (De los Reyes et al., 2009). Πρόκειται για μια διαδικασία κατά την οποία συμβαίνουν τα ακόλουθα δυο φαινόμενα, σχεδόν παράλληλα (Barat et al., 2004):

1. *Εκχύλιση*: Η διαδικασία της αφαλάτωσης μπορεί να θεωρηθεί ως εκχύλιση στερεού – υγρού, στην οποία τα ιόντα  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$  αποτελούν τις ουσίες που εκχυλίζονται και το νερό αντιπροσωπεύει τον διαλύτη εκχύλισης. Η στερεά φάση της εκχύλισης είναι ο ιστός του ψαριού που περιέχει κυρίως πρωτεΐνες.
2. *Ενουδάτωση*: Η σάρκα του μπακαλιάρου πρέπει να ενυδατωθεί, ώστε το προϊόν να αποκτήσει τα αναμενόμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Στη διάρκεια της διαδικασίας αφαλάτωσης, η περιεκτικότητα του προϊόντος σε υγρασία αυξάνει από μια αρχική τιμή της τάξης του 45-55% (w/w), σε 70-85% (w/w), περίπου, ενώ η περιεκτικότητα σε αλάτι μειώνεται από περίπου 20% (w/w), σε 2-3% (w/w) (Rode & Rotabakk, 2021). Οι μεταβολές αυτές προκαλούν αλλαγές στην υφή και τις ιστολογικές ιδιότητες του μπακαλιάρου. Κατά την επεξεργασία της αλάτισης και ξήρανσης του προϊόντος, η υφή της σάρκας καθίσταται συμπαγής και σκληρή, ενώ κατά την επανουδάτωση ο όγκος του προϊόντος αυξάνει και η σκληρότητα της σάρκας μειώνεται (Barat et al., 2004). Όπως είναι φυσικό, η αφαλάτωση ασκεί σημαντική επίδραση στις μυϊκές πρωτεΐνες. Η υψηλή περιεκτικότητα των ιστών του αλατισμένου – αποξηραμένου γάδου σε χλωριούχο νάτριο οδηγεί σε καθίζηση των πρωτεϊνών. Επίσης, επηρεάζει την ικανότητα συγκράτησης νερού των ιστών και επιδρά στο ισοηλεκτρικό σημείο και τη λειτουργικότητα των πρωτεϊνών, λόγω της προκαλούμενης μετουσίωσης. Κατά την αφαλάτωση, η απομάκρυνση του άλατος οδηγεί σε επαναδιαλυτοποίηση αρκετών πρωτεϊνών (Barat et al., 2004).

Οι Lorentzen et al. (2021) διερεύνησαν εάν και κατά πόσον η ανάδευση του διαλύματος αφαλάτωσης (νερό ξαρμυρίσματος) μπορεί να επηρεάσει τη μάζα, τον όγκο και την περιεκτικότητα σε αλάτι ορισμένης μάζας προϊόντος, καθώς και αν είναι εφικτό η τρισδιάστατη απεικόνιση για τη μέτρηση του όγκου να λειτουργήσει ως δείκτης για την παρακολούθηση της διαδικασίας αφυδάτωσης. Για τον σκοπό αυτό, δείγματα μάζας περίπου 450 g παρέμειναν για 96 ώρες σε νερό, με ορισμένα από αυτά να αναδεύονται κάθε 12 h και τα υπόλοιπα να μην υφίστανται ανάδευση. Στη συνέχεια, τα δείγματα αποθηκεύονταν στο ψυγείο για περίπου 120 h. Στο τέλος κάθε πειραματικού σταδίου, υπολογίστηκαν (για κάθε δείγμα) η μεταβολή βάρους, ο όγκος και η περιεκτικότητα σε αλάτι και νερό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει



θετική συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών βάρους, όγκου και επιπέδων υγρασίας, και αρνητική συσχέτιση με την αλατοπεριεκτικότητα (Lorentzen et al., 2021).

### 4.3. Βιομηχανική αφαλάτωση

Η αφαλάτωση του αλίπαστου βακαλάου, σε βιομηχανική κλίμακα, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, καθώς προϋποθέτει τον προσδιορισμό πολλών μεταβλητών, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τον οργανοληπτικό χαρακτήρα και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Τέτοιες μεταβλητές είναι ο βαθμός ανάδευσης του υγρού αφαλάτωσης και η θερμοκρασία της διεργασίας, η προέλευση και η ποιότητα της πρώτης ύλης, το μέγεθος των τεμαχίων αλίπαστου βακαλάου και η σύστασή τους, η αρχική περιεκτικότητα σε αλάτι και υγρασία, καθώς και τα πιθανά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στο νερό αφαλάτωσης (Andres et al., 2005). Σε βιομηχανική κλίμακα, η αφαλάτωση του προϊόντος πραγματοποιείται συνήθως σε δεξαμενές με σύστημα ανακύκλωσης του νερού. Αν και παραδοσιακά ο καταναλωτής συνηθίζει στο σπίτι να αλλάζει τακτικά το νερό, στη βιομηχανία μια τέτοια διαδικασία συνεπάγεται πολλαπλασιασμό του όγκου των λυμάτων, γεγονός που αντιτίθεται στη γραμμή της Ευρωπαϊκής αλλά και της διεθνούς κοινότητας για μείωση του όγκου των αποβλήτων και ελαχιστοποίηση της χρήσης φυσικών πόρων, όπως το νερό (Lorentzen et al., 2021).

Στις περισσότερες μονάδες επεξεργασίας αλίπαστου βακαλάου εφαρμόζεται ένας σταθερός, μέσος χρόνος αφαλάτωσης που έχει κριθεί ως ο βέλτιστος δυνατός για το συγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας. Εντούτοις, η πρακτική αυτή δεν είναι το ίδιο επαρκής και αποτελεσματική για όλα τα τεμάχια, λόγω των διαφορών τις οποίες παρουσιάζουν στις διαστάσεις, στο σχήμα και στο μέγεθος. Η βιομηχανία αναζητά ένα κατάλληλο, αξιόπιστο σύστημα ελέγχου, με το οποίο θα μπορεί να προσεγγίσει το σωστό σημείο αφαλάτωσης, ώστε το προϊόν που θα διατεθεί στον καταναλωτή να είναι ασφαλές και ποιοτικό. Ιδανικά, αναζητείται ένας τρόπος ελέγχου που δε θα απαιτεί την επαφή του εργαζόμενου με το προϊόν και θα πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνικές που βασίζονται στη χρήση ακτινοβολίας χαμηλής ισχύος, π.χ., όπως η διηλεκτρική φασματοσκοπία (Dielectric Spectroscopy). Με τις τεχνικές αυτές εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο οι

μεταβολές που παρουσιάζουν ορισμένες παράμετροι των κυμάτων σε καθορισμένη συχνότητα, θα μπορούσαν να παρέχουν πληροφορίες για τη σύνθεση του αλίπαστου βακαλάου και τις αλλαγές που υφίσταται αυτή κατά την αφαλάτωση.

Οι De los Reyes et al. (2009) αξιολόγησαν την εφαρμογή της διηλεκτρικής φασματοσκοπίας σε δείγματα αλίπαστου γάδου. Για την ακρίβεια, έκοψαν το ψάρι σε παραλληλεπίπεδα τεμάχια, τα οποία τοποθέτησαν σε αποσταγμένο νερό προς αφαλάτωση, για διαφορετικά χρονικά διαστήματα (15 min, 30min και 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24 και 48h), σε σταθερή θερμοκρασία 5°C. Αμέσως μετά την αφαίρεση των δειγμάτων από το διάλυμα αφαλάτωσης, οι ερευνητές προσδιόρισαν τις διηλεκτρικές ιδιότητές τους σε μια περιοχή συχνοτήτων 200 MHz – 20 GHz. Τα δείγματα αφέθηκαν σε ηρεμία για 24 h, σε θερμοκρασία ίδια με εκείνη στην οποία έγινε η αφαλάτωσή τους και στη συνέχεια μετρήθηκαν ορισμένες από τις φυσικές τους ιδιότητες. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι υπάρχει καλή συσχέτιση μεταξύ των ποιοτικών ιδιοτήτων των δειγμάτων γάδου (ενεργότητα ύδατος, υγρασία σε ξηρή βάση, ποσότητα χλωριούχου νατρίου) μετά από 24 ώρες αφαλάτωσης και των μετρήσεων των διηλεκτρικών ιδιοτήτων στα 10 GHz που πραγματοποιήθηκαν λίγο πριν τα αφήσουν σε ηρεμία. Κατά συνέπεια, οι μετρήσεις σε αυτή τη συχνότητα θα μπορούσαν πιθανότατα να χρησιμοποιηθούν σε ένα on-line σύστημα ελέγχου της αφαλάτωσης του προϊόντος (De los Reyes et al, 2009).

Μεταξύ των τεχνικών που έχουν διερευνηθεί, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της διαδικασίας αφαλάτωσης σε πραγματικό χρόνο, είναι και οι μέθοδοι ανάλυσης σε ροή, οι οποίες χρησιμοποιούν αναλυτές ροής που λειτουργούν αυτοματοποιημένα και μεταφέρουν, σε καθορισμένα τακτά χρονικά διαστήματα, δείγμα σε ένα κανάλι. Θεωρητικά, για την περαιτέρω ανάλυση των λαμβανομένων δειγμάτων απαιτείται σύζευξη με ανιχνευτή ατομικής απορρόφησης για τον προσδιορισμό του νατρίου ή με σύστημα ποτενσιομετρικής ανίχνευσης ή θολερόμετρο για τον προσδιορισμό του χλωρίου. Πρακτικά, δεν είναι όλες οι λύσεις το ίδιο αποτελεσματικές ή οικονομικά συμφέρουσες. Για παράδειγμα, ο ανιχνευτής ατομικής απορρόφησης θα απαιτούσε συνεχή ροή στον εκνεφωτή, ενώ ο εξοπλισμός θα πρέπει να βρίσκεται συνεχώς σε λειτουργία, με αποτέλεσμα μεγάλη κατανάλωση αερίων. Επίσης, η άμεση ποτενσιομετρική ογκομέτρηση δεν είναι ακριβής, καθώς

προσδιορίζει μόνο τα ιόντα χλωρίου που κυκλοφορούν ελεύθερα στο διάλυμα και, όπως είναι γνωστό, υπάρχουν παρεμβάσεις από την παρουσία ορισμένων οργανικών ενώσεων. Οι Santos et al (2012), σε έρευνα που έκαναν προσδιόρισαν την ποσότητα χλωρίου του διαλύματος αφαλάτωσης με τη βοήθεια ενός συστήματος σύζευξης που περιλάμβανε συσκευή ανάλυσης έγχυσης σε ροή και μια συσκευή θολερομετρίας. Σε 3 ml υγρού αφαλάτωσης προστέθηκαν 0,211 mg AgNO<sub>3</sub>, 30,6 mg HNO<sub>3</sub> και 31,1 μg PVA ανά προσδιορισμό και πραγματοποιήθηκαν περίπου 10 αναλύσεις σε χρονικό διάστημα 28 και 31 ωρών. Ο Ag<sup>+</sup> που προστέθηκε σε όξινο περιβάλλον σχημάτισε με το Cl<sup>-</sup> ίζημα, το οποίο προσδιορίστηκε με θολερομετρία. Η ακρίβεια των αναλύσεων επιβεβαιώθηκε σε σύγκριση με ποτενσιομετρική μέθοδο αναφοράς, κατά την οποία δεν προέκυψε σημαντική στατιστική διαφορά (Santos et al., 2012).

#### 4.4. Αφαλάτωση και διάρκεια ζωής του αλίπαστου βακαλάου

Η αλάτιση και η πιθανή ξήρανση προστατεύουν το γάδο από την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Μετά την αφαλάτωση, οι συνθήκες για την ανάπτυξη βακτηρίων γίνονται πιο ευνοϊκές. Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι όταν ο γάδος διατηρηθεί σε χαμηλή θερμοκρασία (ψύξη), μετά την αφαλάτωση, για 6 μέρες, διαπιστώνεται σημαντική ανάπτυξη βακτηρίων και στις 7-10 ημέρες συντήρησης, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αλλοιώνονται και το προϊόν κρίνεται απορριπτό (Rode & Rotabakk, 2021). Για να παραταθεί η διάρκεια ζωής του προϊόντος, ο ξαρμυρισμένος βακαλάος πρέπει να καταψυχθεί ή να συσκευασθεί κατάλληλα. Για τη συσκευασία του μπορούν να εφαρμοστούν συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, με υψηλή αναλογία CO<sub>2</sub>, παρουσία ή απουσία οξυγόνου (O<sub>2</sub>) ή αζώτου (N<sub>2</sub>).

Η επεξεργασία υψηλής πίεσης (High Pressure Processing), σε συνδυασμό με ατμόσφαιρα CO<sub>2</sub>, χρησιμοποιήθηκε κατά το παρελθόν, με σκοπό να αδρανοποιηθούν οι μικροοργανισμοί και να παραμείνει το προϊόν αναλλοίωτο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, έχει διαπιστωθεί ότι η απαιτούμενη πίεση μπορεί να παρουσιάζει υψηλές διακυμάνσεις (48 – 600 MPa). Οι Rode & Rotabakk (2021) πραγματοποίησαν μελέτη σε μπακαλιάρο που είχε υποστεί αφαλάτωση, με σκοπό να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα γνωστών μεθόδων συσκευασίας και επεξεργασίας, σε σχέση με την παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Εφάρμοσαν τη συσκευασία υπό

κενό, τη συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα και την επεξεργασία σε συνθήκες υψηλής πίεσης, μεμονωμένα και σε συνδυασμό μεταξύ τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η εφαρμογή αυτών των μεθόδων αύξησε τη διάρκεια ζωής του επανυδατωμένου γάδου κατά αρκετές ημέρες. Βέλτιστα αποτελέσματα διαπιστώθηκαν κατά την επεξεργασία σε συνθήκες υψηλής πίεσης (600 MPa, 5 min), στις οποίες ο γάδος παρέμεινε αναλλοίωτος για 49 ημέρες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στα πλαίσια του πειραματικού μέρους της εργασίας μελετήθηκε ο ρυθμός αφαλάτωσης (απομάκρυνσης του μαγειρικού άλατος) και πρόσληψης νερού, από ομοιόμορφου βάρους τεμάχια φιλέτων αλίπαστου βακαλάου του Ατλαντικού (*Gadus morhua*), τα οποία είχαν εμβαπτιστεί σε πενταπλάσια ποσότητα απιονισμένου νερού, για διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Τα δείγματα του ξαρμυρισμένου προϊόντος υποβλήθηκαν σε ανάλυση, με σκοπό τον προσδιορισμό των επιπέδων άλατος και υγρασίας. Παράλληλα, προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σε αλάτι του υγρού ξαρμυρίσματος. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν.

### 5.1. Υλικά και μέθοδοι

Για την διεξαγωγή του πειραματικού μέρους χρησιμοποιήθηκαν δυο φιλέτα αλίπαστου μπακαλιάρου Ατλαντικού, προέλευσης Νορβηγίας, βάρους περίπου 1,5 kg έκαστο. Αρχικά απομακρύνθηκαν οι ορατοί κρύσταλλοι άλατος από την επιφάνεια των φιλέτων, εφαρμόζοντας ελαφρύ βούρτσισμα, και στη συνέχεια τα φιλέτα κόπηκαν σε τεμάχια ομοιόμορφου μεγέθους και κατάλληλων διαστάσεων ( $3 \times 3 \text{ cm}^2$ ), ώστε να προκύψουν δείγματα βάρους περίπου 40 g. Τα δείγματα ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε φαρμακευτικό ζυγό και καθένα εξ αυτών τοποθετήθηκε σε υδατοστεγή πλαστική σακούλα, στην οποία προστέθηκαν (με ογκομετρικό κύλινδρο) 200 mL απιονισμένου νερού. Οι χρόνοι παραμονής των δειγμάτων στο νερό ήταν οι εξής: 30 min, 1h, 2h, 6h, 8h, 16h και 24h. Οι μεταβολές σύστασης μελετήθηκαν σε τρία δείγματα ανά χρονική περίοδο ξαρμυρίσματος (συνολικά  $7 \times 3 = 21$  δείγματα), χωρίς να εφαρμοστεί ενδιάμεση ανάδευση. Μετά την ολοκλήρωση του προβλεπόμενου χρόνου κατεργασίας, τα δείγματα αφαιρούνταν από το υγρό ξαρμυρίσματος, στραγγίζονταν ελαφρώς και ακολουθούσε προσδιορισμός των επιπέδων άλατος και υγρασίας των ξαρμυρισμένων δειγμάτων και προσδιορισμός της συγκέντρωσης άλατος του υγρού ξαρμυρίσματος (άλμη).

#### 5.1.1. Προσδιορισμός υγρασίας

Οι προσδιορισμοί υγρασίας πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια θερμοζυγού (IR Kern, ο οποίος είχε προηγουμένως μηδενιστεί (TARE) και αφεθεί να ζεσταθεί για

10 min. Ποσότητα περίπου 3 g λεπτά τεμαχισμένης – ομοιογενούς μάζας μυϊκού ιστού (χωρίς δέρμα) απλώθηκε ομοιόμορφα στο δισκάκι ζύγισης της συσκευής, με τη βοήθεια σπάτουλας και μεταλλικής λαβίδας, και ο θερμοζυγός τέθηκε σε λειτουργία. Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης (σταθεροποίηση του βάρους του αποξηραμένου δείγματος), το αποτέλεσμα εμφανίστηκε στην ψηφιακή οθόνη της συσκευής.

#### *5.1.2. Προσδιορισμός άλατος με τη μέθοδο Mohr*

Όργανα – Υλικά – Αντιδραστήρια

- Θερμαντική πλάκα
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Γυάλινα σκεύη (ποτήρι ζέσεως 750 mL και 400 mL, χωνί, ογκομετρική φιάλη 250 mL, κωνική φιάλη 250 mL, σιφώνια 1, 5 και 10 mL, προχοΐδα 25 mL)
- Διάλυμα  $\text{AgNO}_3$  (0,1 M)
- Διάλυμα  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (10%)

Πορεία εργασίας

#### *Δείγματα αλίπαστου βακαλάου*

Ποσότητα  $5 \pm 0,1$  g λεπτά τεμαχισμένου, ομοιογενούς δείγματος φέρεται σε βρασμό με 200 mL απιονισμένου νερού υπό συνεχή ανάδευση, προς παραλαβή του άλατος. Το υδατικό διάλυμα μεταγγίζεται σε ογκομετρική φιάλη 250 mL, ενώ το στερεό υπόλειμμα εκπλύνεται με 40 mL απιονισμένου νερού. Το υγρό της έκπλυσης μεταφέρεται στην ογκομετρική φιάλη, η οποία, αφού συμπληρωθεί μέχρι τη χαραγή, ανακινείται καλά. Σε 10 mL του τελικού αραιωμένου διαλύματος προστίθενται 90 mL απιονισμένου νερού, 1 mL διαλύματος 10%  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  και το όλο τιτλοδοτείται με διάλυμα 0,1 M  $\text{AgNO}_3$ , υπό ισχυρή ανάδευση.

#### *Υγρό ξαρμυρίσματος*

Το υγρό ξαρμυρίσματος (άλμη) από τις υδατοστεγείς σακούλες μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη 250 mL, συμπληρώθηκε έως τη χαραγή με απιονισμένο νερό

και ανακινήθηκε καλά. Από το υγρό που δειγματίστηκε στα 30 min ελήφθησαν 5 mL για ανάλυση, χρησιμοποιώντας σιφώνιο πλήρωσεως, ενώ από τις υπόλοιπες άλμες ελήφθησαν 2 mL. Το κλάσμα μεταγγίστηκε σε κωνική φιάλη, συμπληρώθηκε με νερό μέχρι τα 100 mL και αφού προστέθηκε 1 mL διαλύματος  $K_2CrO_4$  10%, τιτλοδοτήθηκε με διάλυμα 0,1 M  $AgNO_3$ , υπό συνεχή ανάδευση.

### 5.1.3. Προσδιορισμός μεταβολών βάρους και όγκου

Τα δείγματα απομακρύνθηκαν από το υγρό ξαρμυρίσματος, αφέθηκαν να στραγγίσουν και στη συνέχεια στεγνώθηκαν με διηθητικό χαρτί και ζυγίστηκαν. Οι μεταβολές βάρους εκφράστηκαν ως ποσοστό επί του αρχικού βάρους του δείγματος με τη βοήθεια της ακόλουθης σχέσης:

$$\text{Μεταβολή βάρους (\%)} = (B_{\text{τελικό}} - B_{\text{αρχικό}}) \times (100 : B_{\text{αρχικό}})$$

Ο προσδιορισμός των μεταβολών όγκου του υγρού ξαρμυρίσματος έγινε με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου.

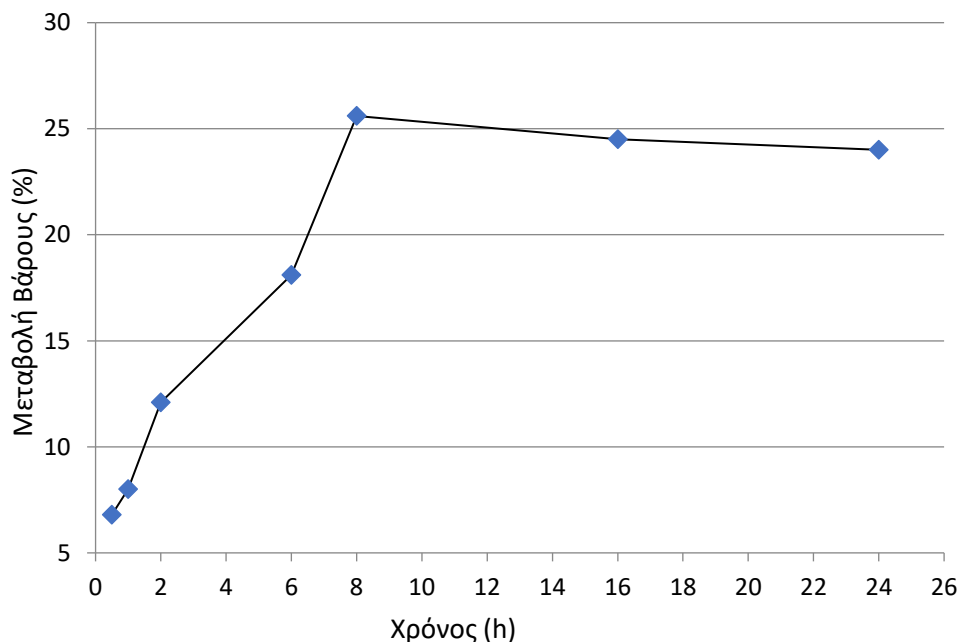
## 5.2. Αποτελέσματα και συζήτηση αποτελεσμάτων

### 5.2.1. Μεταβολές βάρους δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου

Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι μεταβολές βάρους των δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου κατά το ξαρμύρισμα. Κατά το αρχικό στάδιο της διαδικασίας παρατηρείται ταχεία, σχεδόν γραμμική αύξηση του βάρους των δειγμάτων, η οποία αποδίδεται στην επαναπρόσληψη νερού από τις μυϊκές πρωτεΐνες. Μέγιστη μεταβολή βάρους (περίπου 25%) διαπιστώθηκε στα δείγματα που παρέμειναν στο νερό για 8 ώρες, χρόνος κατά τον οποίο αποκαταστάθηκε ισορροπία στα φαινόμενα ανταλλαγής ύλης. Από τη χρονική αυτή στιγμή και μετέπειτα, δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές μεταβολές: η αύξηση του βάρους των δειγμάτων παρέμεινε πρακτικά αμετάβλητη και ισοδύναμη περίπου με το  $\frac{1}{4}$  του αρχικού τους βάρους. Το υψηλό τελικό ποσοστό αύξησης βάρους των δειγμάτων (παρά την ταυτόχρονη απώλεια άλατος από το προϊόν) υποδεικνύει ότι οι μυϊκές πρωτεΐνες, αν και υπέστησαν μετουσίωση (εξαλάτωση) κατά την επεξεργασία της αλάτισης, λόγω κορεσμού του προϊόντος σε αλάτι, εξακολουθούν να διατηρούν ένα μέρος της ικανότητάς τους να συγκρατούν νερό.

**Πίνακας 6.** Μεταβολές βάρους δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου κατά το ξαρμύρισμα

Χρόνος (h)	Μέσο αρχικό βάρος δείγματος (g)	Μέσο τελικό βάρος δείγματος (g)	Μεταβολή βάρους (g)	Μεταβολή βάρους (%)
0,5	41,04	43,85	2,81	6,8
1	41,57	44,88	3,31	8,0
2	41,4	46,42	5,02	12,1
6	40,81	48,2	7,39	18,1
8	40,1	50,35	10,25	25,6
16	39,6	49,3	9,7	24,5
24	35	43,38	8,38	24,0



**Γραφική Παράσταση 1.** Μεταβολές βάρους δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου, συναρτησει του χρόνου παραμονής σε απιονισμένο νερό (αναλογία ιχθυηρού: νερού = 1: 5)

### 5.2.2. Μεταβολές άλατος αλίπαστου βακαλάου

Στον πίνακα 5.2 απεικονίζονται οι μεταβολές της συγκέντρωσης άλατος των δειγμάτων αλίπαστου μπακαλιάρου κατά το ξαρμύρισμα για χρονικά διαστήματα που κυμάνθηκαν από 30 min έως 24 ώρες. Κατά το πρώτο μισάωρο παραμονής των φιλέτων στο νερό, παρατηρείται σχεδόν κατακόρυφη πτώση της περιεκτικότητας σε αλάτι. Καθώς συνεχίζεται η διαδικασία της αφαλάτωσης, οι συγκεντρώσεις άλατος

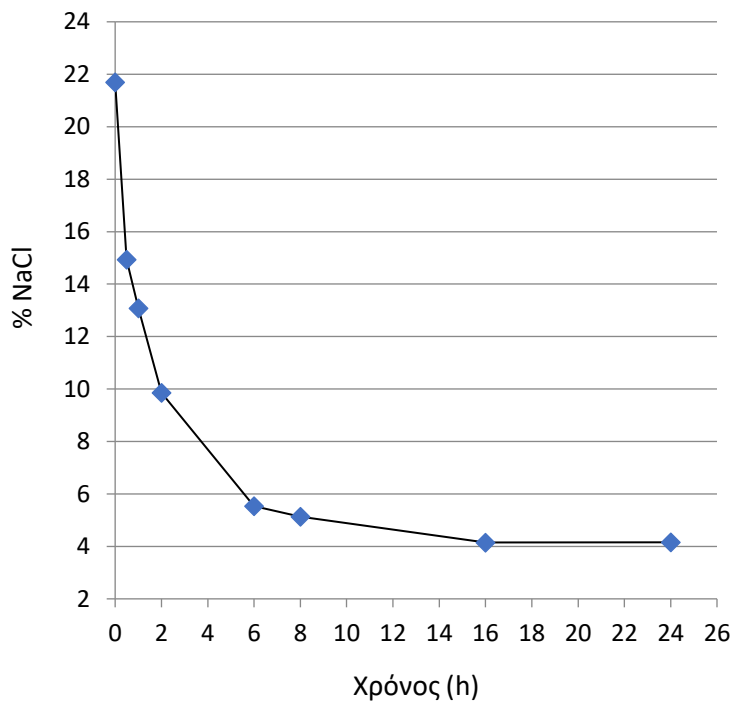


των δειγμάτων μειώνονται σταδιακά, με διαρκώς επιβραδυνόμενο ρυθμό και ως εκ τούτου η αντίστοιχη καμπύλη (Σχήμα 5.2) τείνει να καταστεί παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου. Τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας (ανταλλαγής ύλης), τα οποία λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία του ξαρμυρίσματος, αποδίδονται στις διαφορές ωσμωτικής πίεσης μεταξύ των δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου και του υγρού ξαρμυρίσματος και περιλαμβάνουν, αφενός μετακίνηση άλατος από το προϊόν στο υγρό ξαρμυρίσματος, αφετέρου δε μετακίνηση νερού από το υγρό ξαρμυρίσματος στο αλίπαστο ιχθυηρό. Τελικά, μετά από 16 ώρες, περίπου, τα φαινόμενα ανταλλαγής ύλης διακόπτονται (αποκατάσταση ισορροπίας) και στη συνέχεια τα επίπεδα άλατος του ξαρμυρισμένου ιχθυηρού παραμένουν πρακτικά αμετάβλητα (τελική τιμή περίπου 4%). Αν και στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας το προϊόν χάνει σημαντική ποσότητα άλατος προς το υγρό ξαρμυρίσματος (μείωση της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε αλάτι περίπου κατά 17%), το βάρος του ξαρμυρισμένου προϊόντος παρουσιάζει αύξηση κατά 24%, περίπου (Πίνακας 5.1), γεγονός που αποδίδεται στην πρόσληψη μεγάλης ποσότητας νερού από τις μυϊκές πρωτεΐνες.

**Πίνακας 7.** Μεταβολές της περιεκτικότητας άλατος δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου, κατά το ξαρμύρισμα σε απιονισμένο νερό

α/α	Χρόνος (h)	Δείγματα Μπακαλιάρου	B <sub>s</sub> (g)	V AgNO <sub>3</sub> 0,1 M (mL)	% NaCl (w/w)	M.O.
1	0	A	5,01	7,1	20,73	21,70
		B	5,02	7,2	20,98	
		Γ	5,00	8	23,40	
2	0,5	A	5,03	5,0	14,54	14,93
		B	5,04	5,2	15,08	
		Γ	5,01	5,2	15,18	
3	1	A	5,04	4,8	13,93	13,08
		B	5,00	4,6	13,45	
		Γ	5,06	4,1	11,85	
4	2	A	5,02	3,0	8,74	9,85
		B	5,05	3,7	10,72	
		Γ	5,08	3,5	10,08	
5	6	A	5,01	2,1	6,13	5,54
		B	5,03	2,0	5,82	

		Γ	5,00	1,6	4,68	
		A	5,01	2,2	6,42	
6	8	B	5,01	1,2	3,50	5,13
		Γ	5,05	1,8	5,21	
		A	5,01	1,2	3,50	
7	16	B	5,08	1,7	4,89	4,15
		Γ	5,03	1,4	4,07	
		A	5,02	0,8	2,33	
8	24	B	5,03	1,4	4,07	4,16
		Γ	5,06	2,1	6,07	



**Γραφική Παράσταση 2.** Μεταβολές περιεκτικότητας άλατος δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου, κατά το ξαρμύρισμα σε απιονισμένο νερό (αναλογία ιχθυηρού: νερού = 1: 5)

### 5.2.3. Μεταβολές υγρασίας αλίπαστου βακαλάου

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι μεταβολές της περιεκτικότητας των δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου σε υγρασία, κατά τη διάρκεια του ξαρμυρίσματος. Κατά το διάστημα των 2 πρώτων ωρών της διαδικασίας, το ποσοστό υγρασίας του προϊόντος παρουσίασε ταχύτατη αύξηση, ανερχόμενο σε 72,79%, συνέχισε δε να αυξάνει (αν και με διαρκώς μειούμενο ρυθμό) μέχρι το τέλος της αφαλάτωσης των δειγμάτων, φθάνοντας ένα επίπεδο της τάξης του 81%, περίπου (Σχήμα 5.3). Η τιμή

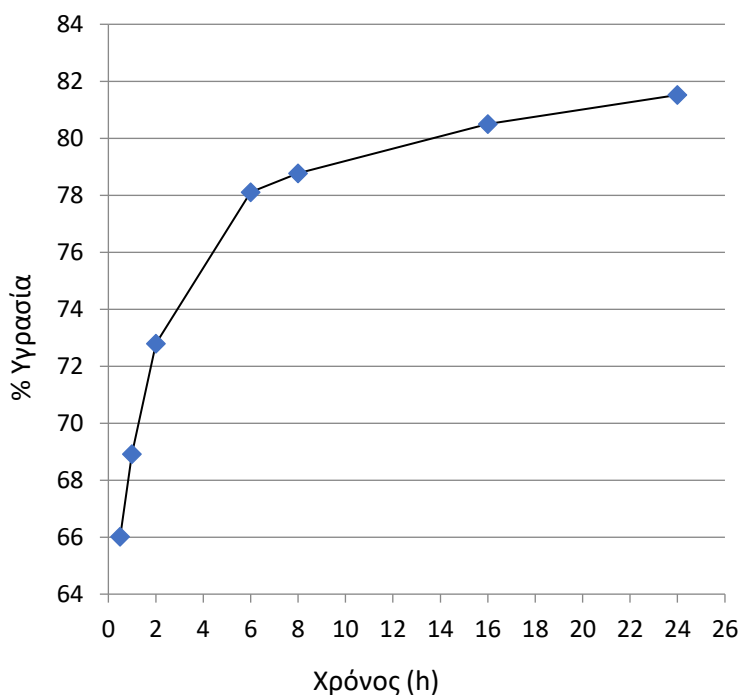
αυτή δεν διαφέρει ουσιαστικά από τα επίπεδα υγρασίας της νωπής πρώτης ύλης, γεγονός που επιβεβαιώνει την ικανότητα των μυοϊνδικών πρωτεϊνών του προϊόντος να επαναπροσλαμβάνουν νερό.

**Πίνακας 8.** Μεταβολές της περιεκτικότητας σε υγρασία δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου κατά το ξαρμύρισμα σε απιονισμένο νερό

α/α	Χρόνος (h)	Δείγματα Μπακαλιάρου	% Υγρασία	Μ.Ο.
1	0,5	A	66,29	66,02
		B	64,92	
		Γ	66,85	
2	1	A	66,67	68,92
		B	71,88	
		Γ	68,20	
3	2	A	72,64	72,79
		B	71,56	
		Γ	74,17	
4	6	A	77,67	78,11
		B	81,11	
		Γ	75,55	
5	8	A	82,47	78,77
		B	78,45	
		Γ	75,40	
6	12	A	79,47	80,5
		B	80,25	
		Γ	81,78	
7	24	A	82,51	81,52
		B	81,24	
		Γ	80,81	

Δεδομένου ότι κατά τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τεμαχισμένα δείγματα ιστού, μπορεί να θεωρηθεί ότι με την ολοκλήρωση των φαινομένων διάχυσης αποκαθίσταται ισορροπία κατά τη φυσικοχημική έννοια, δηλαδή, η συγκέντρωση άλατος στο νερό των ιστών (εσωτερική άλμη) αναμένεται να είναι πρακτικά ίση με τη συγκέντρωση άλατος στο υγρό ξαρμυρίσματος που περιβάλλει τα δείγματα

(εξωτερική άλμη). Ως εκ τούτου, ο συντελεστής κατανομής άλατος  $k_e$  μπορεί να θεωρηθεί ίσος με τη μονάδα:  $k_e = [Cl]_f : [Cl]_b \approx 1$ , όπου  $[Cl]_f$  και  $[Cl]_b$  οι μοριακές συγκεντρώσεις του NaCl στο νερό της σάρκας του ψαριού και στην εξωτερική άλμη, αντίστοιχα.



**Γραφική Παράσταση 3.** Μεταβολές ποσοστού υγρασίας δειγμάτων ξαρμυρισμένου βακαλάου, συναρτήσει του χρόνου παραμονής σε απιονισμένο νερό (αναλογία ιχθυηρού: νερού = 1: 5)

#### 5.2.4. Μεταβολές όγκου υγρού ξαρμυρίσματος

Στον Πίνακα 5.4 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι μεταβολές που παρουσίασε ο όγκος του υγρού ξαρμυρίσματος κατά τη διάρκεια της αφαλάτωσης των δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου. Όπως είναι αναμενόμενο, ο όγκος του υγρού ξαρμυρίσματος παρουσιάζει σταδιακή μείωση, με την πάροδο του χρόνου, αφού τα δείγματα αλίπαστου ψαριού απορροφούν μεγάλη ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους και της περιεκτικότητάς τους σε υγρασία. Στη διάρκεια των 24 ωρών της διαδικασίας ξαρμυρίσματος, ο όγκος του περιβάλλοντος υγρού (άλμη) μειώθηκε περίπου κατά 11%.

**Πίνακας 9.** Μεταβολές όγκου νερού κατά το ξαρμύρισμα αλίπαστου βακαλάου

Χρόνος (h)	Μέσος αρχικός όγκος υγρού (mL)	Μέσος τελικός όγκος νερού (mL)	Μεταβολή όγκου (mL)	Μεταβολή όγκου (%)

0,5	205	195,7	- 9,3	- 4,5
1	205,7	203	- 2,7	- 1,31
2	206,7	197	- 9,7	- 4,7
6	204	187,3	- 16,7	- 8,2
8	200,3	181,7	- 18,6	- 9,3
16	197,7	173,3	- 24,4	- 12,3
24	174,7	155,7	- 19	- 10,9

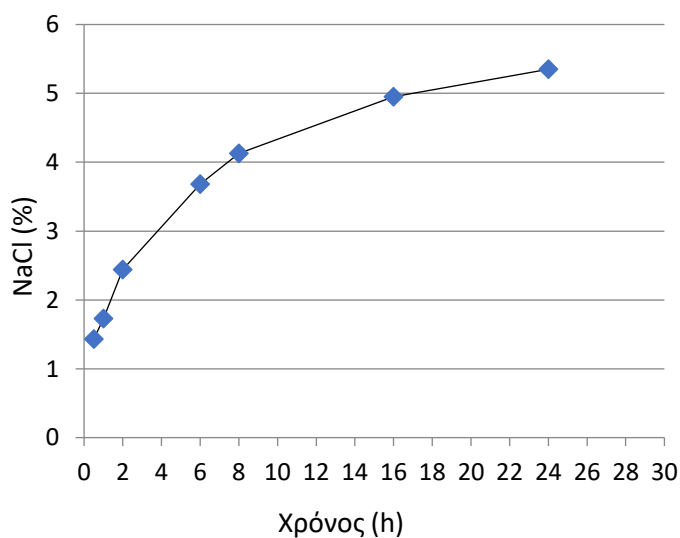
### 5.2.5. Μεταβολές άλατος υγρού ξαρμυρίσματος

Οι μεταβολές της συγκέντρωσης άλατος στο υγρό ξαρμυρίσματος κατά την αφαλάτωση των δειγμάτων αλίπαστου βακαλάου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5. Στο διάστημα των 24 ωρών παραμονής των δειγμάτων στο υγρό, η περιεκτικότητα του τελευταίου σε NaCl αυξήθηκε από 0% (στο καθαρό νερό) σε 5,35%. Ο ρυθμός αυτής της μεταβολής ήταν ιδιαίτερα ταχύς κατά τη διάρκεια των πρώτων 2 ωρών της διαδικασίας ξαρμυρίσματος, ενώ στη συνέχεια παρουσίασε σταδιακή μείωση, καθώς η διαφορά των συγκεντρώσεων άλατος μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής άλμης άρχισε να μειώνεται. Στη διάρκεια των φαινομένων ανταλλαγής ύλης, το υγρό ξαρμυρίσματος προσλαμβάνει αλάτι από το αλίπαστο ιχθυηρό και ταυτόχρονα χάνει νερό προς το ιχθυηρό (μείωση όγκου), με αποτέλεσμα να συμπυκνώνεται. Ο συνδυασμός των δυο αυτών διαδικασιών επιταχύνει την αύξηση της συγκέντρωσης άλατος στο υγρό ξαρμυρίσματος. Ωστόσο, πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη ότι η αύξηση της συγκέντρωσης άλατος στο υγρό ξαρμυρίσματος και των επιπέδων υγρασίας στο αλίπαστο ιχθυηρό, επιβραδύνουν τα φαινόμενα διάχυσης, δεδομένου ότι οδηγούν σε μείωση της διαφοράς των συγκεντρώσεων άλατος μεταξύ των δυο.

**Πίνακας 10.** Μεταβολές της περιεκτικότητας υγρού ξαρμυρίσματος σε αλάτι, κατά τη διαδικασία της αφαλάτωσης αλίπαστου βακαλάου

α/α	Διάρκεια αφαλάτωσης (h)	Δείγμα υγρού	Τελικός όγκος (mL)	V AgNO <sub>3</sub> 0,1 M (mL)	% NaCl (w/v)	% NaCl (M.O.)
1	0,5	A	206	8,5	1,21	
		B	190	12,3	1,89	1,43
		Γ	191	7,8	1,19	
2	1	A	201	4,0	1,45	
		B	202	4,4	1,59	1,73

		Γ	206	6,1	2,17	
3	2	A	197	6,9	2,56	2,44
		B	200	6,0	2,19	
		Γ	194	6,8	2,56	
4	6	A	198	8,7	3,21	3,68
		B	192	9,3	3,54	
		Γ	172	10,1	4,29	
5	8	A	188	8,7	3,38	4,13
		B	171	11,8	5,05	
		Γ	186	10,1	3,97	
6	16	A	172	13,6	5,78	4,95
		B	184	10,2	4,05	
		Γ	164	11,3	5,04	
7	24	A	142	11,3	5,82	5,35
		B	152	11,8	5,68	
		Γ	173	10,8	4,56	



**Γραφική Παράσταση 4.** Μεταβολές περιεκτικότητας άλατος στο υγρό ξαρμυρίσματος, συναρτήσει του χρόνου παραμονής των δειγμάτων σε απιονισμένο νερό (αναλογία ιχθυηρού: νερού = 1: 5)

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ξαρμύρισμα του αλίπαστου βακαλάου αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία, η οποία κυριαρχείται από φαινόμενα ώσμωσης – διάχυσης και μεταφοράς μάζας. Στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας το αλίπαστο προϊόν προσλαμβάνει μεγάλη ποσότητα νερού από το υγρό ξαρμυρίσματος και διογκώνεται, ενώ ταυτόχρονα αποβάλλει, προς αυτό, το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου NaCl. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, και για τη δεδομένη αναλογία «ψαριού» – «υγρού ξαρμυρίσματος» (1: 5), η διακοπή των φαινομένων ανταλλαγής ύλης έλαβε χώρα σε 24 ώρες, περίπου. Στην κατάσταση ισορροπίας, το προϊόν παρουσίασε αύξηση βάρους 24% και περιείχε 81,5% νερό και 4% αλάτι. Οι μεταβολές αυτές δείχνουν ότι οι μυϊκές πρωτεΐνες στο αλίπαστο προϊόν εξακολουθούν να διατηρούν μεγάλο μέρος της ικανότητάς τους να δεσμεύουν νερό. Επιπλέον, γίνεται σαφές ότι, στις συνθήκες που εφαρμόστηκαν, η αφαλάτωση δεν εξελίσσεται στον επιθυμητό βαθμό και το τελικό προϊόν αναμένεται να έχει έντονα αλμυρή γεύση. Για την επίτευξη του επιδιωκόμενου επιπέδου άλατος (συνήθως 1,5-2%), είναι απαραίτητο να αυξηθεί η σχετική αναλογία του υγρού ξαρμυρίσματος, π.χ. σε 1: 10, ή/και να πραγματοποιηθεί αλλαγή του υγρού σε κάποιο ενδιάμεσο στάδιο της διαδικασίας.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Andres, A., Rodriguez-Barona, S., Barat, J.M.** 2005. Analysis of some cod-desalting process variables. *Journal of Food Engineering*, 70 (1): 67-72: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.09.014>
- **Barat, J.M, Rodriguez-Barona, S., Visquert, A.M.** 2004. Mass transfer analysis during the cod desalting process. *Food Research International*, 37 (3): 203-208: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.11.001>
- **Boeri, C., da Silva, F.N., Ferreira, J, Saraiva, J., Salvador, A.** 2011. Predicting the drying kinetics of salted codfish (*Gadus Morhua*): semi-empirical, diffusive and neural network models. *International Journal of Food Science and Technology*, 46 (3): 509-515: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02513.x>
- **Cohen, D.M., Inada, T., Iwamoto, T., Scialabba, N.** 1990. FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. *FAO Fisheries Synopsis No. 125*, vol. 10. Rome: FAO: 442 p.
- **De los Reyes, R., Balbastre, J.V., Andres, A., Fito, P., De los Reyes, E.** 2009. Monitoring the Desalting Process of Cod Using Dielectric Spectroscopy. *The Journal of microwave power and electromagnetic energy: a publication of the International Microwave Power Institute*, 43 (3): 42-47: <http://dx.doi.org/10.1080/08327823.2008.11688619>
- **Del Valle, F.R. & Nickerson, J.T.R.** 1968. Salting and Drying Fish. 3. Diffusion of Water. *Journal of Food Science*, 33 (5): 499-503: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb03663.x>
- **FAO & WHO.** 2020. Processing of salted and dried salted fish. In the: *Code of Practice for Fish and Fishery Products of the Codex Alimentarius*. Rome: 191-201 : <https://doi.org/10.4060/cb0658en>
- **FDA.** 2021. Appendix 5: FDA and EPA Safety Levels in Regulation and Guidance. In p.the *Fish and Fishery Products - Hazards and Controls Guidance* (4<sup>th</sup> edition). Florida.: A5-10 : <https://www.fda.gov/media/80400/download>



- **Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I., Fito, P.** 2007. A comparative study of brine salting of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Engineering*, 79 (1): 261-270: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.053>
- **Harrison, F. C., and Kennedy, M. E.** (1922) The red discoloration of cured cod fish. *Trans. Royal Soc. Canada, Ser. III*, 16, 101-152. <https://journals.asm.org/doi/pdf/10.1128/am.2.2.64-69.1954>
- **Huss, H.H.** 1995. 4. Chemical Composition. In *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper -348. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Available online: <https://www.fao.org/3/v7180e/v7180e00.htm>
- **Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2073/2005** της Επιτροπής της 15<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 2005 περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα. Τροποποίηση 08/03/2020. Διατίθεται διαδικτυακά: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX%3A32005R2073>
- **Kuncic, M.K., Kogej, T., Drobne, D., Gunde-Cimerman, N.** 2010. Morphological Response of the Halophilic Fungal Genus *Wallemia* to High Salinity. *Applied and Environmental Microbiology*, 76 (1): 329-337: <https://dx.doi.org/10.1128%2FAEM.02318-09>
- **Λάζος, Ε. & Λάζου Α.** (2010). Επεξεργασία Τροφίμων 2. Διεργασίες Συντηρήσεως με Φυσικοχημικές, Βιολογικές, Νέες & Αναδυόμενες Τεχνολογίες. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζή ΑΕΒΕ.
- **Λουγκοβόης, Β.** 2019. Συντήρηση Ιχθυηρών με Αλάτιση. Μαθήματα e-class. Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, ΠΑ.Δ.Α. [https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/TTT126/1.%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%9C%CE%AD%CF%81%CE%BF%CF%82%20%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82/%CE%95%CE%9A%CE%A0%CE%91%CE%99%CE%94%CE%95%CE%A5%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%9F%20%CE%A5%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%9F/fish\\_salting\\_ms.pdf](https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/TTT126/1.%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%9C%CE%AD%CF%81%CE%BF%CF%82%20%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82/%CE%95%CE%9A%CE%A0%CE%91%CE%99%CE%94%CE%95%CE%A5%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%9F%20%CE%A5%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%9F/fish_salting_ms.pdf)

- **Lauritzsen, K. Akse, L., Gundersen, B., Olsen, R.L.** 2004. Effects of calcium, magnesium and pH during salt curing of cod (*Gadus morhua* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (7): 683-692: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1697>
- **Linton, E.P. & Wood A.L.** 1945. Drying of Heavily Salted Fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 6d(5): 380-391: <https://doi.org/10.1139/f42-045>
- **Lorentzen, G., Breiland, M.S.W., Ostli, J., Wang-Andersen, J., Olsen, R.L.** 2015. Growth of halophilic microorganisms and histamine content in dried salt-cured cod (*Gadus morhua* L.) stored at elevated temperature. *LWT- Food Science and Technology*, 60 (1): 598-602: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.035>
- **Lorentzen, G., Ageeva, T.N., Heia, K.** 2021. Desalting of dried salt-cured cod (*Gadus morhua* L.) without water renewal-3D imaging of volume change. *Food Control*, 121. 121: 1-8: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107613>
- **Lorentzen, G., Egeness, F.-A., Pleym, I.E., Ytterstad, E.** 2016. Shelf life of packaged loins of dried salt-cured cod (*Gadus morhua* L.) stored at elevated temperatures. *Food Control*, 64: 65-69: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.12.027>
- **Nelson, J.S., Grande, T.C., Wilson, M.V.H.** 2016. *Fishes of the World*, 5<sup>th</sup> Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.: 293-301
- **Nguyen, M.V. Arason, S., Thorarinsdottir, K.A., Thorkelsson, G., Gudmundsdottir, A.** 2010. Influence of salt concentration on the salting kinetics of cod loin (*Gadus morhua*) during brine salting. *Journal of Food Engineering*, 100 (2): 225-231: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.003>
- **Oliveira, H., Pedro, S., Nunes, M.L., Costa, R., Vaz-Pires, P.** 2012. Processing of Salted Cod (*Gadus spp.*): A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11 (6): 546-564: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00202.x>
- **Oren, A.** 2017. Halococcus. In *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*: 1-15: <https://doi.org/10.1002/9781118960608.gbm00484.pub2>

- **Oren, A. & Ventosa, A.** 2017. Halobacterium. In *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*: 1-11: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118960608.gbm00482.pub2>
- **Ozuna, C., Carcel, J.A., Walde, P.M., Garcia-Perez, J.V.** Low-temperature drying of salted cod (*Gadus morhua*) assisted by high power ultrasound: Kinetics and physical properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23: 146-155: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.03.008>
- **Pedro, S., Albuquerque, M.M., Nunes, M.L., Bernardo, M.F.** 2004. Pathogenic Bacteria and Indicators in Salted Cod (*Gadus morhua*) and Desalted Products at Low and High Temperature. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13 (3): 39-48: [http://dx.doi.org/10.1300/J030v13n03\\_04](http://dx.doi.org/10.1300/J030v13n03_04)
- **Rode T.M. & Rotabakk, B.T.** 2021. Extending shelf life of desalted cod by high pressure processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 69: 102476: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102476>
- **Rodrigues MJ.** 2006. Estudos de qualidade em bacalhau. [PhD Thesis]. Inst. de Ciencias Biomedicas Abel Salazar, Univ. do Porto. 205 p.
- **Rodrigues MJ, Ho P, Lopez-Caballero ME, Bandarra NM, Nunes ML.** 2005. Chemical, microbiological, and sensory quality of cod products salted in different brines. *J Food Sci* 70:M1–6.
- **Roiha, I.S., Jonsson, A., Backi, C.J., Lunestad, B.T., Karlsdottir, M.G.** 2016. A comparative study of quality and safety of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets during cold storage, as affected by different thawing methods of pre-rigor frozen headed and gutted fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (1): 400-409: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8649>
- **Santos I.C., Mesquita, R.B.R., Galvis-Sanchez, A.C., Delgadillo, I., Rangel, A.O.S.S.** 2012. Development of a Turbidimetric Sequential Injection System to Monitor the Codfish Desalting Process. *Food Analytical Methods*, 5 (2): 287-295: <http://dx.doi.org/10.1007/s12161-011-9238-9>
- **Sousa, R.O., Alves, A.L., Carvalho, D.N., Martins, E., Oliveira, C., Silva, T.H.** 2019. Acid and enzymatic extraction of collagen from Atlantic cod (*Gadus*

*Morhua*) swim bladders envisaging health-related applications. *Journals of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 31 (1): 1-13: <https://doi.org/10.1080/09205063.2019.1669313>

- **Uglem, I., Berg, M., Varne, R., Nilsen, R., Mork, J., Bjorn, P.A.** 2011. Discrimination of wild and farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) based on morphology and scale-circuli pattern. *ICES Journal of Marine Science*, 68: 1928-1936: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr120>
- **Walde, P.M.** 2006. Step-up program for drying of cod (*Gadus morhua*) fillets in a heat pump-based tray dryer. *Conference: 15<sup>th</sup> International Drying Symposium (20-23 August 2006)*; Farkas O, ed. At: Budapest, Hungary, 15: [https://www.researchgate.net/publication/260932813\\_Step-up\\_program\\_for\\_drying\\_of\\_cod\\_Gadus\\_morhua\\_fillets\\_in\\_a\\_heat\\_pump\\_based\\_tray\\_dryer](https://www.researchgate.net/publication/260932813_Step-up_program_for_drying_of_cod_Gadus_morhua_fillets_in_a_heat_pump_based_tray_dryer)
- **Zajic, J. & Gunde-Cinerman, N.** 2018. The Genus *Walleimia*-From Contamination of Food to Health Threat. *Microorganisms*, 6 (2): 46: <https://dx.doi.org/10.3390%2Fmicroorganisms6020046>