



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

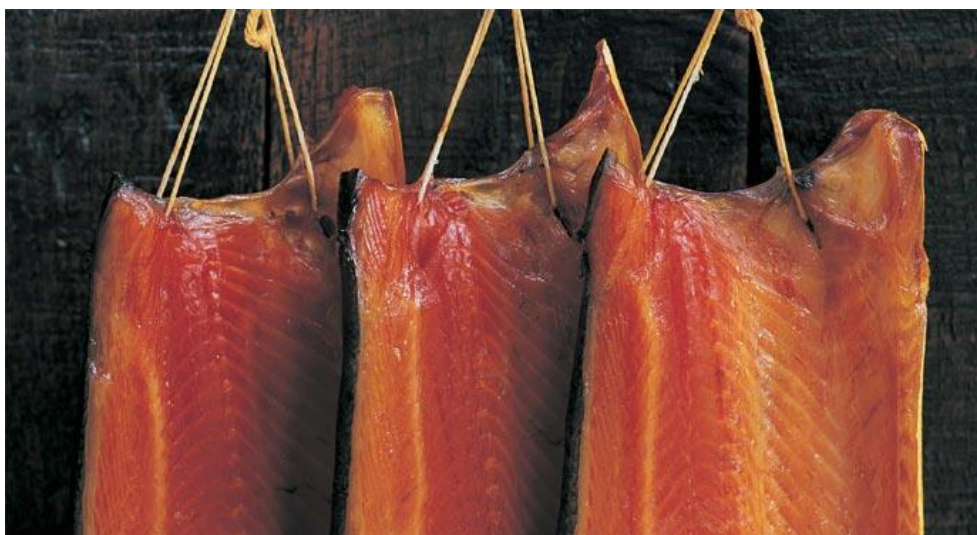
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εφαρμογή μοντέλων πρόρρησης για την εκτίμηση της ανάπτυξης *Listeria monocytogenes* σε σολομό και πέστροφα ψυχρής κάπνισης, υπό διαφορετικά σενάρια συντήρησης»

MSc Thesis

“Application of predictive models to assess the growth of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked salmon and trout, under different conservation scenarios”



Όνομα Φοιτήτριας:

Τριανταφύλλου Ευαγγελία

Όνομα Εισηγητή:

Λουγκοβόης Βλαδίμηρος

Name of Student:

Triantafyllou Evangelia

Name of Supervisor:

Lougkovois Vladimiro

ΑΙΓΑΛΕΩ/ΑΙΓΑΛΕΟ 2022



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF FOOD SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**MASTER OF SCIENCE
FOOD INNOVATION, QUALITY AND SAFETY**

MSc Thesis:

“Application of predictive models to assess the growth of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked salmon and trout, under different conservation scenarios”

Name of Student: Triantafyllou Evangelia

Registration Number: 20026

E-mail: Eva1195@gmail.com

Name of Supervisor: Lougkovois Vladimiros

AIGALEO 2022

Έγινε δεκτή

Ο Διευθυντής του ΠΜΣ: Ιωάννης Τσάκνης

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία με τίτλο «**Εφαρμογή μοντέλων πρόρρησης για την εκτίμηση της ανάπτυξης *Listeria monocytogenes* σε σολομό και πέστροφα ψυχρής κάπνισης, υπό διαφορετικά σενάρια συντήρησης**» που παρουσιάστηκε από την **ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ**, υποψήφια για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην **ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Όνομα επιβλέποντος

ΛΟΥΓΚΟΒΟΗΣ Β.

Όνομα μέλους επιτροπής

ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΡΟΥ Μ.

Όνομα μέλους επιτροπής

ΜΠΑΤΡΙΝΟΥ Α.

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Τριανταφύλλου Ευαγγελία του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 20026 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Καινοτομία Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Τριανταφύλλου Ευαγγελία

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Τριανταφύλλου Ευαγγελία

Blank page

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του Προγράμματος Μεταπτυχιακού Σπουδών του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Βλαδίμηρο Λουγκοβόη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του, καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Blank page

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κίνδυνος από την παρουσία και ανάπτυξη *L. monocytogenes* σε έτοιμα προς κατανάλωση (RTE) προϊόντα που υποβάλλονται σε ήπιες μορφές επεξεργασίας, όπως ο σολομός και η πέστροφα ψυχρής κάπνισης, εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση για τη βιομηχανία τροφίμων. Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 1441/2007, η πυκνότητα κυττάρων της *L. monocytogenes* σε RTE-αλιευτικά προϊόντα, ικανά να υποστηρίξουν την ανάπτυξή της, δεν μπορεί να υπερβαίνει το όριο των 100 CFU g⁻¹, στο τέλος της διάρκειας ζωής. Ως εκ τούτου, οι φορείς εκμετάλλευσης οφείλουν να διασφαλίζουν ότι οι συνθήκες θερμοκρασίας που εφαρμόζονται για την αποθήκευση και μεταφορά των προϊόντων σε επίπεδο λιανικής, όπου η ψύξη σε «θερμοκρασία παραπλήσια με το σημείο τήξης του πάγου» δεν είναι εφικτή, παρέχουν συμμόρφωση με το όριο αυτό. Η απαίτηση συμμόρφωσης με το κριτήριο ασφαλείας που ορίζει η νομοθεσία μπορεί να ικανοποιηθεί προσαρμόζοντας κατάλληλα τη μέγιστη διάρκεια ζωής του προϊόντος ή/και τροποποιώντας παραμέτρους, όπως η σύνθεση του αερίου μίγματος στην ατμόσφαιρα της συσκευασίας και η παρουσία ανταγωνιστικής χλωρίδας. Εν προκειμένω, το κριτήριο ασφαλείας μπορεί να αποτελέσει οδηγό για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της συντήρησης σε συνθήκες διαφορετικές από αυτές που ορίζει η νομοθεσία. Σημαντική συμβολή στον προσδιορισμό «ισοδύναμου» αποτελέσματος συντήρησης προσφέρει η μικροβιολογία πρόρρησης, επιτρέποντας αξιόπιστες και ακριβείς προβλέψεις για το ρυθμό ανάπτυξης της *L. monocytogenes* στα τρόφιμα, με βάση τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Σκοπός της παρούσης μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης της *L. monocytogenes* σε έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα σολομού και πέστροφας ψυχρής κάπνισης, υπό διαφορετικά σενάρια συντήρησης, εφαρμόζοντας μοντέλα προορατικής μικροβιολογίας. Για την ποσοτική αξιολόγηση των επιδράσεων που ασκούν στην ανάπτυξη του παθογόνου παράμετροι, όπως η θερμοκρασία και ο χρόνος συντήρησης, η σύνθεση της ατμόσφαιρας στη συσκευασία των προϊόντων και η παρουσία ανταγωνιστικής χλωρίδας, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό “Food Spoilage and Safety Predictor” και, ειδικότερα, τα επιμέρους μοντέλα “*Listeria monocytogenes* in chilled seafood and meat products” (Growth of *L. monocytogenes*) και “*Listeria monocytogenes* and lactic acid bacteria (LAB)” (Growth of *L. monocytogenes* and LAB

in chilled seafood and meat products). Η ανάπτυξη του παθογόνου μελετήθηκε σε θερμοκρασίες 2–10°C και χρόνους συντήρησης από 1 έως 14 ημέρες, σε ατμόσφαιρα με 0–80% CO₂ και παρουσία LAB σε αρχική συγκέντρωση 10³–10⁴ CFU g⁻¹.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το μοτίβο ανάπτυξης της *L. monocytogenes* δεν επηρεάστηκε από τις διαφορές των τιμών pH και wps των δυο προϊόντων. Η συσκευασία σε CO₂ – τροποποιημένη ατμόσφαιρα περιόρισε δραστικά την ανάπτυξη της *L. monocytogenes*. Στις συνήθεις θερμοκρασίες συντήρησης, και με βάση το θεσπισμένο όριο για τα επίπεδα του παθογόνου, η παρουσία CO₂ σε αναλογία 40% εξασφάλισε διάρκεια ζωής που κυμάνθηκε από 3 εβδομάδες στους 5°C έως και πλέον των 6 εβδομάδων στους 2°C. Στο ακραίο σενάριο παραμονής των προϊόντων στους 10°C, η παρουσία CO₂ στην ατμόσφαιρα της συσκευασίας σε αναλογία 20%, 40%, 60% και 80% αύξησε τη διάρκεια ζωής κατά 1, 3, 5 και 9-10 ημέρες, αντίστοιχα. Η παρουσία ανταγωνιστικής χλωρίδας οξυγαλακτικών βακτηρίων δεν επηρέασε την αύξηση της *L. monocytogenes*, παρά μόνο σε προχωρημένο στάδιο συντήρησης, όταν η συγκέντρωση των LAB ήταν πολύ υψηλή ($\geq 10^8$ CFU g⁻¹). Κατά την αερόβια συντήρηση στους 2°C και 5°C δεν προέκυψε ουσιαστική διαφορά στα επίπεδα του παθογόνου μέχρι και τη 14^η ημέρα συντήρησης, με αποτέλεσμα να μην υπάρξει παράταση της διάρκειας ζωής. Αντίθετα, η συντήρηση στους 5°C, σε συνδυασμό με επίπεδα CO₂ $\geq 40\%$ και αρχική συγκέντρωση LAB $\geq 10^3$ CFU g⁻¹, εξασφάλισε παράταση της διάρκειας ζωής κατά 15 και πλέον ημέρες. Ωστόσο, καθώς η συγκέντρωση CO₂ αυξήθηκε πέραν του 40%, η σημασία των LAB φάνηκε να μειώνεται, και σε επίπεδο CO₂ 80% δεν ήταν σαφές εάν και κατά πόσον οι οργανισμοί αυτοί είχαν σημαντική συμβολή στην καταστολή του παθογόνου.

ABSTRACT

The risk associated with the presence and growth of *L. monocytogenes* in ready-to-eat (RTE) products undergoing mild processing operations, such as cold-smoked salmon and trout, remains a challenge for the food industry. According to Regulation (EC) 1441/2007, the cell density of *L. monocytogenes* in RTE–fishery products, capable of supporting growth of the pathogen, may not exceed 100 CFU g⁻¹ at the end of storage life. Operators must ensure that the temperature applied to the storage and transport of products at retail level, where cooling to a temperature close to the melting point of ice is not possible, comply with this limit. The requirement for compliance with the safety criterion can be met by appropriately adjusting maximum product shelf life and / or modifying parameters, such as the composition of the gas mixture in the packaging atmosphere and the presence of competing flora. The safety criterion can be used as a guide for assessing the impact of storing the product in conditions other than those prescribed by law. Predictive microbiology can make an important contribution in determining an “equivalent” preservation effect, allowing reliable and accurate predictions for the growth rate of *L. monocytogenes* in food, based on environmental conditions.

The purpose of this master's thesis was to assess the growth rate of *L. monocytogenes* in RTE cold-smoked salmon and trout products under various storage scenarios, by applying predictive microbiology models. For the quantitative evaluation of the effects exerted on pathogen growth by parameters, such as temperature and storage time, composition of the atmosphere in the packaged product, and presence of competing flora, the “Food Spoilage and Safety Predictor” software was used, and in particular, the sub-models “*Listeria monocytogenes* in chilled seafood and meat products” (Growth of *L. monocytogenes*) and “*Listeria monocytogenes* and lactic acid bacteria (LAB)” (Growth of *L. monocytogenes* and LAB in chilled seafood and meat products). The growth of the pathogen was studied at temperatures of 2–10°C and storage times from 1 to 14 days, in an atmosphere containing 0–80% CO₂ and in the presence of LAB at an initial concentration of 10³–10⁴ CFU g⁻¹.

According to the results obtained, the growth pattern of *L. monocytogenes* was not affected by differences in the pH and wps values of the two products. Packaging in CO₂ – modified atmosphere drastically reduced the growth of *L. monocytogenes*. At normal storage temperatures, and based on the established limit for pathogen levels, the presence of 40% CO₂ ensured a shelf life ranging from 3 weeks at 5°C to more than 6 weeks at 2°C. In the extreme scenario of keeping the products at 10°C, the presence of CO₂ in the package atmosphere, in a ratio of 20%, 40%, 60% and 80%, increased the shelf life by 1, 3, 5 and 9-10 days, respectively. The presence of competitive lactic acid flora did not affect the growth of *L. monocytogenes*, except at an advanced stage of storage, when the LAB concentration was very high ($\geq 10^8$ CFU g⁻¹). During aerobic storage at 2°C and 5°C there was no significant difference in pathogen levels, until the 14th day and, as a result, no extension of shelf life was observed. In contrast, storage at 5°C, combined with CO₂ levels $\geq 40\%$ and an initial LAB density of 10^3 CFU g⁻¹ or higher, prolonged the shelf life by more than 15 days. However, as CO₂ concentration increased above 40%, the importance of LABs seemed to decrease, and at 80% CO₂ it was not clear if and to what extent these organisms had a significant contribution to pathogen suppression.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΧΘΥΗΡΑ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ:	22
ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ	22
ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ	22
ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥΣ	24
Ορισμοί σχετιζόμενοι με την παρούσα μελέτη.....	24
Γενικές και ειδικές απαιτήσεις υγιεινής – Θερμοκρασία συντήρησης.....	26
Μικροβιολογικά κριτήρια	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΛΥΣΙΔΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	31
Προϊόντα συλλεκτικής αλιείας	31
Προϊόντα υδατοκαλλιέργειας	31
Επεξεργασία και διανομή αλιευτικών προϊόντων – Πρακτικές ψύξης.....	33
ΣΟΛΟΜΟΙ ΚΑΙ ΠΕΣΤΡΟΦΕΣ (οικ. Salmonidae)	34
Σολομός Ατλαντικού (<i>Salmo salar</i> , Linnaeus 1758).....	35
Μορφολογία.....	35
Βιολογία.....	36
Κύριες χώρες παραγωγής.....	37
Πέστροφα θαλασσινή (<i>Salmo trutta trutta</i> , Linnaeus 1758)	38
Μορφολογία.....	38
Βιολογία.....	39
Κύριες χώρες παραγωγής.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΥΝΔΕΟΜΕΝΟΙ ΜΕ ΤΑ ΑΛΙΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	41
ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ	42
<i>Listeria monocytogenes</i>	43
<i>Clostridium botulinum</i> Type E.....	57
<i>Salmonella</i> spp.....	59
<i>Escherichia coli</i>	60
<i>Staphylococcus aureus</i>	60
<i>Clostridium perfringens</i>	61
<i>Shigella</i> spp.....	62
<i>Vibrio</i> spp.....	62
<i>Yersinia enterocolitica</i>	62

<i>Bacillus cereus</i>	63
Άλλοι παθογόνοι μικροοργανισμοί.....	63
ΒΙΟΓΕΝΕΙΣ ΑΜΙΝΕΣ	64
ΠΑΡΑΣΙΤΑ.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	69
ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΠΝΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ	69
Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση του καπνού.....	71
Διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου	71
Θερμοκρασία καπνού	72
ΚΑΠΝΙΣΤΗΡΙΑ	72
ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ	74
Επιλογή και προετοιμασία της πρώτης ύλης.....	74
Αλάτιση.....	74
Αποστράγγιση – Αφυδάτωση.....	75
Κάπνιση	76
Ψυχρή κάπνιση.....	76
Θερμή κάπνιση.....	77
Συσκευασία και αποθήκευση τελικού προϊόντος.....	77
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΠΝΙΣΤΩΝ ΣΟΛΟΜΟΕΙΔΩΝ	78
Καπνιστός σολομός	78
Καπνιστή πέστροφα	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΡΡΗΣΗΣ.....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ FSSP™ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ L. MONOCYTOGENES ΣΕ ΣΟΛΟΜΟ ΚΑΙ ΠΕΣΤΡΟΦΑ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ	86
ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	86
ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΘΗΚΑΝ – ΕΓΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	89
Προϊόντα.....	89
Εγγενείς παράμετροι και συνθήκες συντήρησης.....	89
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	90
Νωπός σολομός – Νωπή πέστροφα (αερόβια συντήρηση).....	91
Καπνιστός σολομός σε φέτες.....	92
Συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες.....	92
Συντήρηση σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (20 – 80% CO ₂)	93
Καπνιστή πέστροφα σε φιλέτα	96
Συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες.....	96

Συντήρηση σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (20 – 80% CO ₂)	97
Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων	101
Καπνιστός σολομός	101
Καπνιστή πέστροφα	104
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 2.1. ΣΟΛΟΜΟΣ ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ, SALMO SALAR

ΕΙΚΟΝΑ 2.2. ΚΥΡΙΕΣ ΧΩΡΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΟΛΟΜΟΥ ΤΟΥ ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ, SALMO SALAR.

ΕΙΚΟΝΑ 2.3. ΠΕΣΤΡΟΦΑ ΘΑΛΑΣΣΙΝΗ, SALMO TRUTTA.

ΕΙΚΟΝΑ 2.4. ΚΥΡΙΕΣ ΧΩΡΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΝΗΣ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ, SALMO TRUTTA TRUTTA.

ΕΙΚΟΝΑ 3.1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΛΙΣΤΕΡΙΩΣΗΣ, ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ.

ΕΙΚΟΝΑ 6.1. ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΣΗΜΑ (TRADEMARK) ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ FSSP™ v. 4.0..

ΕΙΚΟΝΑ 6.2. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΣΟΛΟΜΟΥ ΚΑΙ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.** ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΟΛΟΜΟΥ ΤΟΥ ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ (SALMO SALAR) ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΝΗΣ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ (SALMO TRUTTA).
- ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.** ΠΑΡΟΥΣΙΑ LISTERIA SPP ΚΑΙ LISTERIA MONOCYTOGENES ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2.** ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.** ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΙΣΤΑΜΙΝΗΣ ΤΟΥ ΓΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΚΑΛΟΥΜΕΝΗΣ ΤΟΞΙΝΩΣΗΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.** ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΠΝΙΣΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1** ΤΡΙΤΟΓΕΝΗ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΡΡΗΣΗΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.** ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΝΩΠΟΥ ΣΟΛΟΜΟΥ ΚΑΙ ΝΩΠΗΣ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (0% CO₂) ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΟΛΟΜΟΥ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (0% CO₂) ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΟΛΟΜΟΥ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 20% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΟΛΟΜΟΥ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 40% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΟΛΟΜΟΥ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 60% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΟΛΟΜΟΥ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 80% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.** ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΑΠΝΙΣΤΟΥ ΣΟΛΟΜΟΥ, ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (θ°C, %CO₂), ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ L. MONOCYTOGENES (< 2 LOG CFU G⁻¹)
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (0% CO₂) ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.10.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 20% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.11.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 40% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.12.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 60% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.13.** ΑΝΑΠΤΥΞΗ L. MONOCYTOGENES (LOG CFU/G) ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ 80% CO₂ ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.14.** ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΑΠΝΙΣΤΗΣ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ, ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (θ°C, %CO₂), ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ L. MONOCYTOGENES (< 2 LOG CFU G⁻¹)
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.15.** ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ L. MONOCYTOGENES ΣΕ ΚΑΠΝΙΣΤΟ ΣΟΛΟΜΟ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΟΞΥΓΑΛΑΚΤΙΚΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ: ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ LAB 10³ CFU G⁻¹, ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (0% CO₂)
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.16.** ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ L. MONOCYTOGENES ΣΕ ΚΑΠΝΙΣΤΟ ΣΟΛΟΜΟ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΟΞΥΓΑΛΑΚΤΙΚΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ: ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ LAB 10⁴ CFU G⁻¹, ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (0% CO₂)
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.17.** ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ L. MONOCYTOGENES ΣΕ ΚΑΠΝΙΣΤΟ ΣΟΛΟΜΟ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΟΞΥΓΑΛΑΚΤΙΚΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ, ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΜΕ 80% CO₂ : ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ LAB 10³ CFU G⁻¹
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.18.** ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΑΠΝΙΣΤΟΥ ΣΟΛΟΜΟΥ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (θ°C, ΕΠΙΠΕΔΟ LAB, %CO₂), ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ L. MONOCYTOGENES (< 2 LOG CFU G⁻¹)
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.19.** ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ L. MONOCYTOGENES ΣΕ ΚΑΠΝΙΣΤΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΟΞΥΓΑΛΑΚΤΙΚΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ: ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ LAB 10³ CFU G⁻¹, ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (0% CO₂)
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.20.** ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ L. MONOCYTOGENES ΣΕ ΚΑΠΝΙΣΤΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΟΞΥΓΑΛΑΚΤΙΚΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ: ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ LAB 10⁴ CFU G⁻¹, ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (0% CO₂)
- ΠΙΝΑΚΑΣ 6.21.** ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ L. MONOCYTOGENES ΣΕ ΚΑΠΝΙΣΤΗ ΠΕΣΤΡΟΦΑ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΟΞΥΓΑΛΑΚΤΙΚΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ, ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΜΕ 80% CO₂ : ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ LAB 10³ CFU G⁻¹

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.22. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΑΠΝΙΣΤΗΣ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (θ°C, ΕΠΙΠΕΔΟ LAB, %CO₂), ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ L. ΜΟΝΟΚΥΤΟΓΕΝΕΣ (< 2 LOG CFU G⁻¹)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσία και ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes* σε ήπια επεξεργασμένα και έτοιμα προς κατανάλωση (ready-to-eat, RTE) αλιευτικά προϊόντα, όπως ο σολομός και η πέστροφα ψυχρής κάπνισης (cold-smoked salmon/trout), συνεχίζει να αποτελεί σημαντική πρόκληση και μείζον θέμα για τη βιομηχανία τροφίμων, τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως. Αν και η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) έχει θεσπίσει κρίσιμα όρια για την *L. monocytogenes* σε RTE προϊόντα ιχθυηρών (Ε.Ε., 2005; Ε.Ε., 2007), εξακολουθούν να διαπιστώνονται υψηλά ποσοστά μη-συμμόρφωσης προς τις νομοθετικές απαιτήσεις, τόσο για απουσία του μικροοργανισμού σε 25 g προϊόντος, στη μονάδα επεξεργασίας, όσο και για συγκέντρωση κυττάρων μικρότερη των 100 CFU/g, σε επίπεδο λιανικής πώλησης (EFSA, 2013). Είναι ευρέως αποδεκτό, ότι η παρουσία κυττάρων του παθογόνου σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν το επίπεδο των 100 CFU/g θεωρείται δυνητικά κρίσιμη, καθώς οι μελέτες δόσης – απόκρισης υποδηλώνουν στενό συσχετισμό μεταξύ του αριθμού των προσλαμβανόμενων κυττάρων και του κινδύνου πρόκλησης ασθένειας (λίστερρωση) (Hoelzer et al., 2013).

Ως γνωστό, τα συνήθη επίπεδα άλατος στα RTE προϊόντα ψυχρής κάπνισης δεν έχουν ανασταλτική επίδραση στην *L. monocytogenes* που συχνά απομονώνεται από άλμες και βελόνες έγχυσης. Ο ρυθμός αύξησης του βακτηρίου σε προϊόντα που περιέχουν 3-5% NaCl (wps) και διατηρούνται στους 5°C, συσκευασμένα υπό κενό ή σε αερόβιες συνθήκες, αντιστοιχεί σε ένα λογαριθμικό κύκλο ανά εβδομάδα. Όταν δεν εισάγονται άλλα εμπόδια στην ανάπτυξη του παθογόνου (π.χ., ατμόσφαιρα CO₂, αντιμικροβιακοί παράγοντες, ανταγωνιστική χλωρίδα, κλπ.), τα RTE προϊόντα ψυχρής κάπνισης που συντηρούνται στους 4-5°C πρέπει να φέρουν μέγιστη διάρκεια ζωής όχι μεγαλύτερη των τριών εβδομάδων (Huss et al., 1995). Λόγω της αδυναμίας εξάλειψης της *L. monocytogenes* από το περιβάλλον επεξεργασίας, η παραγωγή RTE καπνιστών προϊόντων, σταθερά απαλλαγμένων από το παθογόνο, είναι πρακτικά ανέφικτη (Gram, 2001) και, ως εκ τούτου, η διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών σε όλο το μήκος της εμπορικής αλυσίδας είναι μείζονος σημασίας για την ασφάλεια των προϊόντων.

Οι ισχύοντες κανόνες στην Ε.Ε., για τις συνθήκες μεταφοράς και αποθήκευσης αλιευτικών προϊόντων, δεν ορίζουν την τήρηση μιας συγκεκριμένης θερμοκρασίας, αλλά αναφέρονται στη «θερμοκρασία τήξης του πάγου». Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 853/2004, τα διατηρημένα με ψύξη, μη-συσκευασμένα νωπά προϊόντα, τα οποία δεν διανέμονται, παρασκευάζονται ή μεταποιούνται αμέσως μετά την άφιξή τους σε μια χερσαία εγκατάσταση, πρέπει να αποθηκεύονται μέσα σε πάγο, σε κατάλληλο χώρο, και ο πάγος πρέπει να ανανεώνεται με την απαιτούμενη συχνότητα. Για τα συσκευασμένα νωπά αλιευτικά προϊόντα, ο ίδιος Κανονισμός προβλέπει ότι πρέπει να ψύχονται σε θερμοκρασία «παραπλήσια με το σημείο τήξης του πάγου». Στην περίπτωση συσκευασμένων προϊόντων (μεταποιημένων ή μη), η συμμόρφωση προς τις ανωτέρω απαιτήσεις δεν είναι πρακτικά εφικτή, αφού τα εν λόγω προϊόντα δεν διατηρούνται σε επαφή με πάγο. Επομένως, είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν οι συνθήκες που εξασφαλίζουν «ισοδύναμο», κατά την έννοια του Κανονισμού (ΕΚ) 852/2004, αποτέλεσμα συντήρησης με τον τηκόμενο πάγο και, όπου αυτό δεν είναι εφικτό, θα πρέπει να επαναπροσδιοριστεί η μέγιστη διάρκεια ζωής των προϊόντων στις εφαρμοζόμενες θερμοκρασίες αποθήκευσης. Δεδομένου ότι ο Κανονισμός (ΕΚ) 2073/2005 περιλαμβάνει κριτήρια ασφάλειας για RTE αλιευτικά προϊόντα που υποστηρίζουν την ανάπτυξη της *L. monocytogenes*, ο προσδιορισμός μιας συνθήκης «ισοδύναμης» με το βασικό σενάριο συντήρησης (τηκόμενος πάγος) μπορεί να βασιστεί στα κριτήρια αυτά.

Σημαντική συμβολή στον προσδιορισμό του «ισοδύναμου» αποτελέσματος συντήρησης και στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου πρόκλησης ασθένειας από την *L. monocytogenes*, προσφέρει η προορατική μικροβιολογία (predictive microbiology), η οποία έχει επιτρέψει αξιόπιστες και ακριβείς προβλέψεις για το ρυθμό ανάπτυξης του παθογόνου στα τρόφιμα, με βάση τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Μέχρι σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα πρόρρησης της ανάπτυξης της *L. monocytogenes* και αρκετά στοχαστικά μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί σε ποσοτικές αξιολογήσεις του κινδύνου ή της έκθεσης σε αυτόν (Mejlholm et al., 2010. Ross & Dalgaard, 2004. Garrido et al., 2010. Ross et al., 2009. Tenenhaus-Aziza et al., 2014). Τα διαθέσιμα, μοντέλα περιγράφουν με ακρίβεια την ανάπτυξη της *L. monocytogenes* κατά την αποθήκευση, επιτρέποντας παράλληλα την εκτίμηση της πυκνότητας κυττάρων του

μικροοργανισμού στο προϊόν, κατά τη στιγμή της κατανάλωσης. Η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* εξαρτάται από παράγοντες όπως το αρχικό επίπεδο μόλυνσης, το βακτηριακό στέλεχος και η φυσιολογική του κατάσταση, η επεξεργασία που δέχεται το προϊόν και τα εγγενή χαρακτηριστικά του, οι συνθήκες αποθήκευσης και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ μικροβιακών κοινοτήτων. Αναφορικά με το τελευταίο, είναι γνωστό ότι η αύξηση της *L. monocytogenes* στον σολομό ψυχρής κάπνισης μειώνεται από την ταυτόχρονη ανάπτυξη γαλακτικών βακτηρίων σε υψηλές συγκεντρώσεις. Το φαινόμενο Jameson έχει περιληφθεί σε σύνθετα υπολογιστικά μοντέλα ανάπτυξης, τα οποία λαμβάνουν υπόψη την επίδραση σχετικών χαρακτηριστικών του προϊόντος και των συνθηκών αποθήκευσης (Mejlholm et al., 2015). Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι, σε αρκετές περιπτώσεις, η επικύρωση των διαθέσιμων μοντέλων (συγκρίνοντας τις προβλεπόμενες αποκρίσεις ανάπτυξης με την ανάπτυξη που παρατηρείται σε φυσικά μολυσμένα προϊόντα) παραμένει ελλιπής και ανεπαρκής.

Σκοπός της παρούσης μελέτης ήταν η εκτίμηση της ασφάλειας και διάρκειας ζωής προ-συσκευασμένων προϊόντων σολομού και πέστροφας ψυχρής κάπνισης, υπό διαφορετικά σενάρια αποθήκευσης. Για την ποσοτική αξιολόγηση της επίδρασης που ασκούν στην ανάπτυξη της *L. monocytogenes* οι παράμετροι θερμοκρασίας και χρόνου, χρησιμοποιήθηκε διαθέσιμο μοντέλο πρόρρησης (Food Spoilage and Safety Predictor, FSSP™), το οποίο λαμβάνει υπόψη σειρά παραγόντων που επηρεάζουν το ρυθμό ανάπτυξης και την πυκνότητα κυττάρων του μικροοργανισμού, όπως το pH, η ενεργότητα ύδατος (a_w), η παρουσία νιτρικών αλάτων και οργανικών οξέων, τα φαινόμενα ανταγωνισμού με ψυχρότροφα γαλακτικά βακτήρια (LAB), κλπ. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η επίδραση των συνθηκών της ατμόσφαιρας εντός της συσκευασίας των προϊόντων και, συγκεκριμένα, της τροποποιημένης με CO₂ ατμόσφαιρας (MAP), καθώς αποτελεί συχνή επιλογή για τα καπνιστά προϊόντα πέστροφας και σολομού. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του μοντέλου πρόρρησης και αφορούν συγκεκριμένη πηγή κινδύνου, για την οποία έχουν θεσπιστεί κριτήρια, αποτελούν άμεση ένδειξη για την επικινδυνότητα του προϊόντος (EFSA, 2015). Η αξιολόγηση δεν περιέλαβε εκτίμηση της επίδρασης των συνθηκών αποθήκευσης σε τυπικούς αλλοιογόνους οργανισμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΧΘΥΗΡΑ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ: ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ

Τα ιχθυηρά συνιστούν μια εξόχως ανομοιογενή ομάδα μη-θερμόαιμων ζώων, στην οποία περιλαμβάνονται εκατοντάδες ετερόκλητα βρώσιμα είδη (θαλάσσια, λιμναία και ποτάμια) με ελάχιστες ομοιότητες, πέραν της κοινής προέλευσής τους από το υγρό στοιχείο. Εμφανίζουν πολύπλοκη μικροβιακή οικολογία, δέχονται έντονες επιδράσεις από το περιβάλλον και είναι εξαιρετικά ευπαθή στις αλλοιώσεις. Ανεπαρκείς πρακτικές χειρισμού στη θάλασσα και στις χερσαίες εγκαταστάσεις οδηγούν σε ταχεία υποβάθμιση της ποιότητας και μειώνουν δραματικά την εμπορικά ωφέλιμη διάρκεια ζωής. Οι μετασυλλεκτικές απώλειες είναι μεγάλες, με αποτέλεσμα ένα σημαντικό μέρος της παγκόσμιας αλιευτικής παραγωγής να μη φτάνει ποτέ στην κατανάλωση (Λουγκοβόης, 2021).

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, 2020), η παγκόσμια παραγωγή αλιευτικών προϊόντων το 2018 έφθασε τα 179 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων, τα 156 εκατομμύρια τόνοι διατέθηκαν για την παραγωγή προϊόντων για ανθρώπινη κατανάλωση, ενώ τα υπόλοιπα 22 εκατομμύρια τόνοι χρησιμοποιήθηκαν για άλλες χρήσεις, κυρίως για την παραγωγή ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίου. Το 2018, η παγκόσμια παραγωγή ιχθυηρών υδατοκαλλιέργειας έφθασε τα 114,5 εκατομμύρια τόνους (ιχθυηρά, υδρόβια φύκια, κοσμητικά κοχύλια, μαργαριτάρια), εκ των οποίων τα είδη που κυριάρχησαν ήταν τα ψάρια ($54,3 \times 10^6$ τόνοι), ακολουθούμενα από τα μαλάκια, κυρίως δίθυρα ($17,7 \times 10^6$ τόνοι) και τα καρκινοειδή ($9,4 \times 10^6$ τόνοι). Το ίδιο έτος, η παγκόσμια αλιευτική παραγωγή έφτασε το ρεκόρ των 96,4 εκατομμυρίων τόνων, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην αύξηση της θαλάσσιας αλιείας. Μεταξύ 1961 και 2017, η παγκόσμια κατανάλωση ιχθυηρών αυξήθηκε με ρυθμό 3,1% ετησίως, υπερβαίνοντας το αντίστοιχο ποσοστό άλλων ζωικών προϊόντων, όπως το κρέας και τα γαλακτοκομικά (2,1% ετησίως). Επιπλέον, η παγκόσμια ετήσια κατά κεφαλή κατανάλωση ιχθυηρών αυξήθηκε από 9 kg το 1961, σε 20,5 kg το 2018, δηλαδή κατά 1,5% ετησίως (FAO, 2020).

Η εξαιρετική ευπάθεια των ιχθυηρών στις αλλοιώσεις αποδίδεται σε παράγοντες που συνδέονται με την ποικιλόθερμη φύση των οργανισμών αυτών και τη χημική τους σύσταση. Η αλλοίωση συνιστά μια εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία, η οποία εκδηλώνεται σταδιακά και αντικατοπτρίζει το σύνθετο αποτέλεσμα αυτολυτικών διεργασιών (δράση ενζύμων των ιστών και της πέψης), βακτηριακής δραστηριότητας (δράση μικροβιακών ενζύμων), αυθόρμητων χημικών αντιδράσεων (οξειδωτικές μεταβολές λιπιδίων-χρωστικών) και απώλειας συστατικών της σάρκας, λόγω απόπλυσης του ιχθυηρού από τον τηκόμενο πάγο (Lougonois & Kyraa, 2005).

Η ενεργότητα ύδατος (a_w) της σάρκας πρόσφατα αλιευμένων νωπών ψαριών προσεγγίζει τη μονάδα (εύρος 0,99–1,00), ενώ το pH μπορεί να κυμαίνεται ευρύτατα (5,2–7,0, ανάλογα με το είδος), αν και στα περισσότερα ψάρια παίρνει τιμές από 6,6 έως 6,8. Η περιεκτικότητα των ψαριών σε υδατάνθρακες είναι πολύ χαμηλή, γεγονός που περιορίζει την παραγωγή γαλακτικού οξέος κατά τη μεταθανάτια γλυκόλυση, και κατ' επέκταση την πτώση του pH. Στον τόνο και τον ιππόγλωσσο, το μεταθανάτιο pH μπορεί να μειωθεί σε 5,2–5,4, ενώ στον μπακαλιάρο κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 6,0 και 7,0 (ICMSF, 2005). Σε ορισμένα δίθυρα μαλάκια, όπως τα στρείδια, τα αποθέματα γλυκογόνου είναι σχετικά υψηλά (2-5%) και ο μεταβολισμός τους από τον μυϊκό ιστό μετά το θάνατο μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλές τιμές pH, της τάξης του 4,8.

Για την παραγωγή προϊόντων ψυχρής κάπνισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ολόκληρα ή εκσπλαχνισμένα/απεντερωμένα ψάρια, καθώς και παρασκευασμένα προϊόντα ψαριών, π.χ., τεμάχια, φέτες ή φιλέτα, προερχόμενα είτε από νωπά είτε από αποψυγμένα, μη-επεξεργασμένα ψάρια. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται είδη του γλυκού και θαλασσινού νερού, εκτρεφόμενα ή άγρια (συλλεκτική αλιεία). Η κατάψυξη των αλιευτικών προϊόντων αποτελεί μέρος των τεχνικών συντήρησης που εφαρμόζονται για τη διευκόλυνση των μεγάλων αλιευτικών ταξιδιών που εκτελούν πολλά σκάφη εργοστάσια ή των μεγάλων αλυσίδων διανομής που μπορεί να αφορούν εισαγωγές αλιευτικών προϊόντων στην Ε.Ε., από τρίτες χώρες. Τυπικά, τα προϊόντα αυτά αποψύχονται για να διευκολυνθεί η περαιτέρω επεξεργασία.

Η χρήση αποψυγμένης, μη-επεξεργασμένης πρώτης ύλης που έχει προέλθει από την απόψυξη κατεψυγμένων ψαριών, μπορεί επίσης να αποτελεί απαίτηση της νομοθεσίας, η οποία ορίζει ότι ορισμένα είδη ψαριών που καταναλώνονται ως

προϊόντα ψυχρής κάπνισης πρέπει απαραίτητως να καταψύχονται σε κάποια φάση της επεξεργασίας, προκειμένου να ελεγχθεί ο κίνδυνος παρασιτικών οργανισμών (π.χ. *Anisakis simplex*). Για τα αποψυγμένα, μη-επεξεργασμένα αλιευτικά προϊόντα, ισχύει ότι πρέπει να πληρούν την ίδια απαίτηση θερμοκρασίας που εφαρμόζεται στα νωπά προϊόντα, δηλαδή να διατηρούνται σε θερμοκρασία παραπλήσια εκείνης του τηκόμενου πάγου (0°C).

Τα καπνιστά προϊόντα μπορεί να φέρονται στην αγορά χύδην ή κατάλληλα συσκευασμένα. Οι τυπικές διαδικασίες συσκευασίας μπορεί να περιλαμβάνουν ερμητική σφράγιση σε πλαστική συσκευασία ή συσκευασία του προϊόντος υπό κενό (VP) ή σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP).

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΙΧΘΥΗΡΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥΣ

Ορισμοί σχετιζόμενοι με την παρούσα μελέτη.

Οι Κανονισμοί (ΕΚ) αριθ. 853/2004 (Παράρτημα Ι), (ΕΚ) αριθ. 852/2004 και (ΕΚ) 2073/2005 παραθέτουν τους ακόλουθους σχετικούς ορισμούς.

«Πρωτογενή προϊόντα» (Primary products): τα προϊόντα της πρωτογενούς παραγωγής περιλαμβανομένων των προϊόντων του εδάφους, της κτηνοτροφίας, της θήρας και της αλιείας.

«Αλιευτικά προϊόντα» (Fishery products): όλα τα ζώα αλμυρών ή γλυκών υδάτων (πλην των ζώντων δίθυρων μαλακίων, των ζώντων εχινοδέρμων, των ζώντων χιτωνοζώων και των ζώντων θαλάσσιων γαστερόποδων, και όλων των θηλαστικών, των ερπετών και των βατράχων), άγρια ή εκτρεφόμενα, συμπεριλαμβανομένων όλων των εδώδιμων μορφών, μερών και προϊόντων των ζώων αυτών.

«Νωπά αλιευτικά προϊόντα» (Prepared fishery products): όλα τα αμεταποίητα αλιευτικά προϊόντα, ολόκληρα ή παρασκευασμένα, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων που συσκευάζονται σε κενό ή σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα και δεν έχουν υποστεί καμία επεξεργασία για να εξασφαλιστεί η συντήρησή τους, εκτός από τη διαδικασία ψύξης.

«Παρασκευασμένα αλιευτικά προϊόντα» (Fishery products): όλα τα αμεταποίητα αλιευτικά προϊόντα που έχουν υποστεί μεταβολή της ανατομικής τους

ακεραιότητας, όπως εκσπλαχνισμό, αποκεφαλισμό, τεμαχισμό σε φέτες, τεμαχισμό σε φιλέτα ή άλεση.

«Μεταποίηση» (Processing): ενέργεια με την οποία τροποποιείται ουσιαστικά το αρχικό προϊόν, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής επεξεργασίας, του καπνίσματος, του αλατίσματος, της ωρίμανσης, της αποξήρανσης, του μαριναρίσματος, της εκχύλισης, της εξώθησης ή συνδυασμού αυτών των μεθόδων.

«Μεταποιημένα προϊόντα» (Processed products): τρόφιμα που προέρχονται από τη μεταποίηση μη-μεταποιημένων προϊόντων. Τα προϊόντα αυτά είναι δυνατό να περιέχουν συστατικά τα οποία είναι αναγκαία για την παρασκευή τους ή τα οποία τους προσδίδουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

«Μη-μεταποιημένα προϊόντα» (Unprocessed products): τρόφιμα τα οποία δεν έχουν υποστεί μεταποίηση και τα οποία περιλαμβάνουν τα προϊόντα που έχουν υποστεί διαίρεση, χωρισμό, αποκοπή, κοπή, αφαίρεση οστών, πολτοποίηση, αποφλοιώση, εκδορά, κονιοποίηση, τεμαχισμό, καθαρισμό, καλλωπισμό, άλεση, αφαίρεση του κελύφους, ψύξη, κατάψυξη, βαθιά κατάψυξη, ή απόψυξη.

«Πρώτη συσκευασία» (Wrapping): η τοποθέτηση ενός τροφίμου μέσα σε ένα περιτύλιγμα ή δοχείο που βρίσκεται σε άμεση επαφή με το εξεταζόμενο τρόφιμο, καθώς και το ίδιο το περιτύλιγμα ή το δοχείο.

«Δεύτερη συσκευασία» (Packaging): η τοποθέτηση σε δεύτερο δοχείο ενός ή περισσότερων τροφίμων που έχουν υποστεί πρώτη συσκευασία, καθώς και το ίδιο το δεύτερο δοχείο.

«Ισοδύναμος» (Equivalent): σε σχέση προς διάφορα συστήματα, ο ικανός να επιτυγχάνει τους ίδιους στόχους.

«Καθαρό θαλάσσιο νερό» (Clean seawater): το φυσικό, τεχνητό ή καθαρισμένο θαλάσσιο ή υφάλμυρο νερό που δεν περιέχει μικροοργανισμούς, επιβλαβείς ουσίες ή τοξικό θαλάσσιο πλαγκτόν σε ποσότητες που μπορεί να έχουν άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στην υγειονομική ποιότητα των τροφίμων.

«Μικροοργανισμοί» (Micro-organisms): είναι τα βακτήρια, οι ιοί, οι ζυμομύκητες, οι ευρώτες, τα άλγη, τα παρασιτικά πρωτόζωα, οι μικροσκοπικοί παρασιτικοί έλμινθες, καθώς και οι τοξίνες και οι μεταβολίτες τους.

«Μικροβιολογικό κριτήριο» (Microbiological criterion): είναι ένα κριτήριο που καθορίζει το αποδεκτό ενός προϊόντος, μιας παρτίδας τροφίμων ή μιας διαδικασίας, με βάση την απουσία, την παρουσία ή τον αριθμό μικροοργανισμών, ή/και με βάση την ποσότητα των τοξινών ή μεταβολιτών τους, ανά μονάδα μάζας, όγκου, επιφάνειας ή ανά παρτίδα

«Κριτήριο ασφάλειας των τροφίμων» (Food safety criterion): είναι ένα κριτήριο που καθορίζει το αποδεκτό ενός προϊόντος ή μιας παρτίδας τροφίμων και το οποίο εφαρμόζεται στα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά

«Κριτήριο υγιεινής της παραγωγικής διαδικασίας» (Process hygiene criterion): είναι ένα κριτήριο που καθορίζει την αποδεκτή λειτουργία της διαδικασίας παραγωγής· ένα τέτοιο κριτήριο δεν εφαρμόζεται στα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά· ορίζει μια ενδεικτική τιμή μόλυνσης πάνω από την οποία απαιτούνται διορθωτικές ενέργειες προκειμένου να διατηρηθεί η υγιεινή της παραγωγικής διαδικασίας σύμφωνα με τη νομοθεσία για τα τρόφιμα

«Διάρκεια διατήρησης» (Shelf-life): σημαίνει είτε το διάστημα που αντιστοιχεί στην περίοδο έως την ημερομηνία «ανάλωση μέχρι» ή την ημερομηνία ελάχιστης διατηρησιμότητας, όπως ορίζονται αντίστοιχα στα άρθρα 9 και 10 της οδηγίας 2000/13/ΕΚ

«Τρόφιμα έτοιμα για κατανάλωση» (Ready-to-eat-food): σημαίνει τρόφιμα που προορίζονται από τον παραγωγό ή τον παρασκευαστή για ανθρώπινη κατανάλωση χωρίς να χρειάζονται μαγείρεμα ή άλλη επεξεργασία, αποτελεσματική για να εξαλείψει ή να μειώσει σε αποδεκτό επίπεδο τους ανησυχητικούς μικροοργανισμούς

Γενικές και ειδικές απαιτήσεις υγιεινής – Θερμοκρασία συντήρησης

Σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), τα ιχθυηρά και τα εξ αυτών λαμβανόμενα προϊόντα καλύπτονται από τους Κανονισμούς Υγιεινής των Τροφίμων, οι οποίοι θεσπίζουν κανόνες για την παραγωγή, το χειρισμό και τη διάθεσή τους στην αγορά. Τα αλιευτικά προϊόντα πρέπει να πληρούν τις σχετικές απαιτήσεις υγιεινής και να προέρχονται από εγκεκριμένες εγκαταστάσεις και αλιευτικά σκάφη, τα οποία έχουν νηολογηθεί και εγκριθεί σύμφωνα με τους

Κανονισμούς Υγιεινής. Εκτός από τις γενικές απαιτήσεις υγιεινής, όπως αυτές ορίζονται στους Κανονισμούς (ΕΚ) αριθ. 852/2004 και (ΕΚ) αριθ. 854/2004 και στις τροποποιήσεις τους, τα αλιευτικά προϊόντα πρέπει επίσης να ικανοποιούν τις ειδικές απαιτήσεις υγιεινής που περιλαμβάνονται στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 853/2004 (τμήμα VIII του παραρτήματος III) και στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 (Κεφάλαιο 1 του Παραρτήματος I).

Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 852/2004 για την υγιεινή των τροφίμων θεσπίζει γενικές απαιτήσεις υγιεινής για τα τρόφιμα και ένα κοινό πλαίσιο για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων. Περιλαμβάνει τις γενικές υποχρεώσεις των Υπεύθυνων Επιχειρήσεων Τροφίμων σχετικά με την υγιεινή των τροφίμων, τις απαιτήσεις για τις διαδικασίες διαχείρισης της ασφάλειας τροφίμων που βασίζονται στην Ανάλυση Κινδύνου και στα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (HACCP), τις απαιτήσεις υγιεινής για τις εγκαταστάσεις, τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες, την εκπαίδευση του προσωπικού και τη συμμόρφωση με τα μικροβιολογικά κριτήρια για τα τρόφιμα. Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 854/2004 ορίζει ειδικές απαιτήσεις για την οργάνωση επίσημων ελέγχων σε προϊόντα ζωικής προέλευσης που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 853/2004 για την υγιεινή των τροφίμων ζωικής προέλευσης θεσπίζει ειδικούς κανόνες για τους Υπευθύνους Επιχειρήσεων Τροφίμων και συμπληρώνει τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 852/2004 προσθέτοντας ειδικές απαιτήσεις υγιεινής για τα προϊόντα ζωικής προέλευσης, συμπεριλαμβανομένων των ιχθυηρών και των προϊόντων τους. Για τα νωπά αλιευτικά προϊόντα, ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 852/2004 ορίζει απαιτήσεις όσον αφορά τη θερμοκρασία συντήρησής τους, τόσο στις χερσαίες εγκαταστάσεις, όσο και στα αλιευτικά σκάφη. Ειδικότερα, το σημείο Α του Κεφαλαίου III της ενότητας VIII του Παραρτήματος III του Κανονισμού προβλέπει ότι: *«Όταν τα διατηρημένα με ψύξη και μη-συσκευασμένα προϊόντα δεν διανέμονται, αποστέλλονται, παρασκευάζονται ή μεταποιούνται αμέσως μετά την άφιξή τους σε μια χερσαία εγκατάσταση, πρέπει να αποθηκεύονται μέσα σε πάγο, σε κατάλληλο χώρο. Ο πάγος πρέπει να ανανεώνεται με την απαιτούμενη συχνότητα. Τα συσκευασμένα νωπά αλιευτικά προϊόντα πρέπει να ψύχονται σε θερμοκρασία παραπλήσια με το σημείο τήξης του πάγου».*

Το κύριο πρόβλημα για τις Αρμόδιες Αρχές των Κρατών Μελών, αναφορικά με την εφαρμογή αυτής της απαίτησης, σχετίζεται με τη συντήρηση προσσκευασμένων προϊόντων (ολόκληρων ψαριών ή τμημάτων αυτών) στα super markets, όπου αυτά δεν διατηρούνται σε πάγο.

Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 853/2004 ορίζει επίσης απαιτήσεις για τα σκάφη που έχουν σχεδιαστεί και εξοπλιστεί προκειμένου να συντηρούν νωπά αλιευτικά προϊόντα για περισσότερες από 24 ώρες. Τα σκάφη αυτά πρέπει να είναι εξοπλισμένα με αμπάρια, δεξαμενές ή περιέκτες για την αποθήκευση αλιευτικών προϊόντων σε θερμοκρασία παραπλήσια εκείνης του τηκόμενου πάγου. Στα σκάφη που είναι εξοπλισμένα για συντήρηση αλιευτικών προϊόντων σε ψυχρό καθαρό θαλασσινό νερό, οι δεξαμενές πρέπει να ενσωματώνουν διατάξεις για την επίτευξη ομοιόμορφης θερμοκρασίας σε όλη την έκταση των δεξαμενών. Με τις διατάξεις αυτές πρέπει να επιτυγχάνεται ρυθμός ψύξης που διασφαλίζει ότι η θερμοκρασία του μίγματος ψαριών/καθαρού θαλασσινού νερού μειώνεται στους 3°C το αργότερο εντός 6 ωρών από τη φόρτωση και στους 0°C το αργότερο εντός 16 ωρών, και να είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της θερμοκρασίας.

Πρέπει να αναφερθεί ότι, τόσο η Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την ασφάλεια των τροφίμων, όσο και οι νομοθεσίες Κρατών του δυτικού και ανατολικού ημισφαιρίου, δεν ορίζουν συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας για τη μεταφορά και συντήρηση μεταποιημένων ιχθυηρών, όπως τα αλίπαστα, καπνιστά και μαρινάτα προϊόντα.

Μικροβιολογικά κριτήρια

Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 καθορίζει μικροβιολογικά κριτήρια για συγκεκριμένους μικροοργανισμούς και τους κανόνες εφαρμογής προς τους οποίους πρέπει να συμμορφώνονται οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων, όταν εφαρμόζουν τα γενικά και ειδικά μέτρα υγιεινής που αναφέρονται στο άρθρο 4 του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 852/2004. Τα κριτήρια για την ασφάλεια των τροφίμων και την υγιεινή της παραγωγικής διαδικασίας αφορούν, μεταξύ άλλων, έτοιμα προς κατανάλωση (ready-to-eat, RTE) προϊόντα, τα οποία είναι ικανά να υποστηρίξουν την ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes*. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται προϊόντα αλιείας, τα οποία καταναλώνονται ωμά ή σχεδόν ωμά (π.χ., sushi, maatjes haring), καθώς και πολλά

προϊόντα ψυχρής κάπνισης. Προϊόντα με τιμές $pH \leq 4.4$ ή με $a_w \leq 0.92$, προϊόντα με τιμές $pH \leq 5.0$ και $a_w \leq 0.94$ και προϊόντα με διάρκεια ζωής μικρότερη των 5 ημερών, δεν θεωρούνται ικανά να υποστηρίξουν την ανάπτυξη της *L. monocytogenes*.

Στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2074/2005 ορίζονται τα όρια ολικού πτητικού αζώτου (TVB-N) για ορισμένες κατηγορίες προϊόντων αλιείας. Ειδικότερα, ορίζονται τα 25 mg ανά 100 g σάρκας για τα είδη *Sebastes* spp., *Helicolenus dactylopterus* και *Sebastichthys capensis*, τα 30 mg ανά 100 g σάρκας για τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια Pleuronectidae (εξαιρουμένου του ιππόγλωσσου: *Hippoglossus* spp.), και τα 35 mg ανά 100 g σάρκας για το είδος *Salmo salar*, τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια Merlucciidae και τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια Gadidae.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ.2074/2005, τα ζώντα δίθυρα μαλάκια που προέρχονται από τις ζώνες της κατηγορίας Β (ζώνες από τις οποίες επιτρέπεται η συλλογή ζώντων δίθυρων μαλακίων, αλλά η διάθεσή τους στην αγορά για κατανάλωση από τον άνθρωπο επιτρέπεται μετά από επεξεργασία σε κέντρο καθαρισμού ή μετά από μετεγκατάσταση, ώστε να καλύπτονται οι προβλεπόμενες υγειονομικές προδιαγραφές), δεν πρέπει να υπερβαίνουν, στη δοκιμή του πλέον πιθανού αριθμού (MPN) 5 σωληναρίων και 3 αραιώσεων, το όριο των $4,6 \times 10^3$ *E. coli* ανά 100 g σάρκας και ενδοθυρικού υγρού. Τα ζώντα δίθυρα μαλάκια που προέρχονται από τις ζώνες της κατηγορίας Γ (ζώνες από τις οποίες επιτρέπεται η συλλογή ζώντων δίθυρων μαλακίων, αλλά η διάθεσή τους στην αγορά για κατανάλωση από τον άνθρωπο επιτρέπεται μόνο μετά από μετεγκατάσταση επί μακρό χρονικό διάστημα, ώστε να πληρούνται οι προβλεπόμενες υγειονομικές προδιαγραφές), δεν πρέπει να υπερβαίνουν στη δοκιμή του πλέον πιθανού αριθμού (MPN) 5 σωληναρίων και 3 αραιώσεων, το όριο των $4,6 \times 10^4$ *E.coli* ανά 100 g σάρκας και ενδοθυρικού υγρού.

Τα όρια που ορίζονται στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ.2073/2005 για τη *Salmonella* σε δίθυρα μαλάκια και ζώντα εχινόδερμα, χιτωνόζωα και γαστερόποδα είναι η απουσία σε 25 g δείγματος κατά τη διάρκεια της διατήρησης.

Τα όρια που ορίζονται στον Κανονισμό (ΕΚ) 2073/2005 για την ισταμίνη σε αλιευτικά προϊόντα από είδη ιχθύων που σχετίζονται με υψηλές ποσότητες ιστιδίνης,

είναι 100 – 200 mg/kg προϊόντος κατά τη διάρκεια της διατήρησής του. Για την δειγματοληψία, λαμβάνονται 9 μονάδες προϊόντος, οι οποίες αποτελούν το δείγμα. Από τις 9 μονάδες, μόνο οι δυο επιτρέπεται να έχουν επίπεδα ισταμίνης μεγαλύτερα των 100 mg/kg προϊόντος ή μεταξύ των τιμών 100–200 mg/kg προϊόντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΛΥΣΙΔΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Προϊόντα συλλεκτικής αλιείας

Τα αλιευτικά σκάφη μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ως προς το μέγεθος και την κλίμακα των αλιευτικών δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφορές στις αποθηκευτικές τους δυνατότητες. Στα μικρά αλιευτικά σκάφη που παραμένουν στη θάλασσα συνήθως για μια ημέρα, τα ιχθυηρά εκσπλαχνίζονται στο κατάστρωμα και τοποθετούνται σε ιχθυοκιβώτια, καλυπτόμενα με πάγο. Τα μεγαλύτερα σκάφη παραμένουν στη θάλασσα για μεγαλύτερο διάστημα, γεγονός που απαιτεί εφαρμογή αποτελεσματικών διαδικασιών συντήρησης καθ' όλη τη διάρκεια του αλιευτικού ταξιδιού. Αν και η διατήρηση των ιχθυηρών σε τηκόμενο πάγο, πάνω στο αλιευτικό σκάφος, είναι κοινή πρακτική, ορισμένα σκάφη που στοχεύουν σε πελαγικά ψάρια τα αποθηκεύουν σε δεξαμενές με θαλασσινό νερό υπό ψύξη, συνήθως χωρίς να τα εκσπλαχνίζουν. Η ενεργή ψύξη του θαλασσινού νερού διασφαλίζει τη συμμόρφωση προς την απαίτηση της νομοθεσίας για διατήρηση των αλιευτικών προϊόντων σε θερμοκρασία παραπλήσια εκείνης του τηκόμενου πάγου (0°C).

Η εκφόρτωση των ιχθυηρών στην ιχθυόσκαλα, από τα παραδοσιακά σκάφη, πραγματοποιείται με ανυψωτικά μηχανήματα που αποθέτουν τα ιχθυοκιβώτια με τα εκσπλαχνισμένα ιχθυηρά στην ακτή και στη συνέχεια τα φορτώνουν στα οχήματα μεταφοράς. Στη περίπτωση χύδην αποθήκευσης των ιχθυηρών στις δεξαμενές ψυχόμενου θαλασσινού νερού του σκάφους, τα προϊόντα αντλούνται (χρήση αντλιών) σε οχήματα μεταφοράς χύδην ή απευθείας στις μονάδες επεξεργασίας για ταξινόμηση και διαλογή, όταν αυτές είναι εγκατεστημένες πλησίον της ιχθυόσκαλας.

Προϊόντα υδατοκαλλιέργειας

Η εκτροφή ιχθυηρών μπορεί να λάβει διάφορες μορφές, οι οποίες τείνουν να μιμηθούν τις φυσικές συνθήκες του κύκλου ζωής κάθε είδους, με ταυτόχρονη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας. Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα μπορεί να περιλαμβάνουν 1) δεξαμενές εγκατεστημένες στην ξηρά που αερίζονται συνεχώς και αναπληρώνονται με γλυκό ή θαλασσίο νερό, 2) σκαμμένες δεξαμενές στη χέρσο ή 3)

ιχθυοκλωβούς που αιωρούνται από την επιφάνεια σε γλυκά ποτάμια νερά ή στη θάλασσα. Πολλά είδη εμπορικού ενδιαφέροντος είναι διάδρομα, και ως εκ τούτου, ο κύκλος ζωής τους περιλαμβάνει φάσεις τις οποίες διάγουν στο γλυκό νερό και φάσεις που διάγουν στη θάλασσα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να χρησιμοποιούνται συστήματα εκτροφής, στα οποία, νεαρά ιχθύδια προερχόμενα από γλυκά νερά εκτρέφονται και ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους στη θάλασσα. Τα ψάρια της υδατοκαλλιέργειας εκτρέφονται με εμπορικά παρασκευασμένες ιχθυοτροφές που περιλαμβάνουν επεξεργασμένη πρωτεΐνη ψαριών, προερχόμενη είτε από υποπροϊόντα της επεξεργασίας αλιευτικών προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε από μη-εμπορεύσιμα είδη, τα οποία αλιεύονται αλλά δεν χρησιμοποιούνται ως τροφή από τον άνθρωπο.

Τα εκτρεφόμενα ψάρια συνήθως θανατώνονται με χτύπημα στην κεφαλή, ακολουθούμενο από τομή των βραγχίων που προκαλεί αιμορραγία. Τα ψάρια που αλιεύονται στη θάλασσα μπορούν να αντληθούν ζωντανά και να θανατωθούν πάνω στο σκάφος, να ψυχθούν και, αφού εκφορτωθούν στην ιχθυόσκαλα, να εκσπλαχνιστούν και να υποβληθούν σε περαιτέρω επεξεργασία σε εγκεκριμένη χερσαία εγκατάσταση. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι να μεταφερθούν τα ψάρια στην ακτή ζωντανά, είτε με σκάφος-δεξαμενή ή με άντληση, για μεταγενέστερη θανάτωση σε εγκεκριμένη εγκατάσταση.

Η παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση αντιπροσωπεύει περίπου το 20% της συνολικής ευρωπαϊκής παραγωγής προϊόντων αλιείας. Περίπου το 50% του συνολικού όγκου παραγωγής της ευρωπαϊκής υδατοκαλλιέργειας αποτελείται από δίθυρα μαλάκια, κυρίως μύδια, στρείδια και αχιβάδες, ενώ το 27% αφορά την εκτροφή ψαριών σε θαλασσινό νερό, όπως ο σολομός, η πέστροφα, η τσιπούρα και το λαβράκι. Το υπόλοιπο 23% της παραγωγής εκτρεφόμενων ειδών περιλαμβάνει ψάρια του γλυκού νερού, όπως ο κυπρίνος και η ιριδίζουσα πέστροφα. Τα στοιχεία αυτά διαφοροποιούνται έντονα την ευρωπαϊκή από την παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας, στην οποία κυριαρχούν τα ψάρια του γλυκού νερού.

Επεξεργασία και διανομή αλιευτικών προϊόντων – Πρακτικές ψύξης

Τα προϊόντα ιχθυηρών μπορούν να διανεμηθούν σε εμπόρους διανομείς ως πρωτογενή, μη-μεταποιημένα προϊόντα (π.χ. εκσπλαχνισμένα, με κεφάλι και πτερύγια). Κατά τη διανομή, τα νωπά αλιευτικά προϊόντα πρέπει να διατηρούνται σε θερμοκρασία παραπλήσια της θερμοκρασίας του τηκόμενου πάγου (0°C). Η συνήθης επεξεργασία των ψαριών περιλαμβάνει διαχωρισμό των υψηλής εμπορικής αξίας πλευρικών μυών από τον σκελετό (φιλετοποίηση), ακολουθούμενη από κατάψυξη. Περαιτέρω επεξεργασία των φιλέτων μπορεί να περιλάβει αλάτιση και κάπνιση ή διαδικασία ζύμωσης. Τα ψάρια, ως ψυχρόαιμα (ή ποικιλόθερμα) ζώα, έχουν θερμοκρασία σώματος ανάλογη με εκείνη του περιβάλλοντός τους. Ως εκ τούτου, η αρχική θερμοκρασία των προϊόντων αλιείας είναι, εν γένει, σημαντικά υψηλότερη από 0°C. Η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού και των γλυκών υδάτων μπορεί να ποικίλλει σημαντικά, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, το βάθος, την προέλευση του γλυκού νερού και τα ωκεάνια ρεύματα. Οι θερμοκρασίες των υδάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και, κατ' επέκταση, οι αρχικές θερμοκρασίες των ιχθυηρών που αλιεύονται σε αυτά κυμαίνονται κατά προσέγγιση από 4°C (ύδατα βόρειων περιοχών) έως 25°C ή και υψηλότερα (ύδατα νότιων περιοχών).

Για την επίτευξη θερμοκρασίας παραπλήσιας με εκείνη του τηκόμενου πάγου, αμέσως μετά την αλίευση, τα ψάρια πρέπει να εκσπλαχνίζονται και να τοποθετούνται σε πάγο. Με την πρακτική αυτή, η θερμοκρασία στις επιφάνειες των ψαριών που έρχονται σε επαφή με τον τηκόμενο πάγο μειώνεται σχετικά γρήγορα στους 0°C, ενώ η θερμοκρασία στα βαθύτερα στρώματα και στο θερμικό κέντρο του ψαριού πέφτει με βραδύτερο ρυθμό. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας είναι η αναλογία ψαριών προς πάγο, η πλήρωση της σπλαχνικής κοιλότητας των ψαριών με πάγο, το μέγεθος των ψαριών, η θερμοκρασία του πάγου, η αρχική θερμοκρασία των ψαριών και, στα μεγαλύτερα αλιευτικά ταξίδια, η συχνότητα ανανέωσης του πάγου. Η τήξη μέρους του πάγου και η μετατροπή του σε υγρό είναι φυσική συνέπεια της μεταφοράς θερμότητας από τα ψάρια στο ψυκτικό μέσο. Αν και η θερμοκρασία του προκύπτοντος μίγματος πάγου-νερού προσεγγίζει εκείνη των 0°C, η αποτελεσματικότητα του πάγου να διατηρεί την ψυκτική αλυσίδα μεγιστοποιείται όταν το νερό της τήξης διαχωρίζεται από τα ψάρια.

Μετά την εκφόρτωση, και σε όλο το μήκος της αλυσίδας διανομής, τα ψάρια πρέπει να διατηρούνται σε πάγο και, για όσο διάστημα παραμένουν στα ιχθυοκιβώτια, το νερό της τήξης πρέπει να αποστραγγίζει, ώστε να διατηρείται η ψυχρή αλυσίδα.

Σύμφωνα με έκθεση της EFSA (2015), τα δεδομένα για τις θερμοκρασίες που επικρατούν κατά τη συντήρηση νωπών αλιευτικών προϊόντων και τις διακυμάνσεις τους είναι σπάνια. Τα λιγοστά διαθέσιμα στοιχεία προέρχονται από έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον επιπολασμό *Listeria monocytogenes* σε καπνιστά αλιευτικά προϊόντα, σύμφωνα με την οποία, η μέση θερμοκρασία συντήρησης συσκευασμένων καπνιστών προϊόντων στα καταστήματα λιανικού εμπορίου ήταν 3,5°C, με τυπική απόκλιση 1,8°C (EFSA, 2013).

ΣΟΛΟΜΟΙ ΚΑΙ ΠΕΣΤΡΟΦΕΣ (οικ. Salmonidae)

Η οικογένεια Salmonidae (τάξη Salmoniformes) περιλαμβάνει περί τα 200 είδη τελεόστεων ψαριών μεγάλου εμπορικού και τεχνολογικού ενδιαφέροντος (σολομοί, πέστροφες, σαλβελίνοι, κορέγονοι, θύμαλοι, κλπ.), τα οποία είναι διαδεδομένα στις θάλασσες και τα εσωτερικά (γλυκά) νερά εύκρατων και ψυχρών περιοχών του Βορείου Ημισφαιρίου. Τα περισσότερα ζουν στη θάλασσα και ανεβαίνουν τα ποτάμια για να ωοτοκήσουν (αναδρομικά ή ποταμοτόκα ψάρια), ενώ ορισμένα ζουν και αναπαράγονται σε δροσερά, καθαρά και διαυγή νερά λιμνών και ποταμών, χωρίς να κατεβαίνουν ποτέ στη θάλασσα (Λουγκοβόλης, 2002). Είναι σαρκοβόρα, διακρινόμενα για την αδηφαγία τους. Τρέφονται με ψάρια και άλλα υδρόβια ζώα, ενώ συχνά καταβροχθίζουν τον ίδιο τους το γόνο. Οωτοκούν συνήθως το χειμώνα και απαιτούν τρεχούμενα νερά πλούσια σε οξυγόνο (πλησίον του σημείου κορεσμού) και χαλικώδη πυθμένα. Τα αυγά, μετά την ωρίμανσή τους, πέφτουν στην υπογάστρια κοιλότητα, γεγονός που επιτρέπει την εύκολη παραλαβή και τεχνητή γονιμοποίησή τους.

Πολλά είδη της οικογένειας, ιδιαιτέρως δε οι σολομοί και οι πέστροφες, χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή γνωστών καπνιστών προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και ποιότητας. Στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο, πλέον πολύτιμα είδη θεωρούνται ο σολομός του Ατλαντικού (*Salmo salar*) και η θαλασσινή ή Ευρωπαϊκή πέστροφα (*Salmo trutta*) που προέρχονται, τόσο από συλλεκτική αλιεία, όσο και από την υδατοκαλλιέργεια. Στις περιοχές του Ειρηνικού Ωκεανού και στα ποτάμια που

εκβάλλουν σε αυτόν κυριαρχούν οι σολομοί του γένους *Oncorhynchus*, καθώς και η ιριδίζουσα πέστροφα ή πέστροφα ίρις, *Salmo gairdneri*, η οποία είναι ενδημικό είδος των ποταμών της Βορείου Αμερικής.

Πίνακας 2.1. Συστηματική κατάταξη σολομού του Ατλαντικού (*Salmo salar*) και θαλασσινης πέστροφας (*Salmo trutta*).

Taxa	Πέστροφα	Σολομός
Kingdom (Βασίλειο)	Animalia (Ζώα)	
Phylum (Φύλο)	Chordata (Χορδωτά)	
Subphylum (Υποφύλο)	Craniata (Κρανιατά)	
Clade (Κλάδος)	Vertebrata (Σπονδυλωτά)	
Superclass (Υπερκλάση)	Actinopterygii (Ακτινοπτερύγιοι)	
Class (Κλάση)	Actinopteri (Ακτινόπτεροι)	
Subclass (Υποκλάση)	Neopterygii (Νεοπτερύγιοι)	
Infraclass (Υποκατηγορία)	Teleostei (Τελεόστεοι)	
Order (Τάξη)	Salmoniformes (Σολομονόμορφοι)	
Family (Οικογένεια)	Salmonidae (Σολομονίδες)	
Subfamily	Salmoninae (Σολομονίνες)	
Genus (Γένος)	<i>Salmo</i> (Σάλμο)	
Species (Είδος)	<i>S. trutta</i>	<i>S. salar</i>

Πηγή: Schoch et al. *NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford)*.

2020: [baaa062](#). PubMed: [32761142](#) PMC: [PMC7408187](#).

Σολομός Ατλαντικού (*Salmo salar*, Linnaeus 1758)

Μορφολογία

Σώμα επίμηκες, πλευρικά συμπιεσμένο, με λεπτό ουραίο μίσχο και βάθος που αυξάνει με την ηλικία του ψαριού (FAO, 2009). Στόμα μεγάλο, με βαθιά στοματική σχισμή και ισχυρά, καλά ανεπτυγμένα κωνικά δόντια στις σιαγόνες, στον ουρανίσκο και τη γλώσσα. Η άνω γνάθος εκτείνεται μέχρι το πίσω άκρο των ματιών (Rochard & Elie, 1994). Οι ενήλικες σολομοί που ζουν στη θάλασσα έχουν χρώμα γαλαζοπράσινο έως σκοτεινό μπλε στη ράχη, λαμπερό ασημί κατά μήκος των πλευρών και λευκό στα κοιλιακά τοιχώματα. Στο κεφάλι και κατά μήκος του σώματος, πάνω από την πλάγια γραμμή, υπάρχουν πολυάριθμα μαύρα στίγματα σχήματος Χ (Bigelow et al., 1963. Rochard & Elie, 1994). Πτερύγια γκριζωπά, με 10-12 ακτίνες το ραχιαίο και 8-11 το εδρικό. Πτερύγιο ουράς σχεδόν κοφτό στα ενήλικα άτομα, ελαφρά εγκολπωμένο στα

νεαρά άτομα, έντονα εγκολπωμένο έως διχαλωτό σε ιχθύδια με μήκος μικρότερο από 20 cm. Κοιλιακά πτερύγια σε θέση υποκοιλιακή. Παρουσία μαλακού λιπώδους πτερυγίου πάνω από το εδρικό. Την περίοδο της αναπαραγωγής το χρώμα χάνει τη μεταλλική του λάμψη και μεταβάλλεται σε θαμπό καφετί ή κιτρινωπό. Πολλά άτομα, ιδίως αρσενικά, εμφανίζουν κόκκινες ή μαύρες κηλίδες στο σώμα και το κεφάλι. Επιπλέον, οι σιαγόνες των ενήλικων αρσενικών επιμηκύνονται και καμπυλώνουν, με αποτέλεσμα να εφάπτονται μόνο κατά το πρόσθιο άκρο τους.



Εικόνα 2.1. Σολομός Ατλαντικού, *Salmo salar* ([File: Salmo salar.jpg - Wikipedia](#))

Το μήκος του ψαριού μπορεί να φτάσει τα 150 cm και το βάρος του τα 35 kg (τα θηλυκά συνήθως μέχρι 120 cm και βάρος έως 20 kg) (Migdalski & Fichter, 1989, Robins & Ray, 1986). Το μέγιστο καταγεγραμμένο βάρος είναι τα 46,8 kg (Daymond, 1963). Ο σολομός μπορεί να διακριθεί από συγγενικά είδη βάσει των εξής κριτηρίων: Φέρει 10-13 λέπια μεταξύ του άκρου της βάσης του λιπώδους πτερυγίου και της πλευρικής γραμμής (Kottelat & Freyhof, 2007), το δε ουραίο πτερύγιο έχει 19 ακτίνες (Spillman, 1961). Στα νεαρά άτομα παρατηρούνται 8-12 μπλε – βιολετί κηλίδες, στο ενδιάμεσο των οποίων υπάρχουν μικρότερες κόκκινες κηλίδες (Rochard & Elie, 1994). Ο αριθμός των σπονδύλων κυμαίνεται από 58 έως 61.

Βιολογία

Ο σολομός του Ατλαντικού είναι ανάδρομο ποταμοτόκο είδος, το οποίο, ως ενήλικο ψάρι ζει στη θάλασσα και πραγματοποιεί μεταναστεύσεις, αναπλέοντας τους ποταμούς, για να αναπαραχθεί (Rochard & Elie, 1994). Ενδημεί στις ευρωπαϊκές ακτές του Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού και στα ποτάμια που εκβάλλουν σε αυτόν και προτιμάει θερμοκρασίες από 4°C έως 12°C. Γενικά, απαντά σε όλους τους ποταμούς όπου η θερμοκρασία ανεβαίνει πάνω από τους 10°C για περίπου 3 μήνες το χρόνο

και δεν υπερβαίνει τους 20°C για περισσότερο από μερικές εβδομάδες το καλοκαίρι (Kottelat & Freyhof, 2007). Η ωτοκία λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο έως τον Ιανουάριο κοντά στις πηγές των ποταμών, σε καθαρά, καλά οξυγονωμένα νερά, ακολουθούμενη από επώαση 3 περίπου μηνών. Τα θηλυκά αποθέτουν τα αυγά τους σε αυλάκια που σκάβουν ανάμεσα στα χαλίκια του πυθμένα. Οι γόννοι τρέφονται για 4-6 εβδομάδες από τα δικά τους αποθέματα. Στη συνέχεια, τα ιχθύδια αρχίζουν να τρέφονται με προνύμφες εντόμων. Τα νεαρά άτομα παραμένουν στα ανώτερα ρεύματα των ποταμών, σε περιοχές με δυνατό ρεύμα και τραχύ, χαλικώδη πυθμένα (Balon, 1990). Στη διάρκεια του χειμώνα, οι νεαροί σολομοί αναζητούν καταφύγιο σε μικρούς προφυλαγμένους χώρους ή κάτω από τις πέτρες κατά τη διάρκεια της ημέρας (Kottelat & Freyhof, 2007).

Τα νεαρά ψάρια που αποκαλούνται “parrs” παραμένουν στο γλυκό νερό για 2-5 χρόνια, μέχρις ότου υποβληθούν στη διαδικασία μέσω της οποίας προσαρμόζουν τη φυσιολογία τους για διαβίωση στο θαλασσινό νερό. Μετά την ολοκλήρωση της προσαρμογής, τα ψάρια μεταναστεύουν σε παράκτια θαλάσσια ύδατα ή και στον ανοικτό ωκεανό, όπου παραμένουν για 1-4 χρόνια, πριν επιστρέψουν στο γλυκό νερό για την ωτοκία (Rochard & Elie, 1994). Ο σολομός του Ατλαντικού ζει έως και 10 χρόνια, αν και τα περισσότερα ψάρια δεν ξεπερνούν την ηλικία των 4-6 ετών (Muus & Nielsen, 1999). Οι περισσότεροι πληθυσμοί εξαρτώνται κυρίως ή αποκλειστικά από την εκτροφή, λόγω της υποβάθμισης των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Κύριες χώρες παραγωγής

Ο σολομός του Ατλαντικού (*Salmo salar*) συγκαταλέγεται στην σχετικά μικρή ομάδα των 20, περίπου, πλέον σημαντικών ειδών της υδατοκαλλιέργειας (σε εθνικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο), τα οποία αντιπροσωπεύουν το 83,6% της συνολικής παραγωγής εκτρεφόμενων ψαριών (FAO, 2020). Το 2018, η παγκόσμια παραγωγή εκτρεφόμενου σολομού του Ατλαντικού ανήλθε σε 2,4 εκατομμύρια τόνους (1,4 εκατομμύρια τόνοι το 2010), ποσότητα που αντιστοιχεί στο 4,5% της συνολικής παραγωγής εκτρεφόμενων ψαριών, παγκοσμίως. Η παραγωγή άγριου σολομού του Ατλαντικού (συλλεκτική αλιεία) είναι πολύ μικρότερη και εντοπίζεται κυρίως σε χώρες όπως ο Καναδάς, με ετήσια παραγωγή μεγαλύτερη των 2.000 τόνων,

η Χιλή, με ετήσια παραγωγή άνω των 1.500 τόνων, τα νησιά Φερόε και η Νορβηγία, με ετήσια παραγωγή που υπερβαίνει τους 1.000 τόνους, καθώς και το Ηνωμένο Βασίλειο, με ετήσια παραγωγή μικρότερη των 500 τόνων.



Εικόνα 2.2. Κύριες χώρες παραγωγής σολομού του Ατλαντικού, *Salmo salar* (FAO, 2009)

Πέστροφα θαλασσινή (*Salmo trutta trutta*, Linnaeus 1758)

Μορφολογία

Σώμα επίμηκες ατρακτοειδές, πλευρικά συμπιεσμένο, με λεπτό και βαθύ ουραίο μίσχο. Στόμα μεγάλο, με βαθιά στοματική σχισμή (η πάνω σιαγόνα εκτείνεται αρκετά πίσω από την περιφέρεια των ματιών) και πολυάριθμα, καλά ανεπτυγμένα δόντια στις σιαγόνες, στο vomer και στην οροφή του στόματος. Πρώτο βραγχιακό τόξο με 13-18 βραγχιάκανθες. Ραχιαίο πτερύγιο στη μέση του μήκους του σώματος, με 11-15 μαλακές ακτίνες. Ουραίο πτερύγιο κοντό, ισόλοβο, με μικρή εγκόλπωση και 18-19 μαλακές ακτίνες. Κοιλιακά πτερύγια με 9 ακτίνες, τοποθετημένα στο ύψος του πίσω άκρου της βάσης του ραχιαίου. Εδρικό πτερύγιο με 10-14 μαλακές ακτίνες. Παρουσία μαλακού λιπώδους πτερυγίου πάνω ακριβώς από το εδρικό. Χρώμα ράχης λαδί-πρασινωπό έως καφετί, πλευρά κιτρινωπά και κοιλιά υποκίτρινη για την ποταμίσια πέστροφα και ασημένια για τη λιμναία και θαλασσινή πέστροφα. Στο κεφάλι και κατά μήκος της ράχης και των πλευρών υπάρχουν σκοτεινές καστανές ή μαύρες κηλίδες που εκτείνονται στο ραχιαίο και το λιπώδες πτερύγιο. Ορισμένα άτομα φέρουν επιπλέον διάσπαρτες κόκκινες ή πορτοκαλί κηλίδες στα πλευρά του σώματος (κυρίως η ποταμίσια πέστροφα). Χρώμα λιπώδους πτερυγίου κοκκινωπό.

Το σώμα καλύπτεται από μικρά, λεία κυκλοειδή λέπια (118-130 στην πλάγια γραμμή, 13-19 μεταξύ της βάσης του λιπώδους πτερυγίου και της πλάγιας γραμμής). Μήκος μέχρι 110 cm (συνήθως 55-90 cm) και βάρος 20 kg (Bauchot, 1987). Αριθμός σπονδύλων 56-61.



Εικόνα 2.3. Πέστροφα θαλασσινή, *Salmo trutta trutta*

<https://th.bing.com/th/id/OIP.UxtODhGXrPDET00DeV8jHAHaCy?pid=ImgDet&rs=1>

Η διάκριση μεταξύ νεαρών σολομών του Ατλαντικού που βρίσκονται σε γλυκά νερά και της νεαρής θαλασσινής πέστροφας παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες. Επιπλέον, δύσκολη θεωρείται και η διάκριση μεταξύ ενήλικων ατόμων. Η διάκριση των δυο ειδών βασίζεται κυρίως στις εξής διαφορές: 1) Στη θαλασσινή πέστροφα, η άνω γνάθος εκτείνεται αρκετά πίσω από την περιφέρεια των ματιών, ενώ στο σολομό του Ατλαντικού δεν ξεπερνά το πίσω μέρος του ματιού. 2) Η ενήλικη θαλασσινή πέστροφα φέρει κηλίδες κάτω από τη πλάγια γραμμή, οι οποίες δεν εμφανίζονται στον σολομό του Ατλαντικού. 3) Ο νεαρός σολομός Ατλαντικού έχει βαθύ διχαλωτό ουραίο πτερύγιο και γκριζωπό λιπώδες πτερύγιο, ενώ η θαλασσινή πέστροφα έχει κόκκινο λιπώδες πτερύγιο και ουραίο πτερύγιο με μικρή εγκόλπωση.

Βιολογία

Η θαλασσινή πέστροφα ζει σε κρύα νερά και λίμνες και αναπαράγεται σε ποτάμια και ρυάκια με καθαρό, χαλικώδη πυθμένα. Οι μεταναστευτικές μορφές του είδους μεγαλώνουν σε λίμνες και στη θάλασσα, όπου αποκτούν μεγάλο μέγεθος, αλλά μεταναστεύουν στα ανάντη των ποταμών για να γεννήσουν. Το ιχθυηρό συνήθως αναπαράγεται το φθινόπωρο (Νοέμβριο με Δεκέμβριο). Τα θηλυκά γεννούν περίπου 1500 αυγά ανά kg σωματικού βάρους (από 1000 έως 2000). Τα αυγά είναι μεγάλα και το μέγεθός τους τείνει αυξανόμενο με την ηλικία του θηλυκού (50 mg σε

θηλυκά άτομα 2 ετών, 80 mg σε θηλυκά 3 ετών). Η βέλτιστη θερμοκρασία για εκκόλαψη είναι 8°C, με εύρος που κυμαίνεται από 4°C έως 12°C. Η θαλασσινή πέστροφα ανέχεται θερμοκρασίες νερού μεταξύ 1°C και 27°C. Ωστόσο, το ιχθυηρό τρέφεται και μεγαλώνει μόνο όταν η θερμοκρασία του νερού υπερβαίνει τους 4°C. Η βέλτιστη θερμοκρασία για ανάπτυξη είναι 14°C, με εύρος από 12°C έως 16°C. Η σεξουαλική ωριμότητα εμφανίζεται συνήθως στην ηλικία του ενός ή των δύο ετών για τα αρσενικά και στην ηλικία των 2 έως 3 ετών στα θηλυκά, ανάλογα με την θερμοκρασία του νερού.

Κύριες χώρες παραγωγής

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, 2010), για την παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιεργειών σε θαλασσινό ή γλυκό νερό το 2010, οι κύριες παραγωγού χώρες για όλα τα υποείδη θαλασσινής πέστροφας *Salmo trutta* (πλέον των 100 τόνων ετησίως) ήταν οι εξής: Ρωσική Ομοσπονδία (80% της παγκόσμιας παραγωγής, σχεδόν εξ ολοκλήρου σε γλυκό νερό), Ιταλία, Ρουμανία, Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία, Δανία, Βοσνία-Ερζεγοβίνη. Παραγωγή θαλασσινής πέστροφας καταγράφεται επίσης στις ακόλουθες χώρες: Αλβανία, Βολιβία, Κροατία, Τσέχικη Δημοκρατία, Καζακστάν, Γεωργία, Κένυα, Λίβανος, Μαρόκο, Πακιστάν, Πολωνία, Τουρκία και Ζιμπάμπουε.



Εικόνα 2.4. Κύριες χώρες παραγωγής θαλασσινής πέστροφας, *Salmo trutta trutta* (FAO, 2010)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΥΝΔΕΟΜΕΝΟΙ ΜΕ ΤΑ ΑΛΙΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Αμέσως μετά την αλίευση, τα ιχθυηρά πρέπει να συντηρούνται ανελλιπώς υπό ψύξη και συγκεκριμένα να συσκευάζονται σε ιχθυοκιβώτια με επαρκή ποσότητα τηκόμενου πάγου που εξασφαλίζει θερμοκρασία πλησίον των 0°C. Σε συνθήκες ανεπαρκούς ψύξης, αυξάνει ο κίνδυνος ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών, αλλά και τυπικών αλλοιογόνων βακτηρίων, τα οποία αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και καθιστούν το προϊόν μη-αποδεκτό για ανθρώπινη κατανάλωση. Οι μικροοργανισμοί που ευθύνονται για τις αλλοιώσεις των ιχθυηρών προέρχονται από το υδάτινο περιβάλλον στο οποίο έγινε η αλίευσή τους ή μεταφέρονται σε αυτά κατά τη διάρκεια των χειρισμών στο αλιευτικό σκάφος και τη μετέπειτα μεταφορά και επεξεργασία.

Η τυπική αλλοιογόνος χλωρίδα ψαριών των εύκρατων νερών περιλαμβάνει κυρίως ψυχρότροφα και ψυχρόφιλα Gram-αρνητικά βακτήρια που ανήκουν στα γένη *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter*, *Alcaligenes*, *Shewanella* και *Flavobacterium*. Επίσης, περιλαμβάνει Gram-θετικά γένη βακτηρίων (*Micrococcus*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Corynebacterium*) σε κυμαινόμενη αναλογία. Είδη του γένους *Aeromonas* θεωρούνται τυπικά της χλωρίδας των ψαριών του γλυκού νερού, ενώ συνήθως απουσιάζουν από τα θαλασσινά ψάρια. Αντίθετα, βακτήρια που απαιτούν νάτριο για την ανάπτυξή τους (*Vibrio*, *Shewanella*) θεωρούνται τυπικά της χλωρίδας των θαλασσινών ψαριών. Στο υδάτινο περιβάλλον και, κατ' επέκταση στα ιχθυηρά, ανευρίσκονται επίσης τύποι του *Clostridium botulinum*, ιδίως τα στελέχη εκείνα που παράγουν τοξίνη τύπου E και τα οποία θεωρούνται ενδημικά των εύκρατων και υποαρκτικών περιοχών (Huss, 1980). Σημαντικό κίνδυνο που ελλοχεύει αποτελεί και η παρουσία *Listeria monocytogenes*. Ο μικροοργανισμός αυτός έχει απομονωθεί από επιφανειακά ύδατα (θετικά δείγματα άνω του 62%), αλλά και από μολυσμένα νερά (περισσότερα από 33% θετικά δείγματα), ενώ δεν απομονώθηκε σε νερά ωκεανών, ούτε σε νερά πηγών που δεν ήταν μολυσμένα (Huss et al., 1995).

ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ

Τα παθογόνα βακτήρια που μπορεί να επιμολύνουν τα ιχθυηρά και τα προϊόντα τους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορά ενδογενή βακτήρια, τα οποία απαντούν φυσικά στο υδάτινο περιβάλλον και, ως εκ τούτου, και στα ίδια τα ιχθυηρά. Η δεύτερη κατηγορία αφορά εξωγενή βακτήρια, τα οποία εισάγονται μέσω περιβαλλοντικής μόλυνσης, είτε από βιομηχανικά ή/και αστικά λύματα, είτε από οικιακά απόβλητα. Στη συνέχεια, αναφέρονται τα σημαντικότερα βακτήρια κάθε κατηγορίας:

(I) Ενδογενή βακτήρια

- *Clostridium perfringens*
- *Clostridium botulinum*
- *Vibrio spp.*
- *Listeria monocytogenes*

(II) Εξωγενή βακτήρια

- *Salmonella spp.*
- *Shigella spp.*
- *Escherichia coli*

(III) Άλλα παθογόνα βακτήρια

- *Yersinia enterocolitica*
- *Staphylococcus aureus*
- *Edwardsiella tarda*
- *Plesiomonas shigelloides*

Οι μικροοργανισμοί που προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία είναι το *Clostridium botulinum type E*, και η *Listeria monocytogenes*. Ο κίνδυνος αυτών των βακτηρίων είναι υπαρκτός στην περίπτωση που δεν τηρούνται οι Ορθές Βιομηχανικές Πρακτικές (GMPs), συμπεριλαμβανομένων των Ορθών Πρακτικών Υγιεινής (GHPs). Ειδικότερα, η μόλυνση από *L. monocytogenes* έχει προκαλέσει έντονα το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, λόγω της σοβαρότητας και της συχνότητας του προβλήματος στη βιομηχανία τροφίμων και οι έρευνες γύρω από αυτό το βακτήριο είναι πολυάριθμες. Παρακάτω, γίνεται εκτενής περιγραφή των χαρακτηριστικών της *L. monocytogenes* και των τρόπων αντιμετώπισης του μικροοργανισμού, με αναφορά

σε σχετικές μελέτες και αναλύσεις, καθώς και συνοπτική αναφορά στους υπόλοιπους παθογόνους οργανισμούς που ενδιαφέρουν τη βιομηχανία αλιευτικών προϊόντων.

Listeria monocytogenes

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO, 1999), η *Listeria monocytogenes* έχει απομονωθεί από προϊόντα αλιείας σε πολλές περιπτώσεις, από τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Αυτό συμβαίνει διότι το βακτήριο επιβιώνει από την διαδικασία της ψυχρής κάπνισης, αφού η θερμοκρασία στην οποία εκτίθεται το προϊόν είναι χαμηλή για την καταστροφή της. Η *Listeria monocytogenes* ανήκει στην οικογένεια Listeriaceae, μαζί με άλλα εννέα είδη. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό ανάπτυξής της είναι οι ακόλουθοι:

1. Θερμοκρασία
2. pH και παρουσία οργανικών οξέων
3. Ατμόσφαιρα της συσκευασίας
4. Συγκέντρωση άλατος και περιεκτικότητα σε σάκχαρα (a_w)
5. Παρουσία συντηρητικών (νιτρώδη, σορβικά, κλπ.)
6. Ανταγωνισμός με άλλους μικροοργανισμούς

Η *L. monocytogenes* αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες 0-45°C και θανατώνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 50°C. Επιπλέον, μπορεί να αναπτυχθεί σε τιμές pH έως και 4,4. Οξέα όπως το οξικό, το κιτρικό και το γαλακτικό, σε συγκέντρωση 0,1% είναι ικανά να εμποδίσουν την ανάπτυξή της. Η τιμή ενεργότητας ύδατος (a_w) για άριστη ανάπτυξη είναι $\geq 0,97$. Η θερμοανθεκτικότητα του μικροοργανισμού αυξάνει καθώς μειώνεται η τιμή a_w , γεγονός που προκαλεί σοβαρό πρόβλημα στη βιομηχανία τροφίμων. Σε μέτριες συγκεντρώσεις άλατος (π.χ. 6,5%) ο πληθυσμός του παθογόνου αυξάνει σε υψηλά επίπεδα, συνεχίζει δε να αναπτύσσεται σε ακόμη υψηλότερες αλατότητες. Η μείωση της θερμοκρασίας αυξάνει την αντοχή του οργανισμού στις υψηλότερες συγκεντρώσεις άλατος.

Η *L. monocytogenes* βρίσκεται στο περιβάλλον και είναι ικανή να μολύνει τον άνθρωπο, προκαλώντας λιστερίωση. Απαντά στο νερό και στο έδαφος και μπορεί να εισέλθει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων με κίνδυνο να μολύνει τα

προϊόντα, όταν βρει τις κατάλληλες συνθήκες. Σε ανθρώπους που έχουν προσβληθεί από λιστερίωση ή είναι φορείς του βακτηρίου χωρίς να νοσούν, η *L. monocytogenes* αποβάλλεται μέσω των κοπράνων. Από το έδαφος, ο μικροοργανισμός μεταφέρεται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις με τα παπούτσια και τα ρούχα των εργαζομένων, καθώς και με τα οχήματα στα οποία προσκολλάται. Η υψηλή υγρασία των χώρων και η αφθονία θρεπτικών ουσιών καθιστούν τις μονάδες επεξεργασίας τροφίμων ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη της *L. monocytogenes* και για αυτό απαιτούνται ιδιαίτερες προφυλάξεις.

Πίνακας 3.1. Παρουσία *Listeria spp.*, και *Listeria monocytogenes* σε δείγματα τροφίμων

Τοποθεσία δειγματοληψίας	Αριθμός δειγμάτων	% Θετικά δείγματα	
		<i>Listeria spp.</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Σολομός			
Νορβηγία	33	Δεν έχει καθοριστεί	9
Νορβηγία	40	80	33
Νορβηγία	65	11	11
Ιταλία	63	0-100	0-29
Ιταλία	165	Δεν έχει καθοριστεί	19
Σουηδία	100	Δεν έχει καθοριστεί	24
Σουηδία	64	Δεν έχει καθοριστεί	6
Νέα Ζηλανδία	12	Δεν έχει καθοριστεί	75
Ηνωμένο Βασίλειο	22	14	Δεν έχει καθοριστεί
ΗΠΑ	61	Δεν έχει καθοριστεί	79
Ισλανδία	13	23	0
Καναδάς, ΗΠΑ, Χιλή, Σκωτία, Νορβηγία	32	Δεν έχει καθοριστεί	31
Ιαπωνία	76	30	16
Δανία	188	Δεν έχει καθοριστεί	34
Άλλα είδη			
ΗΠΑ		Δεν έχει καθοριστεί	18
ΗΠΑ		Δεν έχει καθοριστεί	7
Σουηδία	324	Δεν έχει καθοριστεί	14

Πηγή: Gram (2009)

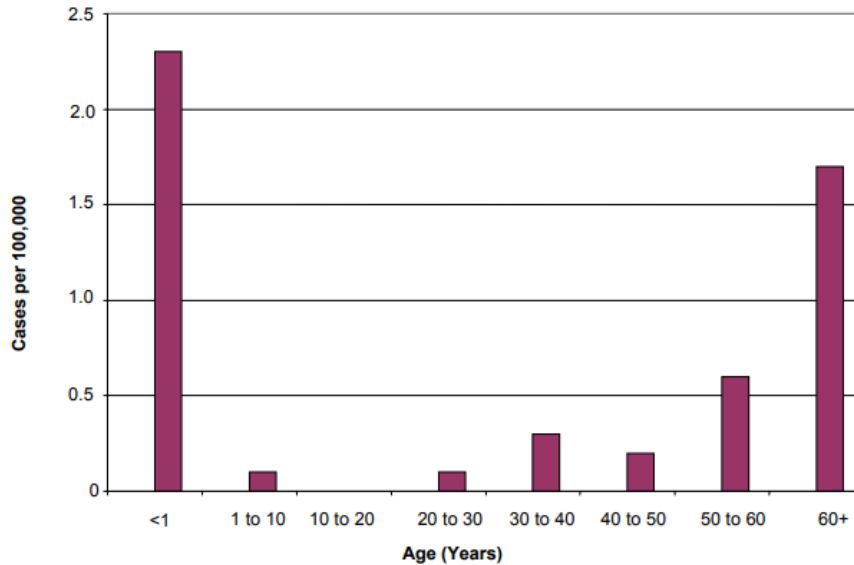
Ο μικροοργανισμός μπορεί επίσης να μεταφερθεί μέσω μολυσμένων ψαριών, στο περιβάλλον των οποίων έχει φυσική παρουσία, από την αλίευσή τους και μετά, εφόσον αυτά δεν έχουν συντηρηθεί σωστά για την πρόληψη του κινδύνου. Επιπλέον, ενώ με την εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας το βακτήριο αυτό θανατώνεται, το προϊόν μπορεί να μολυνθεί εκ νέου κατά τους μετέπειτα χειρισμούς, εφόσον αυτοί

το επιτρέπουν. Ο κίνδυνος είναι σαφώς μεγαλύτερος όταν το προϊόν δεν υφίσταται θερμική επεξεργασία, ικανή να θανατώσει το βακτήριο, όπως συμβαίνει στη περίπτωση του σολομού και της πέστροφας που υποβάλλονται σε ψυχρή κάπνιση. Η εξάλειψη του βακτηρίου είναι πολύ δύσκολη, καθώς αυτό προσκολλάται σε επιφάνειες και σχηματίζει βιοϋμένια σε δύσκολα προσβάσιμες περιοχές, όπως τα δίκτυα αποχέτευσης. Συνεπώς, η μόλυνση των ιχθυηρών με *L. monocytogenes* μπορεί να προέλθει τόσο από το υδάτινο περιβάλλον του ιχθυηρού, τους λανθασμένους χειρισμούς στο αλιευτικό σκάφος ή την ανεπαρκή συντήρηση μετά την αλίευση, όσο και κατά τη διάρκεια των σταδίων παραγωγής των προϊόντων.

Η *L. monocytogenes* είναι ένα Gram-θετικό, ψυχρότροφο παθογόνο βακτήριο, με φυσική παρουσία σε πολλά τρόφιμα. Αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες από 0°C έως 45°C, με βέλτιστη τιμή τους 37°C και συγκεντρώσεις χλωριούχου νατρίου μέχρι και 10-12%. Προϊόντα τα οποία δεν δέχονται θερμική επεξεργασία από τον καταναλωτή, συμπεριλαμβανομένων «έτοιμων-προς-κατανάλωση» τροφίμων (RTE), όπως τυριά, προϊόντα κρέατος και delicatessen προϊόντων ιχθυηρών, μπορεί να περιέχουν υψηλά επίπεδα *L. monocytogenes* όταν καταναλώνονται και πολλοί από αυτούς τους τύπους προϊόντων έχουν συσχετισθεί με περιστατικά λιστερίωσης (McLauchlin, 1997). Ο κίνδυνος είναι πολύ σημαντικός σε προϊόντα, όπως ο σολομός και η πέστροφα ψυχρής κάπνισης, τα οποία θεωρούνται έτοιμα προς κατανάλωση. Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην πρόκληση λιστερίωσης είναι οι εξής:

1. Ανεπαρκής θερμική επεξεργασία
2. Ανεπαρκής ψύξη
3. Ανεπαρκής καθαρισμός και απολύμανση
4. Λανθασμένη ροή του προϊόντος μέσα στην μονάδα επεξεργασίας
5. Ανεπαρκής προσωπική υγιεινή
6. Μεγάλη διάρκεια ζωής του προϊόντος
7. Ανεπαρκής έλεγχος και παρακολούθηση του περιβάλλοντος χώρου
8. Ανεπαρκής έλεγχος των τελικών προϊόντων

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα της εικόνας που ακολουθεί (Food Net, 1997), πλέον ευαίσθητες στη λιστερίωση θεωρούνται οι ηλικιακές ομάδες των βρεφών κάτω του ενός έτους και οι ενήλικες άνω των 60 ετών. Ο κίνδυνος λιστερίωσης αρχίζει να αυξάνεται από την ηλικία των 30 ετών.



Εικόνα 3.1. Εκτίμηση του ρυθμού πρόκλησης λιστερίωσης, σε σχέση με την ηλικία.

Πηγή: "Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods"

(<https://www.fao.org/3/y5394e/y5394e.pdf>)

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA, 2016), το 2016 αναφέρθηκαν 2536 περιστατικά λιστερίωσης, από τα οποία το 62% αφορούσε άτομα ηλικίας 65 χρονών ή μεγαλύτερα και το 19% των περιπτώσεων στα άτομα της ηλικίας αυτής ήταν θανατηφόρα. Έρευνες για τη παρουσία του παθογόνου μικροοργανισμού στα τρόφιμα έδειξαν ότι στα «έτοιμα προς κατανάλωση» προϊόντα ιχθυηρών οι περιπτώσεις ήταν περισσότερες, σε σχέση με τα «έτοιμα προς κατανάλωση» προϊόντα κρέατος και προϊόντα τυριών. Πιο συγκεκριμένα, το 4,9% των «έτοιμων προς κατανάλωση» προϊόντων ιχθυηρών βρέθηκε θετικό στον παθογόνο, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τα «έτοιμα προς κατανάλωση» προϊόντα κρέατος ήταν 2,5% και μόλις 0,7% στα τυριά. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται κατά την πρόκληση λιστερίωσης στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να είναι ήπια και να περιλαμβάνουν ναυτία, έμετο ή και διάρροια, ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να προκληθεί πολύ πιο σοβαρή λοίμωξη, π.χ. μηνιγγίτιδα, ή άλλες σοβαρές λοιμώξεις που μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και σε θάνατο. Συνήθως, προσβάλλει ηλικιωμένους, γυναίκες που εγκυμονούν, νεογνά και γενικότερα ανθρώπους με ασθενές ανοσοποιητικό σύστημα.

Σύμφωνα με βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποίησαν οι Jofre et al. (2016), οι παράγοντες που επηρέασαν τη μόλυνση με *L. monocytogenes* σε «έτοιμα προς κατανάλωση» τρόφιμα ήταν οι ακόλουθοι:

1. Το περιβάλλον επεξεργασίας (παρουσία ή απουσία συστήματος HACCP, εκπαίδευση των χειριστών των τροφίμων, προγράμματα καθαρισμού και απολύμανσης, έλεγχος των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα).
2. Διαδικασίες και πρακτικές επεξεργασίας (τύπος επεξεργασίας, έκθεση του τροφίμου και ενδεχόμενη επαναμόλυνση μετά τη θανάτωση του μικροοργανισμού, π.χ. κατά τον τεμαχισμό και τη συσκευασία, περαιτέρω επεξεργασία μετά τη θανάτωση του παθογόνου και αντιμικροβιακές διαδικασίες).
3. Χαρακτηριστικά προϊόντος (pH, a_w , αλατότητα, παρουσία συντηρητικών, τύπος συσκευασίας).
4. Συνθήκες αποθήκευσης προϊόντος (θερμοκρασία, χρόνος).

Ο σολομός και η πέστροφα ψυχρής κάπνισης, είναι τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση, στα οποία είναι δυνατή η ανάπτυξη *L. monocytogenes*. Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 σχετικά με τα μικροβιολογικά κριτήρια για τα τρόφιμα της κατηγορίας και συγκεκριμένα για τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση που είναι ικανά να υποστηρίξουν την ανάπτυξη *L. monocytogenes* (διαφορετικά από εκείνα που προορίζονται για βρέφη και για ειδικούς ιατρικούς σκοπούς), αναφέρει ότι για τα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά κατά τη διάρκεια της διατήρησής τους, ο πληθυσμός της *L. monocytogenes* δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 CFU/g προϊόντος σε όλη τη διάρκεια κατά την οποία αυτό διατηρείται. Επιπλέον, κατά το στάδιο πριν το προϊόν αποδεσμευτεί από τον άμεσο έλεγχο του υπεύθυνου της επιχείρησης, το όριο που θέτει ο Κανονισμός για την παρουσία της *L. monocytogenes* είναι «απουσία σε 25 g προϊόντος».

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2073/2005, οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων που παρασκευάζουν «έτοιμα προς κατανάλωση» τρόφιμα στα οποία ελλοχεύει ο κίνδυνος ανάπτυξης *L. monocytogenes*, πρέπει να λαμβάνουν δείγματα από τους χώρους μεταποίησης και από τον εξοπλισμό για τον έλεγχο παρουσίας του παθογόνου, στο πλαίσιο του προβλεπόμενου προγράμματος δειγματοληψιών. Προκειμένου να αποτραπούν περιστατικά λιστερίωσης, είναι πολύ σημαντικό να εφαρμόζονται ορθές πρακτικές παραγωγής (GMP's) και οι χειριστές τροφίμων να

ακολουθούν τους κανόνες υγιεινής κατά τη παραγωγική διαδικασία, αλλά και κατά την αποθήκευση και διανομή των τροφίμων στο εμπόριο. Σημαντικός παράγοντας ελέγχου του μικροοργανισμού είναι η θερμοκρασία, η οποία θα πρέπει να διατηρείται χαμηλή κατά την αποθήκευση των προϊόντων, τόσο στην επιχείρηση των τροφίμων και κατά την αποθήκευση στα ψυγεία των super markets, όσο και κατά τη συντήρηση στα ψυγεία των καταναλωτών. Η παρουσία του παθογόνου στο τελικό προϊόν επηρεάζεται από τα στάδια ψυχρής κάπνισης, ιδίως όταν επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξή του. Οι συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη του μικροοργανισμού σχετίζονται άμεσα με τους χειρισμούς που δέχεται το προϊόν και τους κανόνες υγιεινής που εφαρμόζονται ή όχι στην επιχείρηση.

Διαδικασίες που μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη της *L. monocytogenes*

Διαδικασίες στις οποίες υποβάλλεται το ιχθυηρό πριν και κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας (π.χ., κατάψυξη, αλάτιση, αφυδάτωση/ξήρανση, ψυχρή κάπνιση) μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη του παθογόνου.

Κατάψυξη

Η κατάψυξη προϊόντων ιχθυηρών σε θερμοκρασίες από -18°C έως $-0,4^{\circ}\text{C}$, σε ρυθμιστικό διάλυμα ("buffer"), έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του πληθυσμού της *L. monocytogenes* κατά έναν λογαριθμικό κύκλο. Όταν η κατάψυξη λαμβάνει χώρα σε θρεπτικό ζωμό, η *Listeria monocytogenes* μειώνεται στο 50% του αρχικού της πληθυσμού (El-Kest et al., 1991). Κατά την κατάψυξη λιπαρών ψαριών, η μείωση του πληθυσμού της *L. monocytogenes* είναι πολύ μικρή, διότι τα λιπίδια και η ξηρή ύλη των ιχθυηρών προστατεύουν το βακτήριο σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας.

Αλάτιση / Ξήρανση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η *L. monocytogenes* είναι ανθεκτική στο αλάτι και ως εκ τούτου το στάδιο της αλάτισης δεν μπορεί να προσφέρει προστασία έναντι του βακτηρίου. Μάλιστα, σε σχετικές έρευνες έγινε απομόνωση του μικροοργανισμού από άλμη (Eklund et al., 1995), από βελόνες έγχυσης άλμης (Fonnesbech Vogel et al., 2001) και από τη σάρκα ιχθυηρού στην οποία είχε γίνει έγχυση μολυσμένης άλμης (Eklund et al., 1995). Το επίπεδο άλατος στο τελικό προϊόν ψυχρής κάπνισης μπορεί

να κυμαίνεται από 3% έως 12% (wps). Επίπεδα της τάξης του 3,5% έως 5% δεν έχουν ανασταλτική επίδραση στο βακτήριο. Αντίθετα, σε επίπεδα NaCl άνω του 6% και παρουσία χαμηλού αρχικού πληθυσμού, η ανάπτυξή του βακτηρίου προλαμβάνεται σε θερμοκρασία 5°C (Peterson et al., 1993). Ωστόσο, ένα τέτοιο επίπεδο άλατος δεν είναι οργανοληπτικά αποδεκτό για προϊόντα τροφίμων.

Ψυχρή Κάπνιση

Σε προϊόντα ψαριών στα οποία έγινε ενοφθαλμισμός καλλιέργειας κυττάρων *L. monocytogenes* και ακολούθως υπέστησαν ψυχρή κάπνιση, ο μικροοργανισμός αναπτύχθηκε, σε αντίθεση με τη θερμή κάπνιση, κατά την οποία, η σχετικά υψηλή θερμοκρασία είναι αποτελεσματική όσον αφορά τη θανάτωση του μικροοργανισμού (Eklund et al., 1995). Είναι σημαντικό, πριν την εφαρμογή της ψυχρής κάπνισης το προϊόν να έχει υποστεί ξήρανση. Εάν δεν συμβεί αυτό, ο μικροοργανισμός μπορεί να ενσωματωθεί κάτω από την μεμβράνη που δημιουργείται στην επιφάνεια του προϊόντος και σε εκείνο το σημείο ο καπνός έχει μικρή επίδραση (Eklund, 1995). Σε έρευνα που έγινε σε σολομό και πέστροφα ψυχρής κάπνισης για την ανίχνευση *L. monocytogenes*, βρέθηκε ότι ο αριθμός των δειγμάτων που διαγνώστηκαν θετικά στο βακτήριο δεν ήταν αξιοσημείωτος στην περίπτωση της πέστροφας, στον δε σολομό, δεν ανιχνεύθηκαν θετικά δείγματα μετά από εφαρμογή της μεθόδου για 16 ώρες στους 22°C (Fonnesbech Vogel et al., 2001). Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τον ίδιο σκοπό διαπιστώθηκε ότι επί συνόλου 200 δειγμάτων σολομού, ποσοστό 54% βρέθηκε θετικό στη παρουσία *L. monocytogenes*, αμέσως πριν την εφαρμογή ψυχρής κάπνισης, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό αμέσως μετά την ψυχρή κάπνιση μειώθηκε σε μόλις 9,5%. Το συμπέρασμα που προκύπτει από τις έρευνες αυτές είναι ότι όταν οι θερμοκρασίες ψυχρής κάπνισης εφαρμόζονται για μεγάλη διάρκεια, ο πληθυσμός της *L. monocytogenes* στο προϊόν μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος φαίνεται να παρουσιάζει ανασταλτικές ιδιότητες έναντι της *L. monocytogenes*, είναι η περιεκτικότητα του καπνού (υγρού ή σε αέρια μορφή) σε αλδεΐδες, φαινόλες, φουράνια, παράγωγα πυρανίου και οργανικά οξέα (Suñen, 1998).

Μέθοδοι ελέγχου της *L. monocytogenes*

Σύμφωνα με τη φιλοσοφία του συστήματος HACCP, ως CCP (κρίσιμο σημείο ελέγχου) θεωρείται το σημείο ή η διαδικασία στο οποίο ή κατά την οποία εξαλείφεται ο οργανισμός – στόχος ή που μπορεί, σε συνδυασμό με ενέργειες πρόληψης, να εγγυηθεί ότι η ανάπτυξη του μικροοργανισμού – στόχου δεν είναι δυνατή. Ωστόσο, κατά τη διαδικασία της ψυχρής κάπνισης αυτό δεν μπορεί να διασφαλιστεί (απουσία θανατηφόρου σταδίου). Για τον λόγο αυτόν, πολύ σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αυτή διαδραματίζουν οι συνθήκες του περιβάλλοντος επεξεργασίας και ειδικότερα η αυστηρή τήρηση Ορθών Πρακτικών Υγιεινής (GHP's) και Ορθών Βιομηχανικών Πρακτικών (GMP's), ώστε να διασφαλίζεται ότι τα κύτταρα της *L. monocytogenes* διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα και δεν αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να πραγματοποιείται σχολαστικός καθαρισμός και σωστή απολύμανση των σημείων εκείνων που διαπιστώνεται ότι αποτελούν εστία μόλυνσης. Οι παράγοντες που θεωρούνται πολύ σημαντικοί για τον έλεγχο και την πρόληψη εμφάνισης του μικροοργανισμού είναι οι ακόλουθοι:

1. Εκπαίδευση των μελών του προσωπικού, ώστε να κατανοούν την ανάγκη για τήρηση των ορθών βιομηχανικών πρακτικών και των ορθών πρακτικών υγιεινής (GHP's, GMP's).
2. Μείωση ή εξάλειψη της *L. monocytogenes* στα σημεία εκείνα στα οποία εγκαθίσταται συστηματικά και τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής, ιδίως οι άλμες, οι βελόνες με τις οποίες γίνεται η έγχυση της άλμης και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τον τεμαχισμό των προϊόντων. Επιπλέον, οποιαδήποτε άλλη επιφάνεια έρχεται σε άμεση επαφή με το προϊόν, πρέπει να παρακολουθείται για τυχόν ανάπτυξη του βακτηρίου. Σημαντική εστία μόλυνσης αποτελούν επίσης τα πατώματα, στα οποία πρέπει να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός. Η εφαρμογή σκόνης κιτρικού οξέος στα πατώματα (pH = 5) μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του μικροοργανισμού και συχνά βρίσκει εφαρμογή, όταν δεν δημιουργείται πρόβλημα διάβρωσης του εξοπλισμού (Tomrkin et al., 1999). Τέλος, μια άλλη ενέργεια ικανή να μειώσει την είσοδο της *L. monocytogenes* στους χώρους επεξεργασίας είναι η εφαρμογή ποδόλουτρου με απολυμαντικά.

3. Η παρακολούθηση της μόλυνσης με *L. monocytogenes* πρέπει να αποτελεί μόνιμη διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου της μονάδας επεξεργασίας. Η παρουσία κυττάρων *L. monocytogenes* στο χώρο επεξεργασίας πρέπει να διατηρείται στο χαμηλότερο εφικτό επίπεδο, ώστε να διασφαλίζεται ότι ο αριθμός κυττάρων του μικροοργανισμού δεν θα αυξηθεί πέραν των 100 CFU/g προϊόντος κατά τη στιγμή κατανάλωσης του τροφίμου.

Ειδικότερα, για την αποτελεσματική πρόληψη της *L. monocytogenes* στο περιβάλλον επεξεργασίας, πρέπει να είναι γνωστά τα σημεία εκείνα στα οποία η παρουσία της είναι πολύ πιθανή και μπορούν να οδηγήσουν σε επιμόλυνση των προϊόντων που υποβάλλονται σε επεξεργασία. Τα σημεία αυτά είναι τα εξής:

1. Διαλύματα άλμης
2. Εξοπλισμός τεμαχισμού, συσκευασίας
3. Μεταφορικοί ιμάντες
4. Νερό, πάγος
5. Ράφια στα οποία μεταφέρονται τα τελικά προϊόντα
6. Εξοπλισμός (γάντια, ποδιές, κλπ.) που έρχεται σε επαφή με το προϊόν
7. Καταψύκτες
8. Περιέκτες εντός των οποίων τοποθετούνται τα προϊόντα

Για την πρόληψη ανάπτυξης της *L. monocytogenes* στα τελικά προϊόντα έχουν εφαρμοσθεί διάφορες διαδικασίες, οι οποίες περιγράφονται κατωτέρω. Οι δοκιμές για να ελεγχθεί εάν και κατά πόσο οι διαδικασίες αυτές είναι αποτελεσματικές για την πρόληψη του κινδύνου από την *L. monocytogenes* πραγματοποιήθηκαν είτε σε υποστρώματα προσομοιωτές, είτε σε προϊόντα ιχθυηρών του εμπορίου.

Αποθήκευση υπό κατάψυξη

Η αποθήκευση των προϊόντων υπό συνθήκες κατάψυξης, σαν μέθοδος για την πρόληψη της ανάπτυξης *L. monocytogenes*, είναι εξαιρετικά αποτελεσματική και επιτυγχάνει αναστολή του βακτηρίου σε ποσοστό 100%. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου βασίζεται στο γεγονός ότι αυξάνει το δυναμικό ώσμωσης: καθώς το νερό του τροφίμου παγώνει, αυξάνεται η συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών στο απομένον υγρό νερό, προκαλώντας ωσμωτικό στρες στους οργανισμούς που βρίσκονται σε αυτό. Επιπλέον, οι παγοκρύσταλλοι που σχηματίζονται προκαλούν φυσική βλάβη

στις κυτταρικές μεμβράνες, με αποτέλεσμα να μειώνεται ακόμα περισσότερο η δυνατότητα ανάπτυξης του μικροοργανισμού κατά την απόψυξη του προϊόντος. Σημαντικό ρόλο για την επιτυχία της μεθόδου παίζει και η χρήση μέσων αναστολής. Ενώσεις, όπως η γλυκερίνη, η σακχαρόζη και η ζελατίνη δρουν κρυσταλλοστατευτικά, ενισχύοντας τις επιδράσεις της κατάψυξης. Το χλωριούχο νάτριο αυξάνει επίσης την επίδραση της κατάψυξης, διότι μειώνει το σημείο πήξης του νερού και ως εκ τούτου τα κύτταρα του μικροοργανισμού εκτίθενται σε ωσμωτικό στρες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, κατά την αποθήκευση (υπό κατάψυξη) προϊόντων που συσκευάζονται σε κενό, παρατηρούνται δυσμενείς μεταβολές στην οργανοληπτική τους ποιότητα, όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη ταγκών οσμών-γεύσεων, λόγω οξείδωσης των λιπιδίων.

Διοξείδιο του άνθρακα

Τα καπνιστά προϊόντα ιχθυερών συσκευάζονται συχνά σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP), με υψηλή αναλογία σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Από σχετικές μελέτες και διαθέσιμα μοντέλα πρόβλεψης της διάρκειας ζωής νωπών και μεταποιημένων αλιευτικών προϊόντων, έχει παρατηρηθεί ότι κατά τη συσκευασία σε ατμόσφαιρα που περιέχει CO₂ σε επίπεδα 70-100%, ο ρυθμός ανάπτυξης της *L. monocytogenes* κατά τη συντήρηση υπό ψύξη είναι εξαιρετικά βραδύς, γεγονός που παρατείνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής. Επιπλέον, σε αντίθεση με την αποθήκευση σε θερμοκρασίες κατάψυξης, το προϊόν που συσκευάζεται με 70% CO₂ και συντηρείται υπό ψύξη, δεν παρουσιάζει οργανοληπτικές αλλοιώσεις (Nilsson et al., 1997). Αν και η *L. monocytogenes* είναι ικανή να αναπτυχθεί παρουσία υψηλής περιεκτικότητας σε CO₂, ο ρυθμός ανάπτυξής της είναι μικρότερος σε σχέση με αυτόν που επικρατεί σε αερόβιες συνθήκες ή όταν το προϊόν συσκευάζεται υπό κενό.

Νιτρώδη άλατα – Γαλακτικό νάτριο

Η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί συχνά νιτρώδη ή και νιτρικά άλατα με σκοπό την αύξηση της διάρκειας ζωής ορισμένων προϊόντων. Ειδικότερα όσον αφορά τα προϊόντα ιχθυερών, η ευρωπαϊκή νομοθεσία δεν επιτρέπει τη χρήση αυτών των ενώσεων στα καπνιστά προϊόντα. Σε χώρες όπως οι Η.Π.Α., χρησιμοποιείται ευρέως

το νιτρώδες νάτριο (NaNO_2) και το νιτρώδες κάλιο (KNO_2), καθώς παρουσιάζουν βακτηριοστατική δράση έναντι πολλών μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένης της *L. monocytogenes*. Σε συνδυασμό με τα συνήθη επίπεδα άλατος στο προϊόν και την προϋπόθεση ότι αυτό συντηρείται σε θερμοκρασίες ψύξης, τα νιτρώδη παρουσιάζουν ανασταλτικές ιδιότητες έναντι της *L. monocytogenes*. Αντιθέτως, όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι μεγαλύτερη των 5°C και συγκεκριμένα φτάνει τους 10°C , δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στο ρυθμό ανάπτυξης του βακτηρίου, σε σχέση με δείγματα χωρίς προσθήκη νιτρωδών (Pelroy et al., 1994). Γενικά, τα νιτρώδη άλατα, πέραν της ανασταλτικής δράσης έναντι ορισμένων παθογόνων οργανισμών, φαίνεται επίσης να προσφέρουν πλεονεκτήματα σε ότι αφορά την οξείδωση λιπιδίων και καρροτενοειδών που συχνά λαμβάνει χώρα κατά τη συντήρηση ή και επεξεργασία προϊόντων, όπως ο καπνιστός σολομός (Yoshioka et al., 2006). Για την παραγωγή καπνιστού σολομού χρησιμοποιείται συχνά νιτρώδες νάτριο, η προσθήκη του οποίου στο προϊόν δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει τα 200 ppm, σύμφωνα με τον Κώδικα Ομοσπονδιακών Κανονισμών (Code of Federal Regulations, CFR).

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Pelroy et al. (1994) για τη μελέτη της επίδρασης του μετά νατρίου άλατος του γαλακτικού οξέος σε καπνιστό σολομό συντηρούμενο υπό ψύξη, έδειξε ότι ο συνδυασμός του με χλωριούχο νάτριο ή και με συνδυασμό χλωριούχου νατρίου και νιτρώδους νατρίου ήταν αποτελεσματικός για την πρόληψη της *L. monocytogenes*. Επιπλέον, στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι το γαλακτικό νάτριο επιβράδυνε επίσης την ανάπτυξη της μικροβιακής χλωρίδας που υπήρχε φυσικά στο προϊόν. Το γαλακτικό νάτριο, αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη της *L. monocytogenes* και μπορεί να συμβάλλει στην παραγωγή καπνιστών ιχθυηρών, τα οποία είναι ασφαλή και έχουν παρατεταμένη διάρκεια ζωής, όταν αποθηκεύονται υπό ψύξη.

Παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χρήση νιτρωδών αλάτων, φαίνεται ότι ταυτόχρονα ενέχει κινδύνους για την υγεία των καταναλωτών, λόγω σχηματισμού καρκινογόνων N-νιτροδοενώσεων (νιτροζαμίνες, νιτροζαμίδια, κλπ.). Οι ουσίες αυτές σχηματίζονται σε όξινο περιβάλλον από την αντίδραση των νιτρωδών αλάτων με ενώσεις που περιέχουν άζωτο, όπως οι αμίνες και τα αμίδια. Τα ιχθυηρά είναι πλούσια σε αμινοενώσεις, ειδικά σε αμίνες όπως το οξείδιο της τριμεθυλαμίνης,

η τριμεθυλαμίνη και η διμεθυλαμίνη, γεγονός που φανερώνει τον κίνδυνο που ενέχει η προσθήκη νιτρωδών αλάτων. Για την προστασία της υγείας των καταναλωτών, βρίσκονται σε εξέλιξη έρευνες για την καθιέρωση ανώτατης επιτρεπτής ποσότητας νιτροζαμινών στον ανθρώπινο οργανισμό.

Γαλακτικά άλατα

Σχετικές μελέτες έχουν δείξει ότι η προσθήκη γαλακτικών σε ωμά και αλατισμένα ιχθυηρά έχει ανασταλτικές ιδιότητες έναντι της ανάπτυξης της *L. monocytogenes*. Τα γαλακτικά βακτήρια χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες εκκίνησης κατά τη μεταποίηση πολλών τροφίμων, αφού είναι ικανά να αναστέλλουν την ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών και, ως εκ τούτου, την αλλοίωση. Ειδικότερα, οι μικροοργανισμοί αυτοί παράγουν φυσικά συντηρητικά, όπως τα οργανικά οξέα, το υπεροξειδίο του υδρογόνου και το διακετύλιο. Επιπλέον, ορισμένα από τα γαλακτικά βακτήρια είναι ικανά να παράγουν βακτηριοσίνες και ως εκ τούτου δρουν ανασταλτικά στην ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων. Μελέτες έδειξαν ότι κατά τη συντήρηση καπνιστών προϊόντων στους 5°C, με προσθήκη γαλακτικών σε ποσοστό 2%, επιτυγχάνεται πλήρης αναστολή της ανάπτυξης της *L. monocytogenes* (Pelroy et al., 1994). Όταν το προϊόν διατηρείται σε υψηλότερη θερμοκρασία, απαιτείται μεγαλύτερο ποσοστό γαλακτικών για την αναστολή του παθογόνου. Εντούτοις, η προσθήκη γαλακτικών έχει αρνητική επίδραση στην οργανοληπτική ποιότητα του καπνιστού ιχθυηρού και η απορρόφησή τους από την υδατική φάση του ψαριού (σε ποσοστό 2% και μεγαλύτερο) είναι δύσκολη.

Σορβικά

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι η προσθήκη σορβικών (σορβικό οξύ, ή άλατα ασβεστίου ή καλίου) καθυστερούν τις χημικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στα ιχθυηρά κατά την αποθήκευση. Ειδικότερα, τα σορβικά όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές (ψύξη, συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, συσκευασία υπό κενό, κλπ.), αποτελούν έναν αποτελεσματικό τρόπο για την προστασία και την επέκταση της διάρκειας ζωής ιχθυηρών και προϊόντων αλιείας.

Το σορβικό οξύ αποτελεί το καλύτερο συντηρητικό στα προϊόντα αυτά και τα χαρακτηριστικά στα οποία βασίζεται η καταλληλότητά του είναι τα εξής:

- ✓ Χαμηλή τοξικότητα
- ✓ Υψηλή διαλυτότητα των αλάτων του
- ✓ Άγευστο, άχρωμο και άοσμο (στη σωστή συγκέντρωση)
- ✓ Αντιμικροβιακή δράση ακόμα και σε υψηλότερες τιμές pH (6,0 – 6,5)
- ✓ Αναστέλλει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, ενώ η ψύξη απλώς επιβραδύνει τον ρυθμό ανάπτυξής τους
- ✓ Δρα ως συντηρητικό με ευνοϊκή επίδραση στον περιορισμό των μεταβολών υφής που υφίσταται το ιχθυηρό κατά την κατάψυξη
- ✓ Αναστέλλει το σχηματισμό τριμεθυλαμίνης που παράγεται κατά την αποθήκευση υπό κενό. Η τριμεθυλαμίνη είναι υπεύθυνη για την χημική αλλοίωση των ψαριών.
- ✓ Χαρακτηρίζεται ως GRAS («γενικά αναγνωρισμένο ως ασφαλές»)
- ✓ Η χρήση σορβικών είναι οικονομικά ωφέλιμη όταν συνδυάζεται με αποθήκευση υπό ψύξη ή κατάψυξη.

Η προσθήκη σορβικού οξέος σε περιεκτικότητα 0,05% και σε pH 5,6 είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης της *L. monocytogenes*, όταν το προϊόν αποθηκεύτηκε στους 4°C (El-Shenawy & Marth, 1988). Παρατηρήθηκε ότι στο προϊόν που δεν είχε γίνει προσθήκη σορβικών, ο μικροοργανισμός αυξήθηκε σε επίπεδα της τάξης των 10^3 έως 10^8 κυττάρων, μέσα σε 24 ημέρες. Αντίθετα, κατά την προσθήκη σορβικών η αύξηση δεν υπερέβη τα 10^6 κύτταρα σε διάστημα 45 ημερών.

Ωστόσο, εκτός από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το σορβικό οξύ, η χρήση του στα ιχθυηρά και τα προϊόντα τους παρουσιάζει και ορισμένα προβλήματα:

- ✓ Η ανασταλτική δράση του σορβικού οξέος είναι αποτελεσματική σε τιμές pH 6,0–6,8. Ωστόσο, κατά την επεξεργασία τα ιχθυηρά μπορεί να έχουν ελαφρώς υψηλότερες τιμές pH (6,8–7,4) που συχνά οφείλονται στο στρες που υφίστανται αυτά κατά την αλίευση, στις κακές εποχικές συνθήκες ή σε καθυστερήσεις μεταξύ σταδίου αλίευσης και επεξεργασίας.
- ✓ Έχει αναφερθεί ότι το σορβικό οξύ μπορεί να αντιδράσει με το νιτρώδες νάτριο και να σχηματίσει μεταλλαξιγόνα προϊόντα (π.χ., αιθυλο–νιτρικό οξύ, 1,4 δινιτρο–2–μεθυλο–πυρρόλιο). Βέβαια, οι ενώσεις αυτές

σχηματίζονται σε χαμηλές τιμές pH και είναι ασταθείς σε τιμές πάνω από 5,0. Ο σχηματισμός αυτών των ενώσεων μπορεί να προληφθεί με την προσθήκη αμινοξέων και ασκορβικού οξέος.

Βακτηριοσίνες

Οι βακτηριοσίνες είναι τοξικές ενώσεις πρωτεϊνικής ή πεπτιδικής φύσεως που παράγονται από βακτήρια και έχουν την ιδιότητα να θανατώνουν άλλα βακτήρια ή να αναστέλλουν την ανάπτυξή τους. Αποτελούν φυσικές αντιμικροβιακές ενώσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται αντί των χημικών αντιμικροβιακών ουσιών και είναι άχρωμα, άγευστα και άοσμα μόρια. Η προσθήκη βακτηριοσινών αποτελεί μέθοδο βιολογικής συντήρησης ή αλλιώς βιοσυντήρηση που δεν συνεπάγεται ζύμωση του τροφίμου. Συνήθως χρησιμοποιούνται γαλακτικά βακτήρια (LAB) και οι μεταβολίτες τους και έχουν χαρακτηριστεί ως GRAS. Η χρήση τους στη βιομηχανία τροφίμων είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για τους εξής λόγους:

1. Προσδίδει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στα τρόφιμα
2. Προσφέρει πρόσθετη ασφάλεια στη περίπτωση διατάραξης της ψυκτικής αλυσίδας
3. Μειώνει τον κίνδυνο μόλυνσης από τροφιμογενείς παράγοντες κατά την επεξεργασία και αποθήκευση
4. Μειώνει τις οικονομικές απώλειες που προκύπτουν λόγω αλλοίωσης των τροφίμων
5. Γίνεται ελάχιστη επεξεργασία με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κίνδυνος για την μικροβιακή ασφάλεια των προϊόντων και γίνεται καλύτερη διατήρηση των μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών συστατικών των τροφίμων. Επιπλέον, διατηρούνται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους.

Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη από τη βιομηχανία τροφίμων βακτηριοσίνη είναι η νισίνη η οποία παράγεται από είδη των γενών *Lactococcus* και *Streptococcus*. Σε προϊόντα νωπών ψαριών που αποθηκεύτηκαν σε συσκευασία με CO₂, η προσθήκη νισίνης είχε σαν αποτέλεσμα τη παράταση της διάρκειας ζωής και την μείωση του ρυθμού παραγωγής νευροτοξίνης από το *Clostridium botulinum* τύπος E (βοτουλινική τοξίνη). Επίσης, τα κύτταρα της *L. monocytogenes* φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητα

από τους σπόρους του *Cl. botulinum*. Άξιο αναφοράς αποτελεί επίσης το γεγονός ότι η νισίνη έχει τη δυνατότητα να εμποδίζει το σχηματισμό βιοϋμενίου από την *L. monocytogenes*.

Από σχετική μελέτη διαπιστώθηκε ότι η προσθήκη 1000 ppm νισίνης σε σολομό ψυχρής κάπνισης, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των κυττάρων της *L. monocytogenes*, αν και μετά από 2 εβδομάδες συντήρησης στους 5°C η ανάπτυξή της σε συσκευασία κενού άρχισε ξανά. Ωστόσο, όταν γίνεται προσθήκη νισίνης και το προϊόν συσκευάζεται με 70% CO₂, η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* αναστέλλεται (Nilsson et al., 2000). Το αποτέλεσμα αυτό έχει αποδοθεί στο γεγονός ότι η νισίνη και το CO₂ επιδρούν στην κυτταρική μεμβράνη του μικροοργανισμού (Nilsson et al., 2000). Ωστόσο, παρά τα θετικά αποτελέσματα που έχει η προσθήκη βακτηριοσινών έναντι της *L. monocytogenes*, η σταθερότητα και η δράση τους στα τρόφιμα μπορεί να ενέχει κινδύνους, π.χ., λόγω αποικοδόμησής τους από πρωτεάσες ή λόγω απορρόφησης από τα συστατικά των τροφίμων.

Ανταγωνιστική μικροχλωρίδα

Η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* σε καπνιστά ιχθυηρά παρεμποδίζεται από τη φυσική μικροχλωρίδα του προϊόντος (Rønvik et al., 1991). Ειδικότερα, πιστεύεται ότι η προσθήκη μη-παθογόνων, μη-αλλοιογόνων γαλακτικών βακτηρίων έχει θετική επίδραση ως προς την αναστολή ανάπτυξης της *L. monocytogenes*. Ως παράδειγμα αναφέρεται η προσθήκη στελεχών *Lactobacillus sake/curvatus* σε αρμυρισμένες γαρίδες, με σκοπό την καθυστέρηση της ανάπτυξης του παθογόνου. Όσον αφορά τον σολομό ψυχρής κάπνισης, έχει διαπιστωθεί ότι το στέλεχος που θα μπορούσε να αναστείλει πλήρως την ανάπτυξη της *L. monocytogenes* είναι το *Chryseobacterium piscicola* ή το *Carnobacterium divergens* (Duffes et al., 1999. Nilsson et al., 1999).

Clostridium botulinum Type E

Όπως η *L. monocytogenes*, έτσι και το *Cl. botulinum*, βρίσκεται στο θαλάσσιο περιβάλλον και επομένως στα ιχθυηρά που ζουν σε αυτό. Είναι ένα Gram-θετικό αναερόβιο βακτήριο, το οποίο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να παράγει τοξίνες, οι οποίες διακρίνονται στους τύπους A, B, C, D, E, F και G. Οι τοξίνες αυτές

είναι ικανές να προκαλέσουν ασθένεια γνωστή ως «αλλαντίαση», η οποία, αν και σπάνια, μπορεί να προκληθεί από κατανάλωση τροφίμων στα οποία έχει παραχθεί τοξίνη. Στα ιχθυηρά που έχουν υποστεί ψυχρή κάπνιση, η τοξίνη που σχετίζεται με τη πρόκληση αλλαντίασης είναι εκείνη του τύπου E. Το *Cl. botulinum* τύπος E ανήκει στην ομάδα των ψυχρότροφων, μη-πρωτεολυτικών τύπων του μικροοργανισμού (στην ίδια ομάδα εντάσσονται οι τύποι B και F). Είναι αυστηρά αναερόβιο βακτήριο, πολύ ευαίσθητο στο οξυγόνο. Επιπλέον, είναι ευαίσθητο σε όξινο pH, με αποτέλεσμα να μην αναπτύσσεται σε τιμές pH μικρότερες του 4.5. Η παραγωγή τοξίνης από το βακτήριο αναστέλλεται σε θερμοκρασία $3-3,3^{\circ}\text{C}$ ή σε επίπεδα άλατος $\geq 5\%$.

Το *Cl. botulinum* type E, έχει απομονωθεί από το νερό, από ιζήματα λιμνών και ποταμών, από τον πυθμένα θαλασσών και από υδρόβιους οργανισμούς. Ωστόσο, ο αριθμός των σπορίων που ανευρίσκονται στα ιχθυηρά είναι συνήθως χαμηλός και κυμαίνεται από 1–2 έως μερικές εκατοντάδες σπόρια ανά kg. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν ανιχνευθεί και μεγαλύτεροι αριθμοί που φτάνουν τις 2–3 χιλιάδες σπόρια ανά kg (Lund and Peck, 2000). Η δηλητηρίαση που μπορεί να προκαλέσει το *Cl. botulinum* τύπος E, αποδίδεται στην κατανάλωση υψηλού αριθμού σπορίων. Αν και τα χαμηλά επίπεδα σπορίων δεν θεωρούνται κίνδυνος για την δημόσια υγεία, τα προϊόντα που συνδέονται με αυτόν τον κίνδυνο πρέπει να υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία, π.χ., εμπορική αποστείρωση, ώστε να καταστρέφονται τα σπόρια ή να συντηρούνται κατά τρόπο που αποτρέπει την αύξησή τους σε βαθμό που θα έθετε σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή. Το ιχθυηρό που έχει υποστεί ψυχρή κάπνιση έχει εκτεθεί σε θερμοκρασίες που δεν είναι ικανές να εξαλείψουν το βακτήριο και ως εκ τούτου απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για τον έλεγχό του. Επιπλέον, τα ψάρια ψυχρής κάπνισης συσκευάζονται συνήθως υπό κενό (προστασία λιπιδίων από αυτοξείδωση), συνθήκη που ευνοεί την ανάπτυξη αυτού του υποχρεωτικά αναερόβιου βακτηρίου. Ωστόσο, πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι οι κατάλληλοι συνδυασμοί επιπέδων άλατος (επηρεάζουν την a_w) και χαμηλών θερμοκρασιών ($2-4^{\circ}\text{C}$) μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά όσον αφορά την παρεμπόδιση της ανάπτυξης του μικροοργανισμού, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των συγκεκριμένων προϊόντων.

Όπως έχει αποδειχθεί από σχετικές έρευνες, τα προϊόντα ψυχρής κάπνισης έχουν συνδεθεί με εξαιρετικά μικρό αριθμό περιστατικών αλλαντίασης. Αντιθέτως,

οι περιπτώσεις πρόκλησης ασθένειας από κατανάλωση προϊόντων που υπέστησαν θερμή κάπνιση είναι πιο συχνές (λόγω καταχρηστικής υπέρβασης της θερμοκρασίας). Η διαφορά αυτή αποδίδεται στο γεγονός ότι η ψυχρή κάπνιση αποτελεί διαδικασία με υψηλό αερισμό, ο οποίος δρα ανασταλτικά για το παθογόνο, παρά τις ευνοϊκές (για την ανάπτυξη του βακτηρίου) θερμοκρασίες που επικρατούν.

Έχει διαπιστωθεί ότι συγκεντρώσεις άλατος 3,5% (wps) είναι αποτελεσματικές για την προστασία προϊόντων που έχουν υποστεί ψυχρή κάπνιση και συσκευάζονται σε συσκευασία με μειωμένη τάση οξυγόνου, με τη προϋπόθεση ότι διατηρούνται σε θερμοκρασίες ψύξης. Ειδικότερα, οι συνθήκες που σημειώθηκαν παραπάνω, είναι ικανές να αποτρέψουν το σχηματισμό τοξινών σε συσκευασία με μειωμένο οξυγόνο για αρκετές εβδομάδες, ακόμα και όταν υπάρχουν μικρής διάρκειας περίοδοι κατά τις οποίες το προϊόν εκτίθεται σε θερμοκρασίες έως και 10°C.

Salmonella spp.

Αυτοί οι παθογόνοι οργανισμοί δεν βρίσκονται φυσικά στα νωπά προϊόντα ιχθυηρών αλλά μπορεί να τα επιμολύνουν κατά τους μετέπειτα χειρισμούς, εάν δεν εφαρμόζονται Ορθές Πρακτικές Υγιεινής. Τα είδη του γένους *Salmonella* είναι προαιρετικά αναερόβια, Gram-αρνητικά βακτήρια που ανήκουν στην οικογένεια *Enterobacteriaceae*. Είναι πολύ ανθεκτικά και προσαρμόζονται εύκολα σε ακραίες θερμοκρασίες. Ορισμένα είδη αναπτύσσονται σε υψηλές θερμοκρασίες (έως και 54°C), ενώ άλλα αναπτύσσονται και στους 2–4°C. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξής τους είναι 37°C. Έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν για παρατεταμένες περιόδους σε προϊόντα που διατηρούνται υπό ψύξη ή κατάψυξη ή και σε θερμοκρασία δωματίου. Επιπλέον, αναπτύσσονται σε ένα εύρος τιμών pH που κυμαίνονται από 4,5 έως 9,5, με τη βέλτιστη τιμή να βρίσκεται μεταξύ 6,5 και 7,5. Είναι σημαντικό ότι οι σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις σε αλάτι (3–4% NaCl) συμβάλλουν στην παρεμπόδιση της ανάπτυξής τους. Επιπλέον, τιμές ενεργότητας ύδατος μικρότερες από 0,93 δεν ευνοούν την ανάπτυξή τους. Τα παραπάνω δεδομένα ισχύουν όταν οι θερμοκρασία παραμένει χαμηλή. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα επιβίωσης αυτών των παθογόνων σε θερμοκρασίες ψύξης είναι οι ακόλουθοι:

(α) Σύνθεση του υποστρώματος

- (β) Κινητική της διαδικασίας ψύξης
- (γ) Φυσιολογία της τροφιμογενούς σαλμονέλας
- (δ) Αντιδράσεις του κάθε ορότυπου σε διαφορετικές συνθήκες

Οι συνέπειες της κατανάλωσης προϊόντων μολυσμένων με *Salmonella* spp., είναι η πρόκληση ασθενειών όπως ο τυφοειδής πυρετός, η απλή εντεροκολίτιδα και οι συστηματικές μολύνσεις από μη-τυφοειδείς τύπους του μικροοργανισμού. Ο εντερικός ή τυφοειδής πυρετός προκαλεί συμπτώματα που εμφανίζονται σε διάστημα 7–28 ημερών από την κατανάλωση του τροφίμου και περιλαμβάνουν διάρροια, παρατεταμένο και οξύ πυρετό, κοιλιακό πόνο, πονοκέφαλο και σωματική εξάντληση. Η μολυσματική δόση περιλαμβάνει λίγα μόνο κύτταρα. Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 2073/2005, για τα τρόφιμα που πρόκειται να καταναλωθούν ωμά, απαιτείται απουσία του μικροοργανισμού σε 25 g προϊόντος.

Escherichia coli

Η *Escherichia coli* βρίσκεται στον αέρα, στον εντερικό σωλήνα των ανθρώπων και σε άλλα θερμόαιμα ζώα και μπορεί να μολύνει το νερό. Η θέρμανση είναι ικανή να καταστρέψει τον μικροοργανισμό. Η *E.coli* O157:H7 αποτελεί αιτία εκδήλωσης πολλών κρουσμάτων παγκοσμίως και προκαλεί αιμορραγική κολίτιδα και αιμολυτικό ουραιμικό σύνδρομο (HUS). Όταν αρχίζει να εκδηλώνεται, η ασθένεια προκαλεί μη-αιματηρή διάρροια και σοβαρούς κοιλιακούς σπασμούς, ενώ στη συνέχεια εμφανίζεται και αιματηρή διάρροια. Αποτελεί σοβαρό κίνδυνο, καθώς έχει χαμηλή μολυσματική δόση. Συγκεκριμένα, λιγότερα από 100 κύτταρα του παθογόνου είναι ικανά να προκαλέσουν ασθένεια. Τα συμπτώματα διαρκούν περίπου μια εβδομάδα και το ποσοστό θνησιμότητας είναι χαμηλό (περίπου 1%).

Staphylococcus aureus

Ο *Staphylococcus aureus* αποτελεί ένα από τα πιο ανθεκτικά μη-σπορογόνα παθογόνα βακτήρια και μπορεί να επιβιώσει σε συνθήκες πολύ χαμηλής υγρασίας. Βρίσκεται στην επιδερμίδα των ανθρώπων, γεγονός που τον καθιστά βασική πηγή μόλυνσης. Μπορεί να μεταφέρεται μέσω των σταγονιδίων που αποβάλλονται από βήχα ή φτέρνισμα και έτσι εξαπλώνεται. Όταν οι χειριστές τροφίμων δεν τηρούν τις

συνιστώμενες ορθές πρακτικές υγιεινής και ασφάλειας των τροφίμων, μπορεί να μεταδώσουν το βακτήριο και να μολύνουν τα τρόφιμα, με τα οποία έρχονται σε επαφή. Ο εξοπλισμός και οι επιφάνειες χειρισμού τροφίμων των εργοστασίων μπορεί επίσης να μολυνθούν και να μολύνουν τα τρόφιμα. Οι συνθήκες που ευνοούν την πρόκληση ασθένειας από το παθογόνο αυτό βακτήριο είναι οι ακόλουθες:

- (α) Ανεπαρκής ψύξη
- (β) Προετοιμασία γευμάτων πολύ πριν καταναλωθούν
- (γ) Ελλιπής υγιεινή των χειριστών τροφίμων και των καταναλωτών
- (δ) Ανεπαρκές μαγείρεμα ή ανεπαρκής θέρμανση του τροφίμου
- (ε) Παρατεταμένη χρήση θερμαντικών πλακών για το σερβίρισμα των φαγητών

Η ασθένεια που προκαλεί το παθογόνο περιλαμβάνει συμπτώματα, όπως εμετό (περίπου 30 λεπτά μετά την κατανάλωση του μολυσμένου τροφίμου), ναυτία, σπασμούς, διάρροια, πονοκεφάλους και σωματική εξάντληση. Το βακτήριο παράγει διάφορες εντεροτοξίνες, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν ασθένεια και δεν καταστρέφονται με θέρμανση, όπως συμβαίνει με τα κύτταρα του μικροοργανισμού. Το ποσοστό θνησιμότητας από την ασθένεια που προκαλεί ο *S. aureus* είναι περίπου 0,03% για υγιείς ανθρώπους, ενώ για άτομα των ευπαθών ομάδων ανέρχεται περίπου σε 4,4%.

Clostridium perfringens

Το παθογόνο αυτό είναι ικανό να προκαλέσει τοξική μόλυνση (*Cl. perfringens* τύπος A), ως αποτέλεσμα κακής θερμοκρασιακής μεταχείρισης των τροφίμων που μπορεί να συμβεί κατά την ψύξη, το μαγείρεμα ή την αποθήκευση, και σε μικρότερο βαθμό από μολυσμένο εξοπλισμό. Στις συνθήκες αυτές παράγονται σπόρια, τα οποία είναι πολύ θερμοανθεκτικά. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν διάρροια και δυνατούς κοιλιακούς σπασμούς, σπανιότερα δε εμετό και πυρετό. Η δόση που είναι ικανή να προκαλέσει τοξική μόλυνση είναι μεγαλύτερη από 10^6 έως 10^7 βλαστικά κύτταρα ανά γραμμάριο τροφίμου.

Shigella spp.

Η *Shigella* προκαλεί δυσεντερία ή σιγγέλωση. Η μόλυνση προκαλείται από μολυσμένα άτομα, τα οποία χειρίζονται τρόφιμα, και συνήθως δεν συμβαίνει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Συνεπώς, η μόλυνση με *Shigella spp.*, καταδεικνύει ελλιπή υγιεινή. Το βακτήριο επιβιώνει σε θερμοκρασίες 6–47°C και τιμές pH 4,8-9,3. Αναστέλλεται σε συγκεντρώσεις άλατος $\geq 5,2\%$. Τα συμπτώματα της σιγγέλωσης περιλαμβάνουν κοιλιακό πόνο, διάρροια, πυρετό και αίμα στα κόπρανα, ενώ μπορεί να παρουσιαστεί και σοβαρή δυσεντερία.

Vibrio spp.

Ένας ακόμα κίνδυνος για τα προϊόντα ιχθυηρών είναι τα παθογόνα είδη του γένους *Vibrio*. Το γένος αυτό κυριαρχεί στα παρόχθια νερά και γι' αυτό επιμολύνει συχνά τα ιχθυηρά, κυρίως τα οστρακοειδή, αλλά και ψάρια και καρκινοειδή. Από κρούσματα που παρουσιάστηκαν λόγω κατανάλωσης ωμών στρειδιών, διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των κυττάρων *Vibrio spp.* στα μολυσμένα αυτά προϊόντα ήταν μικρότερος από τα επίπεδα που συνήθως απαιτούνται για να προκληθεί ασθένεια στον άνθρωπο. Τα στελέχη που απομονώνονται συχνότερα είναι τα *Vibrio parahaemolyticus* και *Vibrio alginolyticus*. Επίσης, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες τα είδη *Vibrio* απομονώνονται πιο συχνά από μαλακόστρακα. Τα *V. vulnificus* και *V. parahaemolyticus* συνδέονται συχνότερα με τροφιμογενείς ασθένειες, το δε πρώτο εξ αυτών ευθύνεται για υψηλά ποσοστά θνησιμότητας που αγγίζουν το 40–60%. Σημαντικό παράγοντα για την προστασία των ιχθυηρών από τα είδη του γένους *Vibrio* αποτελεί η θερμική επεξεργασία. Είναι πολύ σημαντικό, αμέσως μετά την αλιεία τα ιχθυηρά να διατηρούνται υπό ψύξη, χωρίς καθυστερήσεις ή διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

Yersinia enterocolitica

Η *Yersinia enterocolitica*, μαζί με ακόμη 10 είδη που συγκροτούν το γένος *Yersinia*, είναι Gram-αρνητικά βακτήρια της οικογένειας *Enterobacteriaceae*. Η *Y. enterocolitica* έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 4°C, αν και η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι μεταξύ 28 και 30°C. Το

παθογόνο επιβιώνει σε προϊόντα που αποθηκεύονται υπό κατάψυξη και μπορεί να αναπτύσσεται σε τιμές pH 4–10 και συγκεντρώσεις άλατος (NaCl) έως 5%. Είναι σημαντικό ότι η παστερίωση στους 71,8°C για 18 δευτερόλεπτα ή στους 62,8°C για 30 λεπτά μπορεί να θανατώσει το βακτήριο. Η μολυσματική δόση του βακτηρίου για πρόκληση ασθένειας είναι πιθανότατα μεγαλύτερη από 10⁴ CFU. Τα συνήθη συμπτώματα της ασθένειας περιλαμβάνουν διάρροια (γαστρεντερίτιδα, ειδικότερα σε μικρά παιδιά), εντεροκολίτιδα, σύνδρομο ψευδο-σκωληκοειδίτιδας που οφείλεται σε φλεγμονή του ειλεού, οξεία μεσεντερική λεμφαδενίτιδα, φαρυγγίτιδα, μεταμολυσματική αυτοάνοση ακολουθία (αρθρίτιδα, ερυθρώδες ερύθημα, φλεγμονή της ίριδας, γλομερουλονεφρίτιδα, μυοκαρδίτιδα, θυρεοειδίτιδα). Λιγότερο συχνά μπορεί να εμφανιστεί πνευμονία, σηψαιμία, ενδοκαρδίτιδα, οστεομυελίτιδα, περιτονίτιδα, μηνιγγίτιδα, οφθαλμική μόλυνση, αναδίπλωση του εντέρου, δερματικές μολύνσεις και σπλαχνικά αποστήματα, π.χ., στο συκώτι, τον πνεύμονα ή τον σπλήνα.

Bacillus cereus

Ο *B. cereus* είναι διαδεδομένος στη φύση και απομονώνεται από το έδαφος και από φυτά. Συνήθως τα στελέχη αυτά δεν αναπτύσσονται κάτω από τους 10°C, αν και ορισμένα μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασίες 4–6°C. Συνεπώς, ο κίνδυνος μπορεί να ελεγχθεί με επαρκή ψύξη των προϊόντων. Το βακτήριο αυτό είναι ικανό να παράγει δύο ειδών τοξίνες, την εμετική, η οποία προκαλεί εμετό, και τη διαρροϊκή, η οποία προκαλεί διάρροια, σπασμούς και αίσθημα ανεπαρκούς εκκένωσης. Οι περιπτώσεις μόλυνσης από *B. cereus* στα ιχθυηρά δεν είναι συχνές.

Άλλοι παθογόνοι μικροοργανισμοί

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius, υπάρχουν ακόμη ορισμένα βακτήρια, τα οποία σχετίζονται με περιστατικά μόλυνσης ιχθυηρών. Ειδικότερα, στη κατηγορία των ενδογενών βακτηρίων που μπορούν να προκαλέσουν πρόβλημα ανήκει και το βακτήριο *Aeromonas hydrophila*, ενώ άλλα βακτήρια που έχουν απομονωθεί από τα ψάρια είναι τα *Edwardsiella tarda* και *Plesiomonas shigelloides*. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι παθογόνοι οργανισμοί που μπορεί να ανευρεθούν σε προϊόντα ιχθυηρών, καθώς και οι οριακές συνθήκες ανάπτυξής τους

(θερμοκρασία, pH, ενεργότητα ύδατος a_w , αλάτι στην υδατική φάση w_{ps} , απαίτηση σε οξυγόνο) (FDA, 2021).

Πίνακας 3.2. Οριακές συνθήκες ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών που σχετίζονται με προϊόντα ιχθυηρών (FDA, 2021)

Παθογόνος οργανισμός	Εύρος θερμοκρασίας	Εύρος pH	Ελάχιστη a_w	Μέγιστο w_{ps}	Απαίτηση σε οξυγόνο
<i>Clostridium botulinum</i> (τύπος A και πρωτεολυτικοί τύποι B, F)	10 - 48	4.6 - 9.0	0.935	10	αναερόβιος
<i>Clostridium botulinum</i> (τύπος E και μη-πρωτεολυτικοί τύποι B, F)	3.3 - 45	5.0 - 9.0	0.97	5	αναερόβιος
<i>Clostridium perfringens</i>	10 - 52	5.0 - 9.0	0.93	7	αναερόβιος
<i>Escherichia coli</i>	6.5 - 49.4	4.0 - 10.0	0.95	6.5	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Listeria monocytogenes</i>	(-0,4) - 45	4.4 - 9.4	0.92	10	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Salmonella spp.</i>	5.2 - 46.2	3.7 - 9.5	0.94	8	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Shigella spp.</i>	6.1 - 47.1	4.8 - 9.3	0.96	5.2	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Staphylococcus aureus</i>	7 - 50	4.0 - 10.0	0.83	20	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Staphylococcus aureus</i> (παραγωγή τοξίνης)	10 - 48	4.0 - 9.8	0.85	10	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Vibrio cholerae</i>	10 - 43	5.0 - 10.0	0.97	6	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5 - 45.3	4.8 - 11	0.94	10	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Vibrio vulnificus</i>	8 - 43	5.0 - 10.0	0.96	5	προαιρετικά αναερόβιος
<i>Yersinia enterocolitica</i>	(-1.3) - 42	4.2 - 10	0.945	7	προαιρετικά αναερόβιος

ΒΙΟΓΕΝΕΙΣ ΑΜΙΝΕΣ

Βιογενείς αμίνες που μπορούν να προκαλέσουν πρόβλημα στα ιχθυηρά είναι η καδαβερίνη, η πουτρεσκίνη, η τυραμίνη, η τρυπταμίνη και η ισταμίνη. Οι διαμίνες αυτές, παράγονται μεταθανάτια από την αποκαρβοξυλίωση ορισμένων αμινοξέων των ιστών. Η σάρκα των ιχθυηρών είναι πλούσια σε ελεύθερα αμινοξέα και ο αριθμός τους μπορεί να αυξηθεί μετά το θάνατο. Ορισμένα από τα βακτήρια που είναι ικανά να παράγουν βιογενείς αμίνες είναι τα *Proteus spp.*, *Hafnia alvei*, *Klebsiella spp.*, *Morganella morganii*, *Morganella psychrotolerans*, *Photobacterium phosphoreum*, *Clostridium perfringens*, κλπ. Η υψηλή περιεκτικότητα σε αμινοξέα, σε συνδυασμό με

την παρουσία δραστικών πρωτεολυτικών ενζύμων στον εντερικό σωλήνα των ιχθυηρών, ιδίως κατά την περίοδο έντονης διατροφής, ευθύνεται για την ραγδαία αυτολυτική διεργασία (Gilberg, 1978. Aksnes 1988).

Η ισταμίνη προσελκύει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον μεταξύ βιογενών αμινών, λόγω του μεγάλου αριθμού περιστατικών τροφικής δηλητηρίασης που σχετίζονται με την κατανάλωση αλιευτικών προϊόντων. Ειδικότερα, ο μυϊκός ιστός των ψαριών ορισμένων οικογενειών (Scombridae, Scomberesocidae, κλπ.) είναι πλούσιος σε ιστιδίνη, η οποία μετατρέπεται σε ισταμίνη (σκομβροτοξίνη) από αποκαρβοξυλάσες των εντερικών βακτηρίων, καθιστώντας το προϊόν τοξικό. Τα συμπτώματα της προκαλούμενης τοξίνωσης είναι πονοκέφαλος, εξανθήματα, κάψιμο στο στόμα, μυρμήγκιασμα στα δάκτυλα και διάρροια. Η εμφάνισή τους γίνεται συνήθως μέσα σε 60 λεπτά από την κατάποση του μολυσμένου τροφίμου (Dalgaard et al., 2006). Η δραστικότητα της αποκαρβοξυλάσης της ιστιδίνης εξαρτάται από παράγοντες όπως το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής. Η διαδικασία της αποκαρβοξυλίωσης μπορεί να ξεκινήσει, είτε ενδογενώς, από ένζυμα που απαντούν φυσικά στο ιχθυηρό, είτε εξωγενώς, από ένζυμα που ελευθερώνουν ορισμένοι μικροοργανισμοί της χλωρίδας του ιχθυηρού. Η ενδογενής παραγωγή διαμινών είναι μικρής σημασίας, συγκριτικά με την εξωγενή παραγωγή (Wendakoon & Sakaguchi, 1992a). Αξίζει να σημειωθεί ότι η φύση της μικροχλωρίδας του ιχθυηρού και η σύνθεσή της, είναι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα αποκαρβοξυλάσης που παράγεται από τα βακτηριακά κύτταρα (Wendakoon & Sakaguchi 1992b. Suzuki et al., 1990). Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει στοιχεία συσχετισμού της σοβαρότητας της προκαλούμενης ασθένειας, σε σχέση με την ποσότητα ισταμίνης του γεύματος (Gram, 2009).

Πίνακας 3.3. Σχέση μεταξύ ποσότητας ισταμίνης του γεύματος και έντασης της προκαλούμενης τοξίνωσης (Gram, 2009)

<i>Σοβαρότητα κατάστασης</i>	<i>Ποσότητα ισταμίνης στο γεύμα (mg)</i>
Ήπια δηλητηρίαση	8 – 40
Διαταραχές μέτριας έντασης	70 – 1000
Σοβαρά περιστατικά	1500 – 4000

Έχει παρατηρηθεί ότι η αποθήκευση υπό κατάψυξη για 24 εβδομάδες είχε θετική επίδραση στη μείωση των επιπέδων ισταμίνης, όταν το ιχθυηρό επώαστηκε στους 32°C. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι όταν τα ιχθυηρά καταψύχθηκαν για ακόμη μεγαλύτερο διάστημα, και συγκεκριμένα για 40 εβδομάδες, ο σχηματισμός ισταμίνης κατά την επώαση ήταν σχεδόν μηδενικός. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι η διατήρηση του ιχθυηρού σε θερμοκρασίες κατάψυξης για ικανό διάστημα (αρκετών μηνών) μπορεί να μειώσει σημαντικά ή και να καταστρέψει τη μικροχλωρίδα που ευθύνεται για τη σύνθεση αποκαρβοξυλασών και την παραγωγή της βιογενοϋς αμίνης.

Όσον αφορά την επίδραση άλατος στην αναστολή της παραγωγής ισταμίνης, μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τους Leroi et al. (2000) έδειξαν ότι σε σολομό ψυχρής κάπνισης (5% αλάτι, w/w) που αποθηκεύτηκε για πέντε εβδομάδες στους 5°C, η αναστολή των βακτηρίων ήταν τόσο μεγαλύτερη, όσο υψηλότερη ήταν η περιεκτικότητα του προϊόντος σε αλάτι και συστατικά του καπνού.

Για την επίδραση της ψυχρής κάπνισης στην παραγωγή ισταμίνης κατά τη διάρκεια αποθήκευσής καπνιστού σολομού σε θερμοκρασία 5°C πραγματοποιήθηκε διετής έρευνα (1997, 1998), η οποία έδειξε ότι υπό αυτές τις συνθήκες ήταν αδύνατον να προκληθεί δηλητηρίαση από ισταμίνη (Jorgensen et al., 2000). Ειδικότερα, κανένα από τα δείγματα που εξετάστηκαν στη διάρκεια αυτής της έρευνας δεν έφτασε τα τοξικά επίπεδα ισταμίνης των 500 ppm.

Για την πρόληψη παραγωγής βιογενών αμινών στα ψάρια είναι απαραίτητο να ακολουθούνται ορθές πρακτικές υγιεινής κατά τους χειρισμούς των προϊόντων, σε όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, και να εφαρμόζεται ταχεία και ανελλιπής ψύξη των ιχθυηρών, από τη στιγμή της αλίευσης έως και την κατανάλωση των τελικών προϊόντων.

ΠΑΡΑΣΙΤΑ

Οι παρασιτικοί οργανισμοί που έχουν συνδεθεί με τα αλιευτικά προϊόντα περιλαμβάνουν σκώληκες των ακόλουθων ομάδων: Α) Νηματώδεις (Nematodes), Β) Κεστώδεις (Cestodes), Γ) Τρηματώδεις (Trematodes). Οι πρόσφατες κλιματικές αλλαγές και οι διευρυμένες ανθρώπινες δραστηριότητες είναι παράγοντες, οι οποίοι

επιταχύνουν την παγκόσμια διάδοση αυτών των οργανισμών. Επιπλέον, η αύξηση του διεθνούς εμπορίου αλιευτικών προϊόντων, αλλά και της κατανάλωσης ωμών, μη-επεξεργασμένων ιχθυηρών, είναι φαινόμενα τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένο αριθμό λοιμώξεων από παράσιτα (Overstreet, 1999).

Στα παράσιτα της ομάδας των Νηματωδών (νηματοσκώληκες), τα οποία ευθύνονται για την πρόκληση ασθενειών στον άνθρωπο, περιλαμβάνονται τα είδη *Anisakis simplex* και *Pseudoterranova decipiens*. Τα παράσιτα αυτά μπορεί να προκαλέσουν ασθένεια γνωστή ως «Ανισακίαση». Τα νηματώδη παράσιτα μολύνουν τη γαστρεντερική οδό. Όταν οι θηρευτές καταναλώνουν θηράματα που είναι μολυσμένα με παράσιτα, οι προνύμφες διεισδύουν στα σπλάχνα και μολύνουν τον νέο ψάρι – ξενιστή. Ομοίως, θαλάσσια θηλαστικά (φώκιες, δελφίνια, κλπ.), αλλά και ο άνθρωπος, μπορούν να μολυνθούν από την κατανάλωση μολυσμένων ψαριών. Στον άνθρωπο, οι νηματοσκώληκες μεταναστεύουν από τη γαστρεντερική οδό και ενσωματώνονται στον γαστρεντερικό βλεννογόνο, προκαλώντας κοιλιακό άλγος, διάρροια και εμετό.

Στη ομάδα των Κεστωδών ανήκουν είδη της οικογένειας *Diphyllobothrium*, η κατανάλωση των οποίων προκαλεί ασθένεια γνωστή ως «διφυλλοβοθρίαση». Ο σολομός και η πέστροφα, περιλαμβάνονται στα λίγα είδη ψαριών που μπορούν να μεταδώσουν την ασθένεια αυτή (ο σολομός είναι το πιο κοινό ψάρι που μεταδίδει την ασθένεια). Συμπτώματα της ασθένειας αυτής είναι η ναυτία, ο κοιλιακός πόνος, η διάρροια και η αδυναμία.

Ορισμένα είδη της ομάδας των Τρηματωδών είναι τα *Clonorchis*, *Opisthorchis*, *Nanophyetus*, *Heterophyes* και *Paragonimus*. Η κατηγορία αυτή συνήθως μολύνει τα μαλάκια. Γενικά, οι κλινικές επιδράσεις δεν είναι σοβαρές αλλά τα *Clonorchis sinensis* και το *Opisthorchis viverrine* είναι ικανά να προκαλέσουν ηπατική βλάβη στον άνθρωπο και έχουν συσχετισθεί με καρκίνωμα του ήπατος.

Η αλάτιση, ως στάδιο της παραγωγής ψαριών ψυχρής κάπνισης, μπορεί να επηρεάσει την παρουσία παρασίτων σε αυτά. Ειδικότερα, φαίνεται ότι τα *Anisakis simplex* είναι ευαίσθητα στο αλάτι. Εντούτοις, η διαδικασία της αλάτισης δεν προσφέρει αποτελεσματική μέθοδο για την αδρανοποίηση του παρασίτου, λόγω των

μεγάλων χρόνων και των υψηλών συγκεντρώσεων άλατος που απαιτούνται για την επίτευξη αυτού του στόχου. Από σχετικές μελέτες διαπιστώθηκε ότι η τυπική περιεκτικότητα άλατος στην υδατική φάση των προϊόντων ψυχρής κάπνισης (wps 3–3,5%) δεν ήταν αρκετή για τη θανάτωση των παρασίτων. Εξάλλου, η ξηρή αλάτιση φαίνεται να έχει θετικό αποτέλεσμα, όσον αφορά τη θανάτωση των παρασίτων, μόνο στην εξωτερική επιφάνεια των ψαριών.

Η ελάχιστη θερμική επεξεργασία, η οποία κρίνεται ικανή να αδρανοποιήσει τα παράσιτα, και ειδικότερα τις προνύμφες των ειδών της οικογένειας Anisakidae, περιλαμβάνει θέρμανση στους 60°C για 1 λεπτό (Bier, 1976). Ωστόσο, στη μέθοδο της ψυχρής κάπνισης, μια τέτοια θερμοκρασία δεν είναι εφικτή. Επιπλέον, σύμφωνα με ανάλυση του Gardiner (1990), διαπιστώθηκε πως η ψυχρή κάπνιση στους 25,6°C για 12 ώρες, αλλά και η ψύξη για 27 ημέρες, δεν ήταν ικανές συνθήκες για να μειώσουν τον αριθμό των προνυμφών στον σολομό.

Ψάρια της υδατοκαλλιέργειας που εκτρέφονται υπό ελεγχόμενες συνθήκες και η διατροφή τους δεν περιλαμβάνει ωμά ιχθυηρά, μπορούν να θεωρηθούν απαλλαγμένα παρασίτων. Για τον αποτελεσματικό έλεγχο του κινδύνου, τα προϊόντα ψυχρής κάπνισης πρέπει να καταψύχονται σε κάποιο στάδιο της επεξεργασίας στους –20°C, για 24 ώρες, τουλάχιστον, ή να παρασκευάζονται από κατεψυγμένη πρώτη ύλη που ικανοποιεί την παραπάνω απαίτηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΠΝΙΣΗΣ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Η κάπνιση αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές επεξεργασίας των ιχθυηρών. Εφαρμόζεται σε συνδυασμό με την αλάτιση (υγρή ή ξηρή), με σκοπό να προσδώσει στο προϊόν ευχάριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και να επιμηκύνει τη διατηρησιμότητά του. Πρόκειται για μια διεργασία, κατά την οποία, το αλατισμένο ιχθυηρό εκτίθεται στην επίδραση καπνού που προέρχεται από την ατελή καύση ορισμένων ειδών ξύλου. Το αποτέλεσμα, είναι ένα προϊόν με χαρακτηριστικό άρωμα και ιδιάζουσα γεύση και χροιά. Παράλληλα, με τη μέθοδο της κάπνισης το ιχθυηρό καθίσταται συντηρήσιμο για ορισμένο χρονικό διάστημα.

Η συντηρητική δράση της κάπνισης οφείλεται στην αφυδάτωση του ιχθυηρού και την εμπότισή του με συστατικά του καπνού που εμφανίζουν βακτηριοστατική ή βακτηριοκτόνο δράση, όπως οι φαινόλες και η φορμαλδεΐδη, αντίστοιχα. Επιπλέον, κατά τη θερμή κάπνιση, το προϊόν εκτίθεται σε υψηλή θερμοκρασία (συχνά > 80°C), με αποτέλεσμα την αδρανοποίηση ενδογενών και βακτηριακών ενζύμων και την καταστροφή των περισσότερων μυκήτων και αρκετών βακτηρίων. Ωστόσο, η μέθοδος παρουσιάζει μειωμένη ικανότητα συντήρησης και η δράση των συστατικών του καπνού περιορίζεται στην εξωτερική επιφάνεια των προϊόντων. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να συνδυάζεται με άλλες μεθόδους συντήρησης, όπως η αλάτιση και η ξήρανση, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να αυξάνουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Συνεπώς, ο σκοπός της κάπνισης είναι κυρίως η παραγωγή προϊόντων με ιδιάζοντα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΠΝΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ

Ο καπνός παράγεται από την ατελή καύση των συστατικών του ξύλου, δηλαδή της κυτταρίνης, των ημικυτταρινών και της λιγνίνης. Κατά τη στιγμή της παραγωγής του, ο καπνός είναι ένα αέριο μίγμα, το οποίο αποτελείται από ατμοσφαιρικό αέρα και ατμούς των πτητικών προϊόντων που παράγονται από την ατελή καύση των ξύλων. Όταν μειώνεται η θερμοκρασία, ένα μέρος των αερίων συμπυκνώνεται και σχηματίζει λεπτά σταγονίδια, τα οποία κατανέμονται ομοιόμορφα στους ατμούς των

περισσότερο πτητικών συστατικών. Με το τρόπο αυτό, δημιουργείται ένα διφασικό σύστημα διασποράς, το οποίο σταθεροποιείται με τη βοήθεια ηλεκτροστατικών φορτίων που εντοπίζονται στην επιφάνεια των σωματιδίων του καπνού. Από τις δυο φάσεις του συστήματος, η συνεχής (αέρια) φάση περιλαμβάνει τους ατμούς των πιο πτητικών συστατικών του καπνού, μαζί με ατμοσφαιρικό αέρα, και λειτουργεί ως φέρον αέριο για την έμμορφη φάση. Η διεσπαρμένη φάση των έμμορφων στοιχείων (σωματίδια καπνού) περιλαμβάνει κολλοειδή σταγονίδια μεγέθους 0,08–0,15 μm, περίπου, καθώς και σωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους που προέρχονται από την τέφρα. Τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καπνιστών προϊόντων προέρχονται κυρίως από την αέρια φάση. Η απομάκρυνση της φάσης των έμμορφων στοιχείων, μειώνει την περιεκτικότητα του καπνού σε πίσσα και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), με αποτέλεσμα την παραγωγή περισσότερο ασφαλών προϊόντων (Λουγκοβόης, 2019).

Κατά την παραγωγή του καπνού, πραγματοποιείται θερμική αποικοδόμηση των συστατικών του ξύλου, η οποία συνοδεύεται από οξειδωτικές μεταβολές και αντιδράσεις συμπύκνωσης και πολυμερισμού των αρχικών προϊόντων της πυρόλυσης. Οι διεργασίες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό εκατοντάδων δραστικών ουσιών, οι οποίες καθιστούν τον καπνό ένα εξαιρετικά πολύπλοκο μίγμα αερίων, υγρών, στερεών και κολλοειδών προϊόντων. Έχουν απομονωθεί από τον καπνό περίπου 1100 χημικές ενώσεις, μεταξύ των οποίων φαινόλες και φαινολικά παράγωγα, οργανικά οξέα, καρβονυλικές ενώσεις (αλδεΐδες, κετόνες), αλκοόλες, εστέρες, υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και υποξείδιο του αζώτου (N_2O). Από αυτές, οι καρβονυλικές ενώσεις, τα οργανικά οξέα, οι εστέρες και οι αλκοόλες παράγονται από την ατελή καύση της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών. Αντίθετα, οι αρωματικές ουσίες σχηματίζονται κατά τις μετέπειτα αντιδράσεις, σε μικρές συγκεντρώσεις. Οι φαινολικές ενώσεις και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες προέρχονται από την αποικοδόμηση της λιγνίνης. Ο καπνός περιέχει επίσης υδρατμούς και ατμοσφαιρικό αέρα (Λουγκοβόης, 2019).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση του καπνού

Είδος του ξύλου

Το είδος του ξύλου επηρεάζει τη σύσταση του καπνού και κατ' επέκταση την ποιότητα των προϊόντων της κάπνισης. Χρησιμοποιούνται αποκόμματα ξύλου και ροκανίδι ή πριονίδι. Κατάλληλα θεωρούνται τα ξύλα δρυός, οξιάς, λεύκης, καστανιάς και καρυδιάς και σε μικρότερο βαθμό τα ξύλα σπυροφόρων δέντρων, στα οποία μπορεί να προστίθεται θυμάρι, δάφνη ή δεντρολίβανο με στόχο την ανάπτυξη ιδιαίτερων αρωματικών χαρακτηριστικών. Τα σκληρά ξύλα (μεγαλύτερη αναλογία λιγνίνης) παράγουν καπνό με ήπιο άρωμα και δίνουν καλύτερα αποτελέσματα κατά την κάπνιση. Τα μαλακά ξύλα (μεγαλύτερη αναλογία κυτταρίνης) παράγουν καπνό με δριμύτερο άρωμα και το προϊόν αποκτά έντονο χρώμα καπνιστού. Η χρήση ξύλου κωνοφόρων δεν συνιστάται, λόγω της δυσάρεστης οσμής-γεύσης που προσδίδουν τα προϊόντα αποικοδόμησης των ρητινών. Η υγρασία του ξύλου πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 20% και 35%. Η αποθήκευση για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αποθήκες με υγρασία πέραν της κανονικής οδηγεί σε ανάπτυξη μυκήτων. Όταν χρησιμοποιείται πριονίδι με μεγαλύτερο επίπεδο υγρασίας από το κανονικό, ο παραγόμενος καπνός έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πισσώδεις ουσίες (Λουγκοβόης, 2019).

Διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου

Κατά την κάπνιση, επιδιώκεται αυξημένη πυκνότητα (σκιερότητα) καπνού, η οποία επιτυγχάνεται με περιορισμό του διαθέσιμου οξυγόνου. Η σκιερότητα είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο ατελέστερη είναι η καύση του ξύλου. Ο περιορισμός του οξυγόνου αυξάνει την περιεκτικότητα του καπνού σε φορμαλδεΐδη και μειώνει την περιεκτικότητα σε οξικό οξύ. Ωστόσο, ο υπερβολικός περιορισμός του αέρα παράγει γκριζωπό καπνό με μεγάλη περιεκτικότητα σε πίσσα και οξέα που επηρεάζουν αρνητικά τη γεύση και την οσμή του προϊόντος. Η αύξηση του διαθέσιμου οξυγόνου κατά την καύση ευνοεί το σχηματισμό φαινολών και οργανικών οξέων και παράλληλα μειώνει την παραγωγή καρκινογόνων ουσιών. Μέγιστη παραγωγή φαινολών παρατηρείται όταν η διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου είναι 8 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ποσότητα που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση των συστατικών του ξύλου (Λουγκοβόης, 2019).

Θερμοκρασία καπνού

Η παραγωγή καπνού περιλαμβάνει θερμική αποικοδόμηση του ξύλου και παράλληλη οξείδωση πτητικών προϊόντων της πυρόλυσης. Οι περισσότερες μεταβολές συμβαίνουν σε θερμοκρασίες 200-400°C. Ειδικότερα, μεταξύ 200°C και 260°C σχηματίζεται μεγάλη ποσότητα αερίων, ιδίως μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση πτητικών οξέων. Στους 260-310°C αποικοδομείται η λιγνίνη και σχηματίζονται φαινολικές ενώσεις, πολλές από τις οποίες οξειδώνονται, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό άλλων ενώσεων που μπορεί να επιδρούν αρνητικά στο άρωμα του καπνού. Για την παραγωγή καλής ποιότητας καπνού, αλλά και για την αποφυγή σχηματισμού βενζοπυρενίου και άλλων πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, οι θερμοκρασίες πυρόλυσης και οξείδωσης δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους 400°C και 200°C, αντίστοιχα (Sikorski, 1988). Επιπλέον, όταν η θερμοκρασία καπνού ξεπεράσει τους 340°C, η πυρόλυση της λιγνίνης οδηγεί στο σχηματισμό καρκινογόνων ουσιών. Το καταλληλότερο εύρος θερμοκρασιών για το σχηματισμό ενεργών συστατικών καπνού, όπως οι φαινόλες, οι καρβονυλικές ενώσεις και διάφορα οξέα, είναι μεταξύ 250°C έως 350°C. Όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 350°C, οι αλδεΐδες μεταβάλλονται σε κετόνες, ενώ όταν ξεπεράσει τους 400°C, οι σχηματιζόμενες ενώσεις προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στο προϊόν (FAO/WHO, CAC, RCP 25-1979).

ΚΑΠΝΙΣΤΗΡΙΑ

Τα καπνιστήρια αποτελούν ειδικούς κλειστούς χώρους μέσα στους οποίους αναρτώνται τα ιχθυηρά που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία και διαβιβάζεται καπνός. Διακρίνονται σε παραδοσιακά (traditional kilns) και σύγχρονα μηχανικά καπνιστήρια (mechanical kilns). Κάθε καπνιστήριο περιλαμβάνει καπνογόνο εστία για την παραγωγή καπνού και θάλαμο κάπνισης, μέσα στον οποίο λαμβάνει χώρα αρχικά η θέρμανση – αφυδάτωση του προϊόντος και στη συνέχεια η κάπνιση.

Ο παραδοσιακός τύπος καπνιστηρίου (chimney type kiln) αποτελείται από ένα μοναδικό κτίσμα, στη βάση του οποίου βρίσκεται η καπνογόνο εστία και πάνω από αυτήν ο χώρος επεξεργασίας (καπνοδόχος). Η παραγωγή καπνού βασίζεται στη βραδεία καύση του ξύλου επί του εδάφους. Για το σκοπό αυτό, ένα μέρος του ξύλου

καίγεται με έντονη, φωτεινή φλόγα, αποδίδοντας την απαιτούμενη θερμότητα για την πυρόλυση και η διαδικασία συνεχίζεται με ημίσβεστη φλόγα για τη δημιουργία καπνού (Λουγκοβόης, 2019). Κατά το αρχικό στάδιο χρησιμοποιείται ξύλο οξιάς, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιείται πριονίδι ή ροκανίδι σκληρών ξύλων και περιορίζεται η ποσότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Το προϊόν αναρτάται σε δοκούς ή απλώνεται σε σχάρες τοποθετημένες σε διάφορα ύψη εντός της καπνοδόχου. Η διάταξη είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται συνεχές ρεύμα καπνού που διαποτίζει το προϊόν και ταυτόχρονα αφαιρεί μέρος της υγρασίας. Αυτός ο τύπος καπνιστηρίου παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα. Η εργασία είναι κοπιαστική, ανθυγιεινή, μεγάλης διάρκειας. Επιπλέον, δεν έχουν όλα τα προϊόντα ίση απόσταση από την καπνογόνο εστία με αποτέλεσμα, όσα είναι πιο κοντά σε αυτήν να αφυδατώνονται και να καπνίζονται πολύ πιο γρήγορα. Γι' αυτό το λόγο, απαιτείται συχνή αντικατάστασή τους με άλλα της ίδιας παρτίδας που βρίσκονται πιο μακριά από την καπνογόνο εστία. Ακόμη, δεν είναι δυνατός ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας, της σκιερότητας και θερμοκρασίας του καπνού (οι παράγοντες αυτοί επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν). Τέλος, το λειτουργικό κόστος είναι υψηλό, αφού είναι ανέφικτη η ανακύκλωση του καπνού, ενώ παράλληλα κρίνεται απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση της φλόγας, για να αποφευχθεί τυχόν ανάφλεξη του καυσίμου (Λουγκοβόης, 2019).

Για να αντιμετωπισθούν τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η παραδοσιακή κάπνιση, χρησιμοποιούνται πλέον μηχανικά καπνιστήρια, τα οποία επιτρέπουν τον έλεγχο και τη ρύθμιση των συνθηκών του καπνού (θερμοκρασία, σκιερότητα, σχετική υγρασία) και επιτρέπουν την ανακύκλωσή του. Τα μηχανικά καπνιστήρια διαθέτουν θάλαμο ή σήραγγα κάπνισης και καπνογόνο εστία, η οποία αποτελεί χωριστή μονάδα και βρίσκεται έξω από το κυρίως καπνιστήριο. Η καπνογόνος εστία παρέχει τη δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης εισόδου του αέρα και τροφοδοσίας με πριονίδι ή ροκανίδι. Ο καπνός διαβιβάζεται στο θάλαμο κάπνισης με τη βοήθεια ανεμιστήρων. Μέσα στο θάλαμο μπορεί να γίνει ρύθμιση της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας κυκλοφορίας και της σκιερότητας του καπνού. Ένα μέρος του καπνού που παράγεται διαφεύγει στο περιβάλλον, μέσω της καπνοδόχου, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα διοχετεύεται στον θάλαμο κάπνισης, αφού πρώτα αναμιχθεί με νέο καπνό

και περισσότερο αέρα. Με τα μηχανικά καπνιστήρια επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κάπνιση του προϊόντος.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ

Η τεχνική της κάπνισης αλιευτικών προϊόντων περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια: Επιλογή και προετοιμασία της πρώτης ύλης, αλάτιση, αποστράγγιση και αφυδάτωση του αλατισμένου ιχθυηρού, κάπνιση, συσκευασία και αποθήκευση του τελικού προϊόντος.

Επιλογή και προετοιμασία της πρώτης ύλης

Για την παραγωγή προϊόντων καλής ποιότητας, είναι απαραίτητη η χρήση ψαριών σε άριστη κατάσταση φρεσκότητας, τα οποία, αμέσως μετά την αλίευση συσκευάστηκαν σε ιχθυοκιβώτια με επαρκή ποσότητα πάγου και συντηρήθηκαν στους 0°C για διάστημα όχι μεγαλύτερο των 2 ημερών. Είναι επίσης δυνατή η χρήση καλής ποιότητας κατεψυγμένων ψαριών, τα οποία καταψύχθηκαν το αργότερο 24 έως 48 ώρες από την αλίευση και διατηρήθηκαν στους -30°C όχι περισσότερο από 6 μήνες τα λιπαρά και μέχρι 8 μήνες τα άπαχα. Η χρήση κατεψυγμένων φιλέτων δεν ενδείκνυται, διότι το τελικό προϊόν υστερεί ως προς την εξωτερική εμφάνιση (έλλειψη στιλπνότητας). Η προετοιμασία της πρώτης ύλης περιλαμβάνει πλύσιμο με πόσιμο ή καθαρό θαλασσινό νερό για την απομάκρυνση βλέννας, λεπιών, κλπ., αφαίρεση κεφαλής-σπλάχνων, αποκοπή πτερυγίων και πλύσιμο με άφθονο νερό για την απομάκρυνση αίματος και υπολειμμάτων εντοσθίων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το ιχθυηρό ανοίγεται στα δυο με επιμήκη ραχιαία ή κοιλιακή τομή και αφαιρούνται τα εντόσθια, τα βράγχια και η σπονδυλική στήλη, ακολούθως δε μπορεί να κόβονται σε μικρότερα κομμάτια ή να υποβάλλονται σε φιλετοποίηση και αφαίρεση του δέρματος.

Αλάτιση

Με την αλάτιση (ξηρή ή υγρή) επιδιώκεται αύξηση της συνεκτικότητας της σάρκας και βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και της ικανότητας συντήρησης του τελικού προϊόντος. Η διάρκεια της αλάτισης μπορεί να κυμαίνεται

από λίγα λεπτά έως μερικές ώρες, ανάλογα με το μέγεθος και τα επίπεδα λίπους του ψαριού, την προπαρασκευή που έχει υποστεί αυτό και την επιδιωκόμενη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος. Η περιεκτικότητα άλατος στο τελικό προϊόν κυμαίνεται συνήθως από 2 έως 2,5%, κατά βάρος. Μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αλάτι καθιστά το προϊόν αλμυρό για τον μέσο καταναλωτή. Σε προϊόντα όπως ο καπνιστός σολομός και η πέστροφα που συσκευάζονται υπό κενό απαιτείται υψηλότερη συγκέντρωση άλατος, π.χ. 5g/100 g προϊόντος, για την εξουδετέρωση του κινδύνου από την πιθανή παρουσία του *Clostridium botulinum* (Burt, 1988). Τα επίπεδα άλατος εκφράζονται ως ποσοστό στην υδατική φάση του τελικού προϊόντος (water – phase salt, wps), με βάση την ακόλουθη σχέση (FDA, 2021):

$$\% WPS = \frac{\% \text{ αλάτι}}{\% \text{ υγρασία} + \% \text{ αλάτι}} \times 100$$

Η διαδικασία της αλάτισης πραγματοποιείται με στόχο να επιτευχθεί μια ελάχιστη συγκέντρωση άλατος στην υδατική φάση, η οποία, σε συνδυασμό με άλλες κρίσιμες παραμέτρους (θερμική επεξεργασία, τύπος συσκευασίας, προβλεπόμενη διάρκεια ζωής, αναμενόμενες συνθήκες αποθήκευσης) διασφαλίζει την ασφάλεια του τελικού προϊόντος.

Όταν οι συνθήκες της κάπνισης δεν ευνοούν την ανάπτυξη ελκυστικού χρώματος, γίνεται προσθήκη χρωστικών στην άλμη (π.χ. ανάτο) για τον τεχνητό χρωματισμό του προϊόντος. Στην υγρή αλάτιση, άλμη μπορεί να περιέχει ζάχαρη ή/και άλλα συστατικά για την ενίσχυση της γεύσης. Η χρήση νιτρικών/νιτρωδών αλάτων που συνηθίζεται στις Η.Π.Α., απαγορεύεται από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Στη περίπτωση όπου τα ψάρια υφίστανται ξηρή αλάτιση, πριν την κάπνιση είναι απαραίτητο να γίνει ξαρμύρισμα, τοποθετώντας το προϊόν σε νερό για τουλάχιστον 24 ώρες. Κατά το ξαρμύρισμα, η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τους 10°C (Λουγκοβόης, 2019).

Αποστράγγιση – Αφυδάτωση

Αφού απομακρυνθούν από την άλμη, τα προϊόντα αναρτώνται σε βέργες ή τοποθετούνται σε διχτυωτά πλέγματα, με σκοπό να απομακρυνθεί η πλεονάζουσα άλμη και μέρος της επιφανειακής υγρασίας. Η αποστράγγιση πραγματοποιείται σε

χώρους με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, για 1-2 ώρες. Μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε μηχανικά ξηραντήρια ή και στο καπνιστήριο, πριν την κάπνιση. Στη διάρκεια της φάσης αυτής, οι μυϊκές πρωτεΐνες σχηματίζουν στην επιφάνεια του προϊόντος μια στιλπνή επιδερμίδα που παρεμποδίζει την έξοδο κυτταρικών χυμών από τη σάρκα του ψαριού, ενώ παράλληλα διευκολύνει την απόθεση των συστατικών του καπνού, προσδίδοντας στο τελικό προϊόν ελκυστική εικόνα (gloss) (Λουγκοβόης, 2019). Κατά την αποστράγγιση, τα ιχθυηρά πρέπει να έχουν ασφαλή απόσταση μεταξύ τους, ώστε να μην κολλήσουν το ένα με το άλλο και να επιτευχθεί ομοιόμορφη κάπνιση.

Κάπνιση

Ανάλογα με το είδος του ιχθυηρού, τη μορφή υπό την οποία θα εκτεθεί αυτό στον καπνό, αλλά και τον τρόπο συντήρησης του τελικού προϊόντος, η επεξεργασία της κάπνισης μπορεί να είναι είτε θερμή είτε ψυχρή. Η ψυχρή κάπνιση εφαρμόζεται κυρίως σε άπαχα ψάρια (π.χ. μπακαλιάρος), αλλά και για την παρασκευή καπνιστού σολομού και καπνιστής πέστροφας.

Ψυχρή κάπνιση

Κατά την ψυχρή κάπνιση, το προϊόν εκτίθεται σε καπνό θερμοκρασίας 27-30°C και η εσωτερική θερμοκρασία του σπάνια υπερβαίνει τους 25°C. Ως εκ τούτου, τα προϊόντα αυτά συχνά απαιτούν μαγείρεμα πριν καταναλωθούν και ιδανικά πρέπει να διατηρούνται υπό ψύξη (πλησίον των 0°C). Η διάρκεια της ψυχρής κάπνισης, κυμαίνεται από λίγες ώρες έως και αρκετές ημέρες και εξαρτάται από τον τύπο του προϊόντος. Κατά τη ψυχρή κάπνιση, τα προϊόντα βρίσκονται σε απόσταση από την καπνογόνο εστία, συνθήκη που εξασφαλίζει καλύτερο άρωμα, σε σχέση με τη θερμή κάπνιση, λόγω αυξημένης παρουσίας πτητικών ενώσεων χαμηλού σημείου ζέσεως. Κατά το αρχικό στάδιο της κάπνισης, η σχετική υγρασία στο καπνιστήριο διατηρείται σε υψηλά επίπεδα (≈90%) για να διευκολυνθεί η απόθεση συστατικών του καπνού στην επιφάνεια του προϊόντος και στη συνέχεια μειώνεται (≈70%) για να επιτευχθεί ο απαιτούμενος βαθμός αφυδάτωσης. Στη διάρκεια της επεξεργασίας επιδιώκεται απώλεια βάρους (αφυδάτωση) της τάξης του 12-14% και αύξηση της ελάχιστης τιμής wps σε 3,5%, προκειμένου να ελεγχθεί η ανάπτυξη του *C. botulinum*.

Θερμή κάπνιση

Κατά τη θερμή κάπνιση, το προϊόν εκτίθεται σε καπνό θερμοκρασίας $\geq 80^{\circ}\text{C}$. Ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος, η διάρκεια της θερμής κάπνισης κυμαίνεται από 30 λεπτά έως 3 ώρες. Πριν εκτεθούν σε υψηλή θερμοκρασία, τα προϊόντα υφίστανται συμπληρωματική αφυδάτωση για $\frac{1}{2}$ – 1 ώρα στους 30°C , για να σκληρύνει το δέρμα και να αποφευχθούν σχισίματα και απώλειες στα επόμενα στάδια. Στο στάδιο αυτό, ο καπνός είναι σχετικά αραιός και η παροχή του αέρα μεγάλη. Ακολουθεί κάπνιση και μερικό ψήσιμο του ιχθυηρού στους 50°C για μισή ώρα, με μειωμένη παροχή αέρα και αυξημένη σκιερότητα και σχετική υγρασία καπνού. Το στάδιο ολοκληρώνεται με τελικό ψήσιμο και κάπνισμα των ψαριών στους $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$ για 45 λεπτά έως 1 ώρα. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνει θερμική μετουσίωση των πρωτεϊνών, αδρανοποίηση αυτολυτικών ενζύμων και θανάτωση πολλών μυκήτων και βακτηρίων, χωρίς ωστόσο να καταστρέφει τα σπόρια του *C. botulinum* Type E. Η αποτροπή ανάπτυξης του μικροοργανισμού και σχηματισμού νευροτοξίνης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα αλάτος στην υδατική φάση του προϊόντος (wps). Ειδικότερα, όταν το αλάτι στην υδατική φάση είναι 5%, η εσωτερική θερμοκρασία του προϊόντος πρέπει να φτάσει τους 65°C και να διατηρηθεί στο επίπεδο αυτό για 30 λεπτά, τουλάχιστον. Όταν το wps είναι 3,5-5%, η εσωτερική θερμοκρασία του προϊόντος πρέπει να φτάσει τους 82°C και να διατηρηθεί στο επίπεδο αυτό για 30 λεπτά, τουλάχιστον. Για να επιτευχθούν αυτές οι απαιτήσεις, η θερμοκρασία του καπνού στην 1^η περίπτωση πρέπει να είναι τουλάχιστον 75°C , ενώ στη 2^η περίπτωση πρέπει να υπερβαίνει τους 90°C . Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν κατά τη θερμή κάπνιση, τα προϊόντα αυτά δεν απαιτούν μαγείρεμα πριν την κατανάλωσή τους.

Συσκευασία και αποθήκευση τελικού προϊόντος

Πριν συσκευασθούν, τα προϊόντα πρέπει να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος ή χαμηλότερη, για να αποφευχθεί η συμπύκνωση υδρατμών εντός της συσκευασίας που ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων. Η ψύξη επιτυγχάνεται είτε με έκθεση του προϊόντος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, είτε σε ψυκτικούς θαλάμους. Στην πρώτη περίπτωση απαιτούνται περίπου 2 ώρες, αν και ο χρόνος μπορεί να μειωθεί με χρήση ανεμιστήρων. Η ψύξη του προϊόντος πρέπει να είναι ταχεία, άλλως

μπορεί να ευνοηθεί η ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών. Ωστόσο, η τοποθέτηση των ζεστών προϊόντων σε ψυκτικούς θαλάμους προκαλεί συχνά “ιδρωμα” και απώλεια της επιφανειακής στιλπνότητας (gloss). Γι’ αυτό τον λόγο, είναι αναγκαίο ο θάλαμος να εξασφαλίζει σταθερή κυκλοφορία ψυχρού, καθαρού αέρα και να μην έχει υψηλή σχετική υγρασία. Αφού κρυώσουν, τα προϊόντα συσκευάζονται, συνήθως σε σελοφάν ή σε ξύλινα κιβώτια επιστρωμένα με χαρτί και διατηρούνται υπό ψύξη. Τα προϊόντα που υποβάλλονται σε ελαφριά αλάτιση και κάπνιση διατηρούνται μόνο για λίγες ημέρες υπό ψύξη. Ο κίνδυνος ανάπτυξης του *C. botulinum* δεν αναστέλλεται σε τιμές wps <5% και ως εκ τούτου κρίνεται αναγκαία η ψύξη των προϊόντων σε θερμοκρασίες κάτω των 3°C. Εφόσον δεν πρόκειται να διατεθούν στη κατανάλωση αμέσως, τα εν λόγω προϊόντα πρέπει να καταψύχονται και να διατηρούνται σε θερμοκρασία -30°C ή χαμηλότερη. Μόνο τα έντονα καπνισμένα προϊόντα μπορούν να συντηρηθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα χωρίς να καταψυχθούν, και με την προϋπόθεση ότι διατηρούνται σε καλά αεριζόμενους, ξηρούς χώρους, με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία (Λουγκοβόης, 2019).

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΠΝΙΣΤΩΝ ΣΟΛΟΜΟΕΙΔΩΝ

Καπνιστός σολομός

Η παρασκευή καπνιστού σολομού περιλαμβάνει τις ακόλουθες διαδικασίες. Αρχικά γίνεται διαλογή και καλό πλύσιμο των ψαριών και αφαιρούνται η κεφαλή και τα σπλάχνα. Στη συνέχεια, με μια επιμήκη τομή τα ψάρια ανοίγονται στη μέση και συνήθως αφαιρείται η σπονδυλική στήλη. Ακολουθεί πλύσιμο των καθαρισμένων ψαριών με άφθονο, καθαρό νερό. Σε ορισμένες περιπτώσεις, για την εξασφάλιση του επιθυμητού χρωματισμού τα ψάρια εμβαπτίζονται σε διάλυμα χρωστικής (ανάτο). Ακολουθεί, υγρό αλάτισμα σε άλμη 20% για 2 έως 3 ημέρες, ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος. Μετά την υγρή αλάτιση, τα ψάρια απομακρύνονται από την άλμη και ξεπλένονται σε τρεχούμενο νερό. Πριν το στάδιο της κάπνισης, εφαρμόζεται συχνά επάλειψη των ψαριών με ζελατίνη, για να διατηρηθεί η συμπάγεια των μυϊκών ινών. Τέλος, εφαρμόζεται ψυχρή κάπνιση, σε αρχική θερμοκρασία 27°C, για να αποφευχθεί η υπερβολική αφυδάτωση της επιφάνειας του προϊόντος και ο σχηματισμός σκληρού υμένα. Τα φιλέτα κρεμιούνται σε γάντζους ή τοποθετούνται σε διάτρητους δίσκους.

Ανάλογα με το μέγεθος και τη λιποπεριεκτικότητα, ο χρόνος κάπνισης κυμαίνεται από 4 έως 10 ώρες. Προς το τέλος της κάπνισης, η θερμοκρασία του καπνού φτάνει τους 33°C, ώστε να έρθει το ιχθυέλαιο στην επιφάνεια και να προσδώσει χαρακτηριστική εμφάνιση στο τελικό προϊόν.

Ένας ακόμη τρόπος παρασκευής καπνιστών σολομών είναι ο ακόλουθος: Οι σολομοί καθαρίζονται και ακολουθώς κόβονται σε κομμάτια, τα οποία υποβάλλονται σε ξηρή αλάτιση που μπορεί να διαρκέσει έως και 2 εβδομάδες. Σε χώρες που επιτρέπουν τη χρήση νιτρικών, το μαγειρικό αλάτι που χρησιμοποιείται μπορεί να περιέχει νιτρικό κάλιο, καθώς και διάφορα καρυκεύματα (πιπέρι, φύλλα δάφνης, γαρούφαλλα, κλπ.). Ακολουθεί ξαρμύρισμα για 2 ημέρες σε καθαρό νερό και ξήρανση στον αέρα. Τέλος, εφαρμόζεται ψυχρή κάπνιση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Καπνιστή πέστροφα

Βασική προϋπόθεση για παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντος, αποτελεί η επιλογή πρώτης ύλης που βρίσκεται σε άριστη κατάσταση. Οι νωπές πέστροφες, διατηρούνται σε πολύ καλή κατάσταση στον πάγο, επί μία εβδομάδα. Η διαδικασία ψυχρής κάπνισης φιλέτων πέστροφας ακολουθεί το γενικό σχήμα και την τεχνολογία που περιεγράφηκε παραπάνω για τον καπνιστό σολομό. Αντιθέτως, όταν πρόκειται για κάπνιση ολόκληρης πέστροφας (εκσπλαχνισμένα ψάρια με κεφάλι), εφαρμόζεται κατά κανόνα η μέθοδος της θερμής κάπνισης.

Πίνακας 4.1. Συνθήκες παρασκευής και σύσταση καπνιστών προϊόντων

Είδος / Προϊόν	Συνθήκες κάπνισης		Σύσταση (%)					
	Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (h)	NaCl	Λίπος	Υγρασία	Πρωτεΐνη	Τέφρα	a_w
Σολομός (<i>Salmo salar</i>) φιλέτα χ/δ	Ψυχρό	4–10	5	10–20	55–60	25 – 35	13.5	0.94
Πέστροφα (<i>Salmo trutta</i>)	Ψυχρό	-	3–5	8–15	55–65	25 – 30	-	0.94

Πηγή: Burt (1988)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΡΡΗΣΗΣ

Τα επίπεδα των μικροοργανισμών στα οικοσυστήματα τροφίμων μπορούν να ελεγχθούν με τη βοήθεια παραγόντων, όπως η θερμοκρασία, το pH, η ενεργότητα ύδατος ή τα συντηρητικά, που καθορίζουν την ανάπτυξη, την επιβίωση ή την αδρανοποίησή τους. Επί χιλιετίες, μορφές επεξεργασίας, όπως η ξήρανση, η αλάτιση, η κάπνιση και η ζύμωση, χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο για τη διατήρηση των τροφίμων, αντιπροσωπεύοντας μια εμπειρική προσέγγιση στην προσπάθεια ελέγχου των μικροβιακών πληθυσμών (Arroyo-López et al., 2012). Ωστόσο, είναι πλέον σαφές ότι οι εμπειρικές προσεγγίσεις του παρελθόντος, αν και συνέβαλλαν στην ευημερία της ανθρωπότητας και στην εξέλιξη του πολιτισμού, δεν είναι επαρκείς για να διασφαλίσουν την ασφάλεια των παραγόμενων τροφίμων, ιδίως υπό το πρίσμα των αλλαγών στις διατροφικές συνήθειες των τελευταίων δεκαετιών και της μεταστροφής των καταναλωτών σε «λιγότερο επεξεργασμένα» προϊόντα.

Σήμερα, η προγνωστική (προορατική) μικροβιολογία προσφέρει ποσοτική και αντικειμενική προσέγγιση στη συντήρηση των τροφίμων, αναδεικνυόμενη σε ένα σύγχρονο, κρίσιμο στοιχείο της μικροβιολογίας των τροφίμων. Πρόκειται για έναν πολυεπιστημονικό τομέα, ο οποίος είναι αφιερωμένος στη μελέτη και πρόβλεψη, μέσω μαθηματικών μοντέλων, των επιδράσεων περιβαλλοντικών παραγόντων στη μικροβιακή συμπεριφορά (Brul et al., 2007). Με άλλα λόγια, τα διαθέσιμα σήμερα λογισμικά έχουν τη δυνατότητα να προβλέπουν το ρυθμό με τον οποίο μειώνονται, αυξάνονται ή εξαλείφονται οι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα. Το πρώτο μοντέλο που εφαρμόστηκε ανάγεται στο 1922 και περιέγραφε τη θερμική αδρανοποίηση των σπορίων του *C. botulinum*, τύπος A (Esty & Meyer, 1922). Ωστόσο, η προέλευση της σύγχρονης προγνωστικής μικροβιολογίας εντοπίζεται στις δεκαετίες του 1960 και 1970, όταν χρησιμοποιήθηκαν κινητικά μοντέλα και μοντέλα πιθανοτήτων για την αντιμετώπιση προβλημάτων αλλοίωσης των τροφίμων και τροφικών δηλητηριάσεων. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των λογισμικών στατιστικής, σε συνδυασμό με τα πολυάριθμα περιστατικά τροφικών δηλητηριάσεων σε όλο τον κόσμο, λόγω κακώς επεξεργασμένων τροφίμων, ευνόησαν την ταχεία επέκταση και εξέλιξη της μικροβιολογίας πρόρρησης. Σημαντικό παράγοντα στην

ανάπτυξη των μοντέλων πρόρρησης είχε και η συσσώρευση δεδομένων, σχετικά με τη μικροβιακή συμπεριφορά στα προϊόντα τροφίμων (Arroyo-López et al., 2012).

Ένα μοντέλο μπορεί να οριστεί ως «η περιγραφή ενός συστήματος, μιας θεωρίας ή ενός φαινομένου που εξηγεί τις γνωστές ή συναγόμενες ιδιότητές του και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω έρευνα των χαρακτηριστικών του». Το μοντέλο αντιπροσωπεύει συχνά μια απλουστευμένη περιγραφή των σχέσεων μεταξύ των παρατηρήσεων του συστήματος (εξαρτημένες μεταβλητές) και των παραγόντων που πιστεύεται ότι προκαλούν τις παρατηρούμενες αποκρίσεις (ανεξάρτητες μεταβλητές). Αυτή η περιγραφή μπορεί να εκφραστεί ποσοτικά με μαθηματικές σχέσεις και εξισώσεις (Arroyo-López et al., 2012).

Η εφαρμογή των λογισμικών πρόρρησης συμβάλλει στην παραγωγή και διάθεση τροφίμων που είναι ασφαλή για τον καταναλωτή, παρέχοντας πληροφορίες, οι οποίες επιτρέπουν την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που έχουν περιγραφεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η δυνατότητα πρόβλεψης της διάρκειας ζωής των τροφίμων έχει αναπτυχθεί με βάση τις συνθήκες που επικρατούν κατά την αποθήκευση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Οι συνθήκες αποθήκευσης αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες που οδηγούν σε αλλοίωση των προϊόντων (όταν δεν είναι ιδανικές) ή επιτρέπουν την ασφαλή διατήρησή τους (όταν είναι ιδανικές). Τέτοιοι παράγοντες είναι η θερμοκρασία, το pH, η ενεργότητα ύδατος (a_w), οι ατμοσφαιρικές συνθήκες στο περιβάλλον αποθήκευσης, η σύσταση της ατμόσφαιρας εντός της συσκευασίας του προϊόντος, η παρουσία προσθέτων, καθώς και ο συνδυασμός όλων των ανωτέρω.

Για την επιτυχή ανάπτυξη ενός μοντέλου πρόρρησης, είναι απαραίτητο να ακολουθούνται τα συγκεκριμένα βήματα που περιγράφονται κατωτέρω:

— **1^ο βήμα:** Λεπτομερής περιγραφή της σύστασης του τροφίμου

Περιλαμβάνει την επιλογή του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη του μοντέλου, για το οποίο πρέπει να ληφθούν όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα για τις ιδιότητες και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του και να προσδιοριστούν οι σημαντικότερες ενώσεις που απαντούν σε αυτό. Για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων υπάρχουν τρεις εναλλακτικοί

τρόποι. Ο πρώτος, αφορά τη χρήση ενός τυπικού εργαστηριακού μέσου με γνωστές ιδιότητες και σταθερές που διαμορφώνονται από τους παράγοντες που έχει στη διάθεσή της η βιομηχανία (αλάτι, pH, θερμοκρασία, κλπ.). Μια άλλη λύση είναι να χρησιμοποιηθεί προσομοιωτής του συστήματος τροφίμου, στον οποίο προστίθενται (σε γνωστές συγκεντρώσεις) πολλά από τα συστατικά του τροφίμου. Τρίτη εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθεί απευθείας το τρόφιμο, με την προϋπόθεση ότι, πριν τον εμβολιασμό του, θα προηγηθεί αποστείρωση.

— **2^ο βήμα:** Επιλογή κατάλληλου πειραματικού σχεδίου

Θα πρέπει να επιλέγεται με βάση τους τελικούς στόχους, καθορίζοντας το εύρος και τον αριθμό των περιβαλλοντικών παραγόντων που πρόκειται να μελετηθούν. Αποτελεί σημαντικό βήμα διότι καθορίζει τον αριθμό των πειραμάτων που θα πραγματοποιηθούν, το συνδυασμό των παραγόντων και το πώς θα αναλυθούν και θα επεξεργασθούν τα δεδομένα.

— **3^ο βήμα:** Συλλογή δεδομένων μικροοργανισμών

Οι πιο κοινές διαδικασίες για την υλοποίηση του βήματος 3, είναι η καταμέτρηση σε τρυβλία και η μέτρηση της οπτικής πυκνότητας. Η πρώτη μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της άμεσης εκτίμησης των βιώσιμων κυττάρων, αλλά μειονεκτεί στο γεγονός ότι είναι αρκετά χρονοβόρα. Από την άλλη, η μέτρηση της οπτικής πυκνότητας είναι ταχύτερη και φθηνότερη μέθοδος, αλλά δεν παρέχει άμεσα πληροφορίες για με τη βιωσιμότητα των κυττάρων. Επιπλέον, υπάρχουν μέθοδοι που χρησιμοποιούν αυτόματες συσκευές για τη συλλογή των δεδομένων, όπως η κυτταρομετρία ροής που είναι η πιο άμεση από τις προηγούμενες δυο. Με τη μέθοδο αυτή, τα κύτταρα σημειώνονται με διαφορετικό φθοροχρώμα, παρέχοντας πληροφορίες (σε πραγματικό χρόνο) για την βιωσιμότητα των κυττάρων, είτε αυτά είναι ζωντανά, είτε νεκρά ή ακόμα και αν είναι βιώσιμα, αλλά μη-καλλιεργήσιμα.

— **4^ο βήμα:** Πρωτογενή μοντέλα

Ως «πρωτογενή», ονομάζονται τα μοντέλα που περιγράφουν την απόκριση των μικροοργανισμών σε ένα ενιαίο σύνολο συνθηκών, σε σχέση με το χρόνο

(Ross & Dalgaard, 2016). Ρόλος της πρωτογενούς μοντελοποίησης είναι να ληφθούν παράμετροι ανάπτυξης ή αναστολής των μικροβιακών πληθυσμών για κάθε μια από τις μεθόδους που καθορίστηκαν στο προηγούμενο βήμα, σε σχέση με το χρόνο. Ο μικροβιακός πληθυσμός μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου και η μεταβολή αυτή χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις: τη λανθάνουσα φάση, την εκθετική φάση, τη φάση στασιμότητας και τη φάση κάμψης ή θανάτου. Έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα σχετικά με την ανάπτυξη του μικροβιακού πληθυσμού για τις τρεις πρώτες φάσεις (λανθάνουσα, εκθετική, στασιμότητας), αλλά λίγα για τη φάση κάμψης ή θανάτου ή για το συνδυασμό της ανάπτυξης και της κάμψης.

— 5^ο βήμα: Δευτερογενή μοντέλα

Τα «δευτερογενή μοντέλα» περιγράφουν την επίδραση περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως τα φυσικά, χημικά και βιοτικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με τις παραμέτρους ενός πρωτογενούς μοντέλου (Ross & Dalgaard, 2016). Με άλλα λόγια, τα μοντέλα αυτά σχεδιάζονται βάσει παραμέτρων που έχουν υπολογισθεί με τη βοήθεια πρωτογενών μοντέλων και χρησιμοποιούνται για ποσοτικοποίηση αυτών των παραμέτρων, συναρτήσει των περιβαλλοντικών παραγόντων που περιλαμβάνονται στον πειραματικό σχεδιασμό. Για παράδειγμα, ο ρυθμός ανάπτυξης του μικροβιακού πληθυσμού υπολογίζεται σε διαφορετικές θερμοκρασίες με τη χρήση ενός πρωτογενούς μοντέλου και στη συνέχεια οι ρυθμοί ανάπτυξης που αντιστοιχούν στις διαφορετικές θερμοκρασίες προσαρμόζονται σε ένα δευτερογενές μοντέλο, έτσι ώστε η επίδραση της θερμοκρασίας να εκφραστεί ποσοτικά με μια μαθηματική εξίσωση, η οποία επιτρέπει στον τελικό χρήστη να προσδιορίσει το ρυθμό ανάπτυξης σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. (Λουλούδα, 2021).

— 6^ο βήμα: Επικύρωση μοντέλου

Πριν χρησιμοποιηθεί το μοντέλο σε μελέτες που αφορούν την ασφάλεια και ποιότητα του τροφίμου, θα πρέπει να αποδειχθεί ότι κάνει καλές προβλέψεις. Επιπλέον, το μοντέλο είναι έγκυρο μόνο για προβλέψεις στην περιβαλλοντική περιοχή, στην οποία αναπτύχθηκε. Τέλος, εάν το μοντέλο σχεδιάστηκε με

χρήση ενός μόνο στελέχους του μικροοργανισμού, θα ήταν χρήσιμο να επιβεβαιωθεί ότι τα αποτελέσματα μπορούν να προεκταθούν και για άλλα στελέχη του ίδιου μικροοργανισμού.

Ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο για προβλέψεις στη βιομηχανία τροφίμων αποτελεί η δημιουργία Τριτογενών Μοντέλων (Tertiary Models). Τα Μοντέλα αυτά αναπτύχθηκαν μέσω του επιτυχούς συνδυασμού των πρωτογενών και δευτερογενών μοντέλων που περιεγράφηκαν παραπάνω. Τα μοντέλα αυτά είναι αυτοματοποιημένα και ικανά να παρέχουν προβλέψεις για την ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών σε διάφορα συστήματα τροφίμων και σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν. Ο πίνακας που ακολουθεί, περιλαμβάνει σύντομη περιγραφή των πλέον δημοφιλών Τριτογενών Μοντέλων που είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο.

Πίνακας 5.1 Τριτογενή μοντέλα πρόρρησης

ΤΡΙΤΟΓΕΝΗ ΜΟΝΤΕΛΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ
Pathogen Modeling Program	Προβλέπει την ανάπτυξη και αναστολή τροφιμογενών βακτηρίων, κυρίως παθογόνων, σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, στα οικοσυστήματα των τροφίμων.	https://pmp.errc.ars.usda.gov/PMPOnline.aspx
Seafood Spoilage and Safety Predictor	Προβλέπει τη διάρκεια ζωής και τη βακτηριακή ανάπτυξη σε διάφορα νωπά και ελαφρώς συντηρημένα προϊόντα ιχθυηρών.	http://fssp.food.dtu.dk/
Risk Ranger	Εκτιμά τον κίνδυνο από διαφορετικούς συνδυασμούς προϊόντων, παθογόνων οργανισμών και επεξεργασιών μεταποίησης.	http://www.foodsafetycentre.com.au/risk-assessment.php
Risk Assessment Calculator (RAC)	Εκτιμά τη μικροβιακή συγκέντρωση και την πιθανότητα ασθένειας από παθογόνους οργανισμούς σε τρόφιμα και ειδικότερα σε προϊόντα κρέατος.	http://smas.chemeng.ntua.gr
MicroHibro	Προβλέπει την απόκριση και τον κίνδυνο παθογόνων μικροοργανισμών στο κρέας και σε προϊόντα λαχανικών.	www.microhibro.com
Sym'Previus	Βάση δεδομένων που περιλαμβάνει κινητική	www.symprevius.org

ανάπτυξης, επιβίωσης και θερμικής καταστροφής για τα κύρια είδη παθογόνων οργανισμών σε τρόφιμα.

ComBase

Παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πώς οι παθογόνοι και αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί ανταποκρίνονται στις αλλαγές περιβαλλοντικών συνθηκών, σε συνάρτηση με το χρόνο. Αφορά διάφορα τρόφιμα (ιχθυηρά, τυρί, λαχανικά, κλπ.).

<https://www.combase.cc>

Microbial Responses Viewer (MRV)

Δίνει τη δυνατότητα γρήγορης λήψης διαγραμμάτων ανάπτυξης / μη-ανάπτυξης 19 μικροοργανισμών σε διάφορα τρόφιμα. Τα διαγράμματα προκύπτουν από πραγματικά δεδομένα της βάσης ComBase.

<http://mrviewer.info/>

Πηγή: Arroyo-López et al. (2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ FSSP™ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ *L. MONOCYTOGENES* ΣΕ ΣΟΛΟΜΟ ΚΑΙ ΠΕΣΤΡΟΦΑ ΨΥΧΡΗΣ ΚΑΠΝΙΣΗΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας εκτιμήθηκε η ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes* σε σολομό και πέστροφα ψυχρής κάπνισης, σε επίπεδο λιανικής, και υπό διαφορετικά σενάρια συντήρησης. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP™ for Windows, version 4.0, July 2014), το οποίο προβλέπει την ανάπτυξη αλλοιογόνων και παθογόνων οργανισμών σε τρόφιμα. Το FSSP™ v. 4.0 (<http://fssp.food.dtu.dk/windowsdownload.aspx>), είναι ένα φιλικό προς τον χρήστη λογισμικό για την πρόβλεψη της επίδρασης σταθερών ή κυμαινόμενων θερμοκρασιών αποθήκευσης στη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Ειδικότερα, το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει:

- Τέσσερα εξειδικευμένα μοντέλα σχετικού ρυθμού αλλοίωσης (relative rate of spoilage, RRS), για συγκεκριμένα προϊόντα (product-specific).
- Τρία γενικά μοντέλα RRS.
- Τέσσερα μοντέλα μικροβιακής αλλοίωσης για συγκεκριμένα προϊόντα (product-specific).
- Ένα γενικό (generic model) μοντέλο για την πρόβλεψη της μικροβιακής ανάπτυξης και της διάρκειας ζωής.
- Ενότητες για τη σύγκριση των προβλέψεων από το FSSP, με δεδομένα των χρηστών για τη διάρκεια ζωής ή τη βακτηριακή ανάπτυξη.
- Μοντέλο πρόβλεψης της ανάπτυξης ψυχροανεκτικών *Lactobacillus* spp., σε ιχθυηρά και προϊόντα κρέατος, συντηρούμενα υπό ψύξη.
- Μοντέλα πρόβλεψης της ανάπτυξης των *Morganella psychrotolerans* και *Morganella morganii* και του σχηματισμού ισταμίνης.
- Μοντέλο πρόβλεψης του ρυθμού και των ορίων ανάπτυξης για την *L. monocytogenes*.

- Μοντέλα πρόβλεψης της ταυτόχρονης ανάπτυξης *Listeria monocytogenes* και οξυγαλακτικών βακτηρίων σε αλιευτικά προϊόντα, προϊόντα κρέατος και τυρί cottage, κατά τη συντήρηση υπό ψύξη.
- Εκτενές, γενικό μοντέλο για την πρόβλεψη της ανάπτυξης διαφορετικών μικροοργανισμών σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων, με βάση τις τιμές των βασικών παραμέτρων τους.

Τα χαρακτηριστικά του λογισμικού FSSP™ v. 4.0, συνοψίζονται στον Πίνακα 6.1. Ιδιαίτερα σημαντική για την υλοποίηση των στόχων της παρούσης εργασίας, υπήρξε η δυνατότητα του λογισμικού να εκτιμά την ανάπτυξη της *L. monocytogenes* σε έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα, όπως ο σολομός και η πέστροφα ψυχρής κάπνισης, τόσο ανεξάρτητα, όσο και σε συνθήκες ανταγωνισμού, από την παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων (LAB). Η δυνατότητα αυτή, σε συνδυασμό με την οριακή τιμή κυττάρων του παθογόνου που προβλέπει η Νομοθεσία για το προϊόν, κατά την κατανάλωση ($< 100 \text{ CFU g}^{-1}$), επιτρέπει την εκτίμηση της διάρκειας ζωής, με βάση τα εγγενή χαρακτηριστικά του προϊόντος (περιεκτικότητα NaCl στην υδατική φάση, pH, συγκέντρωση φαινολικών συστατικών καπνού και οργανικών οξέων, παρουσία ή μη νιτρικών αλάτων, κλπ.) και τις συνθήκες συντήρησης (θερμοκρασία, σύνθεση της ατμόσφαιρας εντός της συσκευασίας, παρουσία CO₂). Για τις ανάγκες της μελέτης έγινε εφαρμογή των επιμέρους μοντέλων “*Listeria monocytogenes in chilled seafood and meat products*” (Growth of *L. monocytogenes*) και “*Listeria monocytogenes and lactic acid bacteria (LAB)*” (Growth of *L. monocytogenes* and LAB in chilled seafood and meat products).



Εικόνα 6.1. Εμπορικό σήμα (trademark) του λογισμικού FSSP™ v. 4.0.

Πίνακας 6.1. Χαρακτηριστικά του λογισμικού FSSP™ v. 4.0

ΜΟΝΤΕΛΟ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
Αναφορές	<p>Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2007). Modeling and predicting the growth boundary of <i>Listeria monocytogenes</i> in lightly preserved seafood. <i>Journal of Food Protection</i>, 70 (1), 70-84.</p> <p>Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2009). Development and validation of an extensive growth and growth boundary model for <i>Listeria monocytogenes</i> in lightly preserved and ready-to-eat shrimp. <i>Journal of Food Protection</i>, 70 (10), 2132-2143.</p> <p>Mejlholm, O., Bøknæs, N. & Dalgaard, P. (2014). Development and evaluation of a stochastic model for potential growth of <i>Listeria monocytogenes</i> in naturally contaminated lightly preserved seafood. <i>Food Microbiology</i>, 45, 276-289.</p> <p>Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2015). Modelling the simultaneous growth of <i>Listeria monocytogenes</i> and lactic acid bacteria in seafood and mayonnaise-based seafood salads. <i>Food Microbiology</i>, 46, 1-14.</p>
Πρωτογενές μοντέλο ανάπτυξης	Λογιστικό μοντέλο με καθυστέρηση
Δευτερογενές μοντέλο ανάπτυξης	Απλοποιημένο μοντέλο βασικής παραμέτρου
Περιβαλλοντικές παράμετροι μοντέλου	<ul style="list-style-type: none"> – Θερμοκρασία – Ατμόσφαιρα (CO₂) – Αλάτι στην υδατική φάση (wps) / ενεργότητα ύδατος (a_w) – pH – Συστατικά καπνού (φαινόλες) – Νιτρώδη άλατα και οργανικά οξέα στην υδατική φάση του προϊόντος (οξικό οξύ/διοξικό ανιόν, βενζοϊκό οξύ, κιτρικό οξύ, γαλακτικό οξύ, σορβικό οξύ)
Έρευνες επικύρωσης μοντέλων	Το μοντέλο έχει επικυρωθεί εκτενώς χρησιμοποιώντας δεδομένα από προϊόντα τροφίμων "έτοιμα για κατανάλωση"
Εύρος εφαρμογής	<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">– Θερμοκρασία: 2 – 25°C <li style="width: 50%;">– Οξικό οξύ: 0 – 11000 ppm (wps) <li style="width: 50%;">– Ατμόσφαιρα: 0 – 100 % <li style="width: 50%;">– Βενζοϊκό οξύ: 0 – 1800 ppm (wps) <li style="width: 50%;">– Αλάτι (wps): 0,7 – 9,0 % <li style="width: 50%;">– Κιτρικό οξύ: 0 – 6500 ppm (wps) <li style="width: 50%;">– pH: 5,6 – 7,7 <li style="width: 50%;">– Διοξικά: 0 – 3800 ppm (wps) <li style="width: 50%;">– Φαινόλες: 0 – 20 ppm <li style="width: 50%;">– Γαλακτικό οξύ: 0 – 60000 ppm (wps) <li style="width: 50%;">– Νιτρώδη: 0 – 150 ppm <li style="width: 50%;">– Σορβικό οξύ: 0 – 1300 ppm (wps)

Πηγή: Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP)

ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΘΗΚΑΝ – ΕΓΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Προϊόντα

Τα μοντέλα πρόρρησης εφαρμόστηκαν σε έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα σολομού και πέστροφας ψυχρής κάπνισης (φιλέτα και φέτες), αλλά και σε νωπό σολομό και πέστροφα, κατά τη διατήρηση υπό ψύξη. Πρόκειται για προϊόντα ευρείας αποδοχής από το καταναλωτικό κοινό, με πολύ μεγάλη εμπορική και οικονομική σημασία. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, και μόνο, η παραγωγή σολομού ψυχρής κάπνισης κατά το έτος 2019 ανήλθε σε 175.000 μετρικούς τόνους, αντιπροσωπεύοντας μια εμπορική αξία της τάξης των 2,77 δισεκατομμυρίων ευρώ. Βάσει των δεδομένων αυτών, ο σολομός ψυχρής κάπνισης καταλαμβάνει κορυφαία θέση μεταξύ των αλιευτικών προϊόντων στην Ε.Ε. (EUMOFA, 2020. EUMOFA Database).



Εικόνα 6.2. Προϊόντα σολομού και πέστροφας ψυχρής κάπνισης

Εγγενείς παράμετροι και συνθήκες συντήρησης

Οι τιμές wps και pH που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα πρόρρησης για τα υπό μελέτη προϊόντα, δίδονται κατωτέρω. Οι τιμές που αφορούν τα προϊόντα ψυχρής κάπνισης αποτελούν μέσους όρους ικανού αριθμού αναλυτικών προσδιορισμών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Ιχθυηρών (Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, ΠΑ.Δ.Α.), σε ευρείας κυκλοφορίας προϊόντα σολομού και πέστροφας της ελληνικής αγοράς (Ζουλλιέν & Θωμάτου, 2020. Καντσιούλης & Κυπριζιλιάν, 2008). Για τα νωπά ιχθυηρά, υιοθετήθηκαν οι προεπιλεγμένες τιμές wps και pH του μοντέλου.

Φυσικοχημικές παράμετροι προϊόντων

- Καπνιστός σολομός (φέτες)
 - $w_{ps} = 5,0$
 - $pH = 5,83$
- Καπνιστή πέστροφα (φιλέτα)
 - $w_{ps} = 5,7$
 - $pH = 6,25$
- Νωπός σολομός – Νωπή πέστροφα
 - $w_{ps} = 1\%$
 - $pH = 6,5$

Η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* στα ανωτέρω προϊόντα, μελετήθηκε στην περιοχή θερμοκρασιών 0 – 10°C, για χρόνους που κυμάνθηκαν από 1 έως 14 ημέρες και σε ατμόσφαιρες με διαφορετική περιεκτικότητα σε CO₂ (0 – 80%). Αναφορικά με τον αρχικό πληθυσμό *L. monocytogenes* στα προϊόντα, υιοθετήθηκε η υπόθεση για παρουσία ενός κυττάρου του παθογόνου ανά γραμμάριο προϊόντος (1 CFU g⁻¹) που αποτελεί την προεπιλεγμένη τιμή του μοντέλου (default value). Ομοίως, για τη συγκέντρωση του προϊόντος σε συστατικά του καπνού με αντιβακτηριακές ιδιότητες, όπως οι φαινόλες, υιοθετήθηκε η προεπιλεγμένη τιμή του μοντέλου (10 ppm).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου, για τους διάφορους συνδυασμούς θερμοκρασίας και συγκέντρωσης CO₂ στη συσκευασία των προϊόντων, παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων. Δεδομένου ότι σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 2073/2005 η συγκέντρωση της *L. monocytogenes* στα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 100 CFU g⁻¹ (ή την τιμή 2 log CFU g⁻¹) κατά τη στιγμή της κατανάλωσης, ο χρόνος που απαιτείται για να αυξηθεί ο μικροοργανισμός στο επίπεδο αυτό αντιπροσωπεύει τη μέγιστη διάρκεια ζωής του προϊόντος στις δεδομένες συνθήκες. Παράγοντες που επιβραδύνουν το ρυθμό αύξησης του παθογόνου στο προϊόν, επιτυγχάνουν παράταση της διάρκειας ζωής.

Νωπός σολομός – Νωπή πέστροφα (αερόβια συντήρηση)

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πρόρρησης της ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε νωπό σολομό και νωπή πέστροφα, κατά τη διατήρηση υπό ψύξη (0-5°C), σε αερόβιες συνθήκες. Τα δεδομένα αφορούν και τα δυο είδη, αφού οι τιμές pH (6,5) και wps (1%) που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο ήταν κοινές. Ως γνωστό, τα μη-μεταποιημένα (νωπά) προϊόντα είναι εν γένει πολύ πιο επιρρεπή σε μικροβιακές αλλοιώσεις, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης παθογόνων οργανισμών, σε σχέση με προϊόντα, τα οποία υφίστανται επεξεργασίες συντήρησης, π.χ., κάπνιση. Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 6.2, η υπέρβαση του θεσπισμένου για την *L. monocytogenes* ορίου των 100 CFU g⁻¹, κατά τη συντήρηση των νωπών ιχθυηρών στους 3°C δεν εμφανίστηκε στη διάρκεια των 14 ημερών, ενώ στους 4°C και 5°C, εμφανίστηκε μετά από 13 και 10 ημέρες, αντίστοιχα, δηλαδή πολύ νωρίτερα απ' ότι στα προϊόντα ψυχρής κάπνισης (Βλέπε Πίνακες 6.3 και 6.9). Με βάση την αισθητηριακή αξιολόγηση (ποσοτική περιγραφική ανάλυση, QDA) της μαγειρεμένης σάρκας σολομού του Ατλαντικού, η μέγιστη διάρκεια ζωής του ψαριού κατά τη συντήρηση σε πάγο (0°C) ανέρχεται σε 20–21 ημέρες (Sveinsdottir et al., 2002. Sveinsdottir et al., 2003).

Πίνακας 6.2. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση νωπού σολομού και νωπής πέστροφας σε αερόβιες συνθήκες για 14 ημέρες

Θερμοκρασία Ημέρα	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)					
1 ^η	0,00	0,00	0,08	0,12	0,16	0,21
2 ^η	0,00	0,00	0,16	0,24	0,32	0,43
3 ^η	0,00	0,00	0,24	0,35	0,49	0,64
4 ^η	0,00	0,00	0,32	0,47	0,65	0,85
5 ^η	0,00	0,00	0,41	0,59	0,81	1,07
6 ^η	0,00	0,00	0,49	0,71	0,97	1,28
7 ^η	0,00	0,00	0,57	0,83	1,14	1,49
8 ^η	0,00	0,00	0,65	0,95	1,30	1,71
9 ^η	0,00	0,00	0,73	1,06	1,46	1,92
10 ^η	0,00	0,00	0,81	1,18	1,62	2,13
11 ^η	0,00	0,00	0,89	1,30	1,78	2,35
12 ^η	0,00	0,00	0,97	1,42	1,95	2,56
13 ^η	0,00	0,00	1,05	1,54	2,11	2,77
14 ^η	0,00	0,00	1,14	1,66	2,27	2,99

Σύμφωνα με το μοντέλο αλλοίωσης της τετραγωνικής ρίζας ($RRS = [0,1 \times \theta^{\circ C} + 1]^2$), ο σχετικός ρυθμός αλλοίωσης (relative rate of spoilage, RRS) στους 4°C είναι 1,96 (≈ 2) και ως εκ τούτου η διάρκεια ζωής των δυο ιχθυηρών μειώνεται στις 10 ημέρες, περίπου (υποδιπλασιάζεται). Συνεπώς, κατά τη λήξη τους, τα δυο ιχθυηρά θα μπορούσαν να ενέχουν σημαντικό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, εάν επρόκειτο να καταναλωθούν ωμά (π.χ., ως sushi ή sashimi), αφού από την 9^η ήδη ημέρα ο πληθυσμός της *L. monocytogenes* φαίνεται να υπερβαίνει την οριακή τιμή 2 log CFU g⁻¹. Ωστόσο, για αυτές τις κατηγορίες προϊόντων χρησιμοποιούνται ψάρια κατά το πρώιμο στάδιο συντήρησης και ως εκ τούτου σε άριστη κατάσταση φρεσκότητας (ισοδύναμο παραμονής σε πάγο όχι μεγαλύτερο από 2-3 ημέρες), με αποτέλεσμα να εκλείπει ο κίνδυνος.

Καπνιστός σολομός σε φέτες

Η επίδραση της θερμοκρασίας και της διάρκειας συντήρησης του σολομού ψυχρής κάπνισης στην ανάπτυξη της *L. monocytogenes*, τόσο σε αερόβιες συνθήκες, όσο και σε περιβάλλον τροποποιημένης ατμόσφαιρας (0 – 80% CO₂), παρουσιάζεται στους Πίνακες 6.3 – 6.7. Οι τιμές log CFU g⁻¹ δίδονται με ακρίβεια δυο δεκαδικών ψηφίων. Οι περιοχές των Πινάκων που φέρουν σκίαση, υποδηλώνουν ακατάλληλα (για ανθρώπινη κατανάλωση) προϊόντα, σύμφωνα με το κριτήριο που έχει θεσπίσει ο Κανονισμός (ΕΚ) 2073/2005 για τα επίπεδα της *L. monocytogenes* (όχι περισσότερα από 100 κύτταρα του παθογόνου ανά γραμμάριο προϊόντος ή log CFU g⁻¹ < 2,0).

Συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες

Τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.3 δείχνουν σταθερή αύξηση του πληθυσμού του παθογόνου κατά τη διάρκεια της συντήρησης, η οποία επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, όταν το προϊόν διατηρείται στους 2°C για 14 ημέρες, τα επίπεδα του μικροοργανισμού αυξάνουν σε 0,67 log CFU g⁻¹ (< 2 log CFU g⁻¹), γεγονός που υποδεικνύει διάρκεια ζωής μεγαλύτερη των δυο εβδομάδων. Στους 6°C, η ίδια πυκνότητα κυττάρων παρατηρείται μεταξύ 4^{ης} και 5^{ης} ημέρας συντήρησης και η διάρκεια ζωής του προϊόντος μειώνεται σε 12 ημέρες. Κατά τη διατήρηση στους

10°C, το προϊόν χαρακτηρίζεται ακατάλληλο ήδη από την 6^η ημέρα συντήρησης, αφού ο πληθυσμός του παθογόνου υπερβαίνει το όριο των 100 CFU g⁻¹ προϊόντος.

Πίνακας 6.3. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση σολομού ψυχρής κάπνισης σε αερόβιες συνθήκες (0% CO₂) για 14 ημέρες

Θερμοκρασία Ημέρα	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,05	0,07	0,10	0,13	0,16	0,20	0,24	0,29	0,34
2 ^η	0,10	0,14	0,19	0,25	0,32	0,40	0,48	0,58	0,68
3 ^η	0,14	0,21	0,29	0,38	0,48	0,60	0,72	0,86	1,02
4 ^η	0,19	0,28	0,38	0,50	0,64	0,80	0,97	1,15	1,35
5 ^η	0,24	0,35	0,48	0,63	0,80	0,99	1,21	1,44	1,69
6 ^η	0,29	0,42	0,58	0,76	0,96	1,19	1,45	1,73	2,03
7 ^η	0,33	0,49	0,67	0,88	1,12	1,39	1,69	2,02	2,37
8 ^η	0,38	0,56	0,77	1,01	1,28	1,59	1,93	2,30	2,71
9 ^η	0,43	0,63	0,86	1,14	1,44	1,79	2,17	2,59	3,05
10 ^η	0,48	0,70	0,96	1,26	1,60	1,99	2,41	2,88	3,39
11 ^η	0,52	0,77	1,06	1,39	1,76	2,19	2,65	3,17	3,73
12 ^η	0,57	0,84	1,15	1,51	1,93	2,39	2,90	3,46	4,06
13 ^η	0,62	0,91	1,25	1,64	2,09	2,58	3,14	3,74	4,40
14 ^η	0,67	0,98	1,34	1,77	2,25	2,78	3,38	4,03	4,74

Συντήρηση σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (20 – 80% CO₂)

Πίνακας 6.4. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση σολομού ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 20% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία Ημέρα	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,17	0,20	0,24	0,29
2 ^η	0,07	0,11	0,16	0,21	0,27	0,33	0,41	0,49	0,58
3 ^η	0,11	0,17	0,23	0,31	0,40	0,50	0,61	0,73	0,86
4 ^η	0,15	0,23	0,31	0,41	0,53	0,66	0,81	0,97	1,15
5 ^η	0,18	0,28	0,39	0,52	0,66	0,83	1,01	1,22	1,44
6 ^η	0,22	0,34	0,47	0,62	0,80	0,99	1,22	1,46	1,73
7 ^η	0,25	0,40	0,55	0,73	0,93	1,16	1,42	1,71	2,01
8 ^η	0,29	0,45	0,63	0,83	1,06	1,33	1,62	1,95	2,30
9 ^η	0,33	0,51	0,70	0,93	1,20	1,49	1,82	2,19	2,59
10 ^η	0,36	0,57	0,78	1,04	1,33	1,66	2,03	2,43	2,88
11 ^η	0,40	0,62	0,86	1,14	1,46	1,82	2,23	2,67	3,16
12 ^η	0,44	0,68	0,94	1,24	1,59	1,99	2,43	2,92	3,45
13 ^η	0,47	0,74	1,02	1,35	1,73	2,16	2,63	3,16	3,74
14 ^η	0,51	0,79	1,10	1,45	1,86	2,32	2,84	3,40	4,03

Πίνακας 6.5. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση σολομού ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 40% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
Ημέρα	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,24
2 ^η	0,04	0,08	0,12	0,16	0,21	0,27	0,33	0,40	0,47
3 ^η	0,07	0,12	0,18	0,24	0,32	0,40	0,49	0,59	0,71
4 ^η	0,09	0,16	0,24	0,33	0,42	0,53	0,65	0,79	0,95
5 ^η	0,11	0,20	0,30	0,41	0,53	0,66	0,82	0,99	1,18
6 ^η	0,13	0,24	0,36	0,49	0,63	0,80	0,98	1,19	1,42
7 ^η	0,16	0,28	0,42	0,57	0,74	0,93	1,15	1,39	1,66
8 ^η	0,18	0,32	0,49	0,65	0,84	1,06	1,31	1,59	1,89
9 ^η	0,20	0,36	0,55	0,73	0,95	1,19	1,47	1,78	2,13
10 ^η	0,22	0,40	0,61	0,81	1,05	1,33	1,64	1,98	2,37
11 ^η	0,25	0,44	0,67	0,89	1,16	1,46	1,80	2,18	2,60
12 ^η	0,27	0,48	0,73	0,98	1,26	1,59	1,96	2,38	2,84
13 ^η	0,29	0,52	0,79	1,06	1,37	1,73	2,13	2,58	3,08
14 ^η	0,31	0,56	0,85	1,14	1,47	1,86	2,29	2,78	3,31

Πίνακας 6.6. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση σολομού ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 60% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
Ημέρα	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,01	0,02	0,03	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,19
2 ^η	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,31	0,37
3 ^η	0,02	0,06	0,10	0,17	0,23	0,30	0,37	0,46	0,56
4 ^η	0,03	0,08	0,14	0,23	0,31	0,40	0,50	0,61	0,74
5 ^η	0,04	0,09	0,17	0,28	0,39	0,50	0,62	0,77	0,93
6 ^η	0,05	0,11	0,21	0,34	0,47	0,60	0,75	0,92	1,11
7 ^η	0,05	0,13	0,24	0,39	0,54	0,70	0,87	1,07	1,30
8 ^η	0,06	0,15	0,28	0,45	0,62	0,80	1,00	1,23	1,48
9 ^η	0,07	0,17	0,31	0,51	0,70	0,90	1,12	1,38	1,67
10 ^η	0,08	0,19	0,35	0,56	0,78	1,00	1,25	1,53	1,86
11 ^η	0,08	0,21	0,38	0,62	0,85	1,10	1,37	1,69	2,04
12 ^η	0,09	0,23	0,42	0,68	0,93	1,20	1,50	1,84	2,23
13 ^η	0,10	0,24	0,45	0,73	1,01	1,30	1,62	2,00	2,41
14 ^η	0,11	0,26	0,49	0,79	1,09	1,40	1,75	2,15	2,60

Πίνακας 6.7. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση σολομού ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 80% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
Ημέρα	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13
2 ^η	0,00	0,00	0,02	0,04	0,08	0,13	0,17	0,22	0,27
3 ^η	0,00	0,00	0,03	0,06	0,12	0,19	0,26	0,33	0,40
4 ^η	0,00	0,00	0,03	0,08	0,16	0,25	0,34	0,43	0,54
5 ^η	0,00	0,00	0,04	0,11	0,20	0,31	0,43	0,54	0,67
6 ^η	0,00	0,00	0,05	0,13	0,23	0,38	0,52	0,65	0,81
7 ^η	0,00	0,00	0,06	0,15	0,27	0,44	0,60	0,76	0,94
8 ^η	0,00	0,00	0,07	0,17	0,31	0,50	0,69	0,87	1,08
9 ^η	0,00	0,00	0,08	0,19	0,35	0,56	0,77	0,98	1,21
10 ^η	0,00	0,00	0,09	0,21	0,39	0,63	0,86	1,09	1,35
11 ^η	0,00	0,00	0,09	0,23	0,43	0,69	0,95	1,20	1,48
12 ^η	0,00	0,00	0,10	0,25	0,47	0,75	1,03	1,30	1,61
13 ^η	0,00	0,00	0,11	0,28	0,51	0,81	1,12	1,41	1,75
14 ^η	0,00	0,00	0,12	0,30	0,55	0,88	1,20	1,52	1,88

Τα δεδομένα των Πινάκων 6.4 – 6.7 δείχνουν σαφώς ότι η συσκευασία του σολομού ψυχρής κάπνισης σε CO₂ – τροποποιημένη (προστατευτική) ατμόσφαιρα περιορίζει το ρυθμό ανάπτυξης της *L.monocytogenes* και ως εκ τούτου θα μπορούσε να αντισταθμίσει τις απώλειες διάρκειας ζωής από τυχόν σύντομες υπερβάσεις της θερμοκρασίας κατά τη συντήρηση, διανομή και έκθεση του προϊόντος προς πώληση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου πρόρρησης, η παρουσία CO₂ στην ατμόσφαιρα της συσκευασίας του προϊόντος, σε αναλογία 20%, 40%, 60% και 80%, αύξησε τη διάρκεια ζωής στους 10°C κατά 1, 3, 5 και 9-10 ημέρες, αντίστοιχα. Στις συνήθεις θερμοκρασίες συντήρησης καπνιστών ιχθυηρών (2-5°C), και με κριτήριο την ασφάλεια RTE-προϊόντων έναντι του κινδύνου της *L. monocytogenes*, η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα με 40% CO₂ μπορεί να εξασφαλίσει διάρκεια ζωής που κυμαίνεται από 3 εβδομάδες (5°C) έως και πλέον των 6 εβδομάδων (2°C). Εντούτοις, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι σε συσκευασίες με υψηλή αναλογία διοξειδίου του άνθρακα, ο σχηματισμός ανθρακικού οξέος (λόγω διάλυσης μέρους του αερίου στα κυτταρικά υγρά) μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση του pH των μυϊκών μαζών, με δυσμενείς επιπτώσεις για τη φυσικοχημική κατάσταση των πρωτεϊνών και την οργανοληπτική ποιότητα του προϊόντος. Σε προϊόντα ψυχρής

κάπνισης, με σχετικά υψηλά ποσοστά υγρασίας, η απορρόφηση μεγάλης ποσότητας CO₂ μπορεί επίσης να οδηγήσει σε «κατάρρευση» της συσκευασίας, λόγω δραστηκής μείωσης της εσωτερικής πίεσης. Οι προβλέψεις του μοντέλου για τη διάρκεια ζωής του σολομού ψυχρής κάπνισης σε διαφορετικά σενάρια συντήρησης συνοψίζονται στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 6.8. Διάρκεια ζωής καπνιστού σολομού, σε διαφορετικά σενάρια συντήρησης (θ^οC, %CO₂), βάσει του κριτηρίου για την *L. monocytogenes* (< 2 log CFU g⁻¹)

Θερμοκρασία συντήρησης σε επίπεδο λιανικής (°C)	Διάρκεια ζωής (ημέρες)				
	Περιεκτικότητα σε CO ₂ (%)				
	0	20	40	60	80
2	40	> 40	> 40	> 40	> 40
4	20,8	25,5	33,0	> 40	> 40
6	12,5	15,1	19,0	25,8	> 40
8	8,3	9,9	12,2	16,0	23,2
10	5,9	7,0	8,5	10,8	14,9

Καπνιστή πέστροφα σε φιλέτα

Συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες

Πίνακας 6.9. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση πέστροφας ψυχρής κάπνισης σε αερόβιες συνθήκες (0% CO₂) για 14 ημέρες

Θερμοκρασία Ημέρα	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,04	0,07	0,10	0,13	0,16	0,20	0,24	0,229	0,34
2 ^η	0,09	0,14	0,19	0,25	0,32	0,39	0,48	0,57	0,67
3 ^η	0,13	0,21	0,29	0,38	0,48	0,59	0,72	0,86	1,01
4 ^η	0,18	0,28	0,38	0,50	0,64	0,79	0,96	1,14	1,35
5 ^η	0,22	0,35	0,48	0,63	0,80	0,99	1,20	1,43	1,68
6 ^η	0,27	0,42	0,57	0,75	0,96	1,18	1,44	1,72	2,02
7 ^η	0,31	0,49	0,67	0,88	1,12	1,38	1,68	2,00	2,35
8 ^η	0,36	0,56	0,76	1,00	1,27	1,58	1,92	2,29	2,69
9 ^η	0,40	0,63	0,86	1,13	1,43	1,78	2,16	2,57	3,03
10 ^η	0,45	0,69	0,95	1,25	1,59	1,97	2,40	2,86	3,36
11 ^η	0,49	0,76	1,05	1,38	1,75	2,17	2,64	3,15	3,70
12 ^η	0,54	0,83	1,14	1,50	1,91	2,37	2,88	3,43	4,04
13 ^η	0,58	0,90	1,24	1,63	2,07	2,57	3,12	3,72	4,37
14 ^η	0,62	0,97	1,33	1,75	2,23	2,76	3,36	4,00	4,71

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.9 (καπνιστή πέστροφα) και 6.3 (καπνιστός σολομός), μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το μοτίβο ανάπτυξης της *L. monocytogenes* στα δυο προϊόντα, κατά τη συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες, δεν παρουσιάζει ουσιώδεις διαφορές. Οι διαφορές στις τιμές pH (6,25 στην πέστροφα, έναντι τιμής 5,83 στον σολομό) και wps (5,7 στην πέστροφα, έναντι τιμής 5,0 στον σολομό), δεν φάνηκε να επηρεάζουν το ρυθμό ανάπτυξης της *L. monocytogenes*. Λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές log CFU g⁻¹ κατά τη 14^η ημέρα συντήρησης, προκύπτει ότι τα δυο προϊόντα έχουν παραπλήσια διάρκεια ζωής, σε όλες τις θερμοκρασίες που μελετήθηκαν. Ειδικότερα, στις χαμηλότερες θερμοκρασίες (2-4°C) η διάρκεια ζωής των προϊόντων υπερβαίνει σημαντικά τις δυο εβδομάδες, ενώ σε συνθήκες υπέρβασης των τυπικών θερμοκρασιών συντήρησης (π.χ. στους 7-10°C), η διάρκεια ζωής μειώνεται από τις 10 ημέρες, στις 5 ημέρες, αντίστοιχα.

Συντήρηση σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (20 – 80% CO₂)

Πίνακας 6.10. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση πέστροφας ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 20% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
Ημέρα	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,03	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20	0,24	0,29
2 ^η	0,07	0,11	0,16	0,21	0,26	0,33	0,40	0,48	0,57
3 ^η	0,10	0,17	0,23	0,31	0,40	0,49	0,60	0,72	0,86
4 ^η	0,14	0,22	0,31	0,41	0,53	0,66	0,80	0,97	1,14
5 ^η	0,17	0,28	0,39	0,52	0,66	0,82	1,01	1,21	1,43
6 ^η	0,20	0,34	0,47	0,62	0,79	0,99	1,21	1,45	1,71
7 ^η	0,24	0,40	0,54	0,72	0,92	1,15	1,41	1,69	2,00
8 ^η	0,27	0,45	0,62	0,82	1,06	1,32	1,61	1,93	2,29
9 ^η	0,31	0,51	0,70	0,93	1,19	1,48	1,81	2,17	2,57
10 ^η	0,34	0,56	0,78	1,03	1,32	1,65	2,01	2,41	2,86
11 ^η	0,37	0,62	0,86	1,13	1,45	1,81	2,21	2,66	3,14
12 ^η	0,41	0,67	0,93	1,24	1,58	1,98	2,41	2,90	3,43
13 ^η	0,44	0,73	1,01	1,34	1,72	2,14	2,61	3,14	3,71
14 ^η	0,48	0,79	1,09	1,44	1,85	2,30	2,82	3,38	4,00

Πίνακας 6.11. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση πέστροφας ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 40% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία Ημέρα	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)									
1 ^η	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20	0,24
2 ^η	0,04	0,07	0,12	0,16	0,21	0,26	0,33	0,40	0,47
3 ^η	0,06	0,11	0,18	0,24	0,31	0,40	0,49	0,59	0,70
4 ^η	0,08	0,15	0,24	0,32	0,42	0,53	0,65	0,79	0,94
5 ^η	0,10	0,19	0,30	0,40	0,52	0,66	0,81	0,98	1,17
6 ^η	0,12	0,22	0,36	0,48	0,63	0,79	0,98	1,18	1,41
7 ^η	0,14	0,26	0,42	0,57	0,73	0,92	1,14	1,38	1,64
8 ^η	0,16	0,30	0,48	0,65	0,84	1,05	1,30	1,58	1,88
9 ^η	0,18	0,34	0,54	0,73	0,94	1,19	1,46	1,77	2,11
10 ^η	0,20	0,37	0,60	0,81	1,05	1,32	1,63	1,97	2,35
11 ^η	0,23	0,41	0,66	0,89	1,15	1,45	1,79	2,17	2,58
12 ^η	0,25	0,45	0,72	0,97	1,25	1,58	1,95	2,36	2,82
13 ^η	0,27	0,49	0,78	1,05	1,36	1,71	2,11	2,56	3,05
14 ^η	0,29	0,52	0,84	1,13	1,46	1,85	2,28	2,76	3,29

Πίνακας 6.12. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση πέστροφας ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 60% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία Ημέρα	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)									
1 ^η	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18
2 ^η	0,01	0,03	0,06	0,11	0,15	0,20	0,25	0,30	0,37
3 ^η	0,02	0,05	0,10	0,16	0,23	0,30	0,37	0,46	0,55
4 ^η	0,03	0,07	0,13	0,21	0,31	0,40	0,50	0,61	0,74
5 ^η	0,03	0,08	0,16	0,27	0,39	0,49	0,62	0,76	0,92
6 ^η	0,04	0,10	0,19	0,32	0,46	0,59	0,74	0,91	1,11
7 ^η	0,04	0,12	0,23	0,37	0,54	0,69	0,87	1,07	1,29
8 ^η	0,05	0,14	0,26	0,43	0,62	0,79	0,99	1,22	1,47
9 ^η	0,06	0,15	0,29	0,48	0,69	0,89	1,12	1,37	1,66
10 ^η	0,06	0,17	0,32	0,53	0,77	0,99	1,24	1,52	1,84
11 ^η	0,07	0,19	0,36	0,59	0,85	1,09	1,36	1,68	2,03
12 ^η	0,08	0,20	0,39	0,64	0,93	1,19	1,49	1,83	2,21
13 ^η	0,08	0,22	0,42	0,69	1,00	1,29	1,61	1,98	2,40
14 ^η	0,09	0,24	0,45	0,75	1,08	1,39	1,74	2,13	2,58

Πίνακας 6.13. Ανάπτυξη *L. monocytogenes* (log CFU/g) κατά τη συντήρηση πέστροφας ψυχρής κάπνισης σε ατμόσφαιρα 80% CO₂ για 14 ημέρες

Θερμοκρασία Ημέρα	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
	Ανάπτυξη <i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)								
1 ^η	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13
2 ^η	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27
3 ^η	0,00	0,00	0,02	0,06	0,11	0,18	0,26	0,32	0,40
4 ^η	0,00	0,00	0,03	0,08	0,15	0,24	0,34	0,43	0,53
5 ^η	0,00	0,00	0,03	0,10	0,18	0,30	0,43	0,54	0,67
6 ^η	0,00	0,00	0,04	0,11	0,22	0,36	0,51	0,65	0,80
7 ^η	0,00	0,00	0,05	0,13	0,25	0,42	0,60	0,76	0,94
8 ^η	0,00	0,00	0,05	0,15	0,29	0,47	0,68	0,86	1,07
9 ^η	0,00	0,00	0,06	0,17	0,33	0,53	0,77	0,97	1,20
10 ^η	0,00	0,00	0,07	0,19	0,36	0,59	0,85	1,08	1,34
11 ^η	0,00	0,00	0,08	0,21	0,40	0,65	0,94	1,19	1,47
12 ^η	0,00	0,00	0,08	0,23	0,44	0,71	1,03	1,29	1,60
13 ^η	0,00	0,00	0,09	0,25	0,47	0,77	1,11	1,40	1,74
14 ^η	0,00	0,00	0,10	0,27	0,51	0,83	1,20	1,51	1,87

Όπως διαπιστώθηκε και στην περίπτωση του σολομού, η συσκευασία της καπνιστής πέστροφας σε CO₂ – τροποποιημένη ατμόσφαιρα οδήγησε σε σημαντική παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Από τη σύγκριση των δεδομένων που παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.4-6.7 (καπνιστός σολομός) και 6.10-6.13 (καπνιστή πέστροφα), δεν διαπιστώνονται ουσιαστικές διαφορές όσον αφορά τη διάρκεια ζωής των προϊόντων, όταν αυτά διατηρούνται στις ίδιες συνθήκες. Η παρουσία, στην ατμόσφαιρα του συσκευασμένου προϊόντος, διοξειδίου του άνθρακα σε αναλογία ≥ 40%, μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου της *L. monocytogenes*, επιτρέποντας στο προϊόν να παραμένει ασφαλές εντός της αναγραφόμενης στη συσκευασία διάρκειας ζωής, ακόμα και σε περιπτώσεις που διαπιστώνονται σύντομες υπερβάσεις των συνιστώμενων (από τον παρασκευαστή) θερμοκρασιών συντήρησης. Σε επίπεδο λιανικής πώλησης, έχει διαπιστωθεί ότι οι θερμοκρασίες διατήρησης κυμαίνονται συχνά από 7°C έως 10°C, ενώ πολλά οικιακά ψυγεία (ποσοστό έως και 20%) λειτουργούν σε θερμοκρασίες άνω των 10°C, γεγονός που υποδεικνύει πιθανότητα καταχρηστικών υπερβάσεων ακόμα και σε επίπεδο καταναλωτή (Peck, 2006.).

Στον Πίνακα που ακολουθεί, συνοψίζονται οι προβλεπόμενες από το μοντέλο πρόρρησης διάρκειες ζωής του προϊόντος, υπό διαφορετικά σενάρια συντήρησης. Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι η διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών σε όλο το μήκος της ψυχρής αλυσίδας αποτελεί μακράν το σημαντικότερο μέσο για τον έλεγχο του κινδύνου της *L. monocytogenes*.

Πίνακας 6.14. Διάρκεια ζωής καπνιστής πέστροφας, σε διαφορετικά σενάρια συντήρησης (θ°C, %CO₂), βάσει του κριτηρίου για την *L. monocytogenes* (< 2 log CFU g⁻¹)

Θερμοκρασία συντήρησης σε επίπεδο λιανικής (°C)	Διάρκεια ζωής (ημέρες)				
	Περιεκτικότητα σε CO ₂ (%)				
	0	20	40	60	80
2	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
4	20,98	25,72	33,27	> 40	> 40
6	12,55	15,16	19,13	25,93	> 40
8	8,35	9,94	12,3	16,13	23,4
10	5,95	7	8,51	10,85	14,97

Από τη σύγκριση των δεδομένων των Πινάκων 6.8 και 6.14 προκύπτει ότι οι διαφορές των τιμών pH και wps των δυο προϊόντων δεν φάνηκε να επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής, κατά τη συντήρηση στις ίδιες συνθήκες. Στον καπνιστό σολομό, η τιμή του pH (5,83) προσφέρει ισχυρότερη μικροβιακή αναστολή, απ' ότι η τιμή του pH της πέστροφας (6,25), ενώ το αντίθετο συμβαίνει στην περίπτωση της τιμής wps (5,0 στον σολομό, 5,7 στην πέστροφα). Ωστόσο, η σημασία αυτών των διαφορών, σε ότι αφορά την ανασταλτική τους δράση έναντι του παθογόνου, δεν είναι εύκολο να αξιολογηθεί, αφού η *L. monocytogenes* έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται εντός μεγάλου εύρους τιμών pH (4,4 – 9,4) και wps (έως και 10%).

Ανάπτυξη *L. monocytogenes* παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου ταυτόχρονης ανάπτυξης *L. monocytogenes* και LAB, με σκοπό να εκτιμηθεί η ανταγωνιστική δράση ψυχρότροφων γαλακτοβακίλων, έναντι της *L. monocytogenes*. Το μοντέλο εφαρμόστηκε σε ακραία σενάρια θερμοκρασίας (10°C), στα οποία διαπιστώνεται ταχύς ρυθμός ανάπτυξης του παθογόνου, καθώς και σε θερμοκρασίες 2°C (βέλτιστο σενάριο συντήρησης σε επίπεδο λιανικής) και 5°C (σύνηθες σενάριο συντήρησης), για διάστημα 14 ημερών. Επιπλέον, επελέγησαν συνθήκες αερόβιας συντήρησης και συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα με υψηλά επίπεδα CO₂ (80%). Για τη μελέτη της ανταγωνιστικής δράσης των γαλακτικών βακτηρίων εφαρμόστηκαν αρχικές συγκεντρώσεις 10³ – 10⁴ CFU g⁻¹. Τα δεδομένα που προέκυψαν παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.15 – 6.18 (καπνιστός σολομός), 6.19 – 6.22 (καπνιστή πέστροφα).

Καπνιστός σολομός

Πίνακας 6.15. Ρυθμός ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε καπνιστό σολομό, παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων: αρχικός πληθυσμός LAB 10³ CFU g⁻¹, αερόβιες συνθήκες (0% CO₂)

Ημέρα	Θερμοκρασία συντήρησης					
	2°C		5°C		10°C	
	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB
1 ^η	0,05	3,15	0,13	3,30	0,34	3,67
2 ^η	0,10	3,30	0,25	3,60	0,68	4,33
3 ^η	0,14	3,45	0,38	3,90	1,02	5,00
4 ^η	0,19	3,60	0,50	4,20	1,35	5,66
5 ^η	0,24	3,75	0,63	4,50	1,69	6,33
6 ^η	0,29	3,90	0,76	4,81	2,03	6,98
7 ^η	0,33	4,05	0,88	5,11	2,34	7,61
8 ^η	0,38	4,20	1,01	5,41	2,60	8,11
9 ^η	0,43	4,35	1,14	5,71	2,74	8,38
10 ^η	0,48	4,50	1,26	6,01	2,78	8,47
11 ^η	0,52	4,66	1,39	6,31	2,79	8,49
12 ^η	0,57	4,81	1,51	6,60	2,80	8,50
13 ^η	0,62	4,96	1,64	6,90	2,80	8,50
14 ^η	0,67	5,11	1,76	7,19	2,80	8,50

Από τη σύγκριση των δεδομένων των Πινάκων 6.15 και 6.3, προκύπτει ότι η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* επιβραδύνθηκε σημαντικά μόνο σε προχωρημένο στάδιο συντήρησης, όταν η συγκέντρωση των LAB ήταν πολύ υψηλή ($\geq 10^8$ CFU g⁻¹). Στους 2°C και 5°C δεν προέκυψε ουσιαστική διαφορά στα επίπεδα του παθογόνου μέχρι και την 14^η ημέρα συντήρησης (συγκέντρωση LAB < 10⁸ CFU g⁻¹), αλλά ούτε κατά το πρώτο ήμισυ του ακραίου σεναρίου αποθήκευσης (10°C), με αποτέλεσμα να μην υπάρξει παράταση της διάρκειας ζωής. Στο ακραίο σενάριο αποθήκευσης, η αύξηση της αρχικής συγκέντρωσης των LAB κατά 10 φορές (10⁴ CFU g⁻¹) οδήγησε σε μικρή επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του προϊόντος, κατά μια ημέρα (Πίνακας 6.16).

Πίνακας 6.16. Ρυθμός ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε καπνιστό σολομό, παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων: αρχικός πληθυσμός LAB 10⁴ CFU g⁻¹, αερόβιες συνθήκες (0% CO₂)

Ημέρα	Θερμοκρασία συντήρησης					
	2°C		5°C		10°C	
	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB
1 ^η	0,05	4,15	0,13	4,30	0,34	4,67
2 ^η	0,10	4,30	0,25	4,60	0,68	5,33
3 ^η	0,14	4,45	0,38	4,90	1,02	6,00
4 ^η	0,19	4,60	0,50	5,20	1,35	6,66
5 ^η	0,24	4,75	0,63	5,50	1,68	7,30
6 ^η	0,29	4,90	0,76	5,80	1,97	7,88
7 ^η	0,33	5,05	0,88	6,10	2,18	8,28
8 ^η	0,38	5,20	1,01	6,40	2,26	8,44
9 ^η	0,43	5,35	1,13	6,70	2,28	8,49
10 ^η	0,48	5,50	1,26	7,00	2,29	8,50
11 ^η	0,52	5,65	1,38	7,28	2,29	8,50
12 ^η	0,57	5,80	1,49	7,56	2,29	8,50
13 ^η	0,62	5,95	1,60	7,81	2,29	8,50
14 ^η	0,67	6,10	1,69	8,03	2,29	8,50

Με βάση τα δεδομένα των Πινάκων 6.15 και 6.16, για το ακραίο σενάριο αποθήκευσης, προκύπτει ότι η μέγιστη ανάπτυξη LAB στο συγκεκριμένο υπόστρωμα αντιστοιχεί περίπου σε 8,5 log CFU g⁻¹ και επιτυγχάνεται μεταξύ 9^{ης} και 10^{ης} ημέρας συντήρησης. Ένα ερώτημα που συνδέεται με τη χρήση καλλιέργειας LAB είναι εάν και κατά πόσον η συσσώρευση μεταβολιτών από τα υψηλά επίπεδα γαλακτικών βακτηρίων ($\geq 10^8$ CFU g⁻¹) θα μπορούσε να επηρεάσει δυσμενώς την ιδιάζουσα γέυση του καπνιστού προϊόντος.

Πίνακας 6.17. Ρυθμός ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε καπνιστό σολομό, παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων, σε συσκευασία με 80% CO₂ : αρχικός πληθυσμός LAB 10³ CFU g⁻¹

Ημέρα	Θερμοκρασία συντήρησης					
	2°C		5°C		10°C	
	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB
1 ^η	0,00	3,10	0,02	3,20	0,13	3,48
2 ^η	0,00	3,19	0,04	3,40	0,27	3,96
3 ^η	0,00	3,28	0,06	3,60	0,40	4,43
4 ^η	0,00	3,38	0,08	3,80	0,54	4,91
5 ^η	0,00	3,47	0,11	4,00	0,67	5,39
6 ^η	0,00	3,57	0,13	4,20	0,81	5,87
7 ^η	0,00	3,67	0,15	4,40	0,94	6,34
8 ^η	0,00	3,76	0,17	4,60	1,07	6,81
9 ^η	0,00	3,85	0,19	4,80	1,20	7,27
10 ^η	0,00	3,95	0,21	5,00	1,32	7,70
11 ^η	0,00	4,04	0,23	5,20	1,43	8,06
12 ^η	0,00	4,14	0,25	5,40	1,49	8,30
13 ^η	0,00	4,23	0,28	5,60	1,53	8,43
14 ^η	0,00	4,33	0,30	5,80	1,54	8,47

Ο Πίνακας 6.17 παρουσιάζει δεδομένα από την ταυτόχρονη επίδραση υψηλής συγκέντρωσης CO₂ και καλλιέργειας LAB στο ρυθμό ανάπτυξης της *L. monocytogenes*. Από τη σύγκριση αυτών των δεδομένων, με εκείνα του Πίνακα 6.7, προκύπτει ότι η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* επιβραδύνθηκε σημαντικά μόνο σε προχωρημένο στάδιο συντήρησης, όταν η συγκέντρωση των LAB ήταν πολύ υψηλή, όπως και στην περίπτωση της αερόβιας συντήρησης του προϊόντος (Πίνακες 6.15 και 6.3). Στους 2°C και 5°C δεν προέκυψε διαφορά στον ρυθμό ανάπτυξης του παθογόνου μέχρι και την 14^η ημέρα συντήρησης (συγκέντρωση LAB < 10⁸ CFU g⁻¹). Κατά την αποθήκευση στους 10°C, ο ρυθμός ανάπτυξης του παθογόνου άρχισε να μειώνεται σημαντικά μεταξύ 9^{ης} και 10^{ης} ημέρας συντήρησης, όταν η συγκέντρωση LAB ήταν υψηλή (≥ 10⁸ CFU g⁻¹). Στον Πίνακα 6.18 συνοψίζονται οι προβλεπόμενες, από το μοντέλο, διάρκειες ζωής σολομού ψυχρής κάπνισης, υπό διαφορετικά σενάρια συντήρησης (θερμοκρασία, επίπεδο αρχικής συγκέντρωσης LAB, περιεκτικότητα σε CO₂). Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι η διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών, σε συνδυασμό με επίπεδα CO₂ ≥ 40% και αρχική συγκέντρωση οξυγαλακτικών βακτηρίων 10⁴ CFU g⁻¹, μπορεί να εξασφαλίσει σημαντική παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος.

Πίνακας 6.18. Διάρκεια ζωής καπνιστού σολομού σε διαφορετικά σενάρια συντήρησης (θ°C, επίπεδο LAB, %CO₂), βάσει του κριτηρίου για την *L. monocytogenes* (< 2 log CFU g⁻¹)

Συνθήκες συντήρησης	Διάρκεια ζωής (ημέρες)				
	Περιεκτικότητα σε CO ₂ (%)				
	0	20	40	60	80
2°C	40	> 40	> 40	> 40	> 40
2°C, 10 ² CFU g ⁻¹	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
2°C, 10 ³ CFU g ⁻¹	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
2°C, 10 ⁴ CFU g ⁻¹	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
5°C	15,9	19,3	24,6	35,5	> 40
5°C, 10 ² CFU g ⁻¹	15,9	19,4	25,7	> 40	> 40
5°C, 10 ³ CFU g ⁻¹	16,2	21,0	> 40	> 40	> 40
5°C, 10 ⁴ CFU g ⁻¹	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
10°C	5,9	7,0	8,5	10,8	14,9
10°C, 10 ² CFU g ⁻¹	5,9	7,0	8,5	10,9	> 40
10°C, 10 ³ CFU g ⁻¹	5,9	7,0	8,6	34,2	> 40
10°C, 10 ⁴ CFU g ⁻¹	6,1	7,7	> 40	> 40	> 40

Καπνιστή πέστροφα

Πίνακας 6.19. Ρυθμός ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε καπνιστή πέστροφα, παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων: αρχικός πληθυσμός LAB 10³ CFU g⁻¹, αερόβιες συνθήκες (0% CO₂)

Ημέρα	Θερμοκρασία συντήρησης					
	2°C		5°C		10°C	
	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB
1 ^η	0,04	3,14	0,13	3,27	0,34	3,60
2 ^η	0,09	3,27	0,25	3,55	0,67	4,21
3 ^η	0,13	3,41	0,38	3,82	1,01	4,81
4 ^η	0,18	3,55	0,50	4,09	1,35	5,42
5 ^η	0,22	3,68	0,63	4,36	1,68	6,02
6 ^η	0,27	3,82	0,75	4,64	2,02	6,62
7 ^η	0,31	3,96	0,88	4,91	2,34	7,21
8 ^η	0,36	4,09	1,00	5,18	2,65	7,75
9 ^η	0,40	4,23	1,13	5,45	2,88	8,17
10 ^η	0,45	4,36	1,25	5,73	3,00	8,39
11 ^η	0,49	4,50	1,38	6,00	3,05	8,47
12 ^η	0,54	4,64	1,50	6,27	3,06	8,49
13 ^η	0,58	4,77	1,63	6,54	3,06	8,50
14 ^η	0,62	4,91	1,75	6,81	3,06	8,50

Πίνακας 6.20. Ρυθμός ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε καπνιστή πέστροφα, παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων: αρχικός πληθυσμός LAB 10^4 CFU g^{-1} , αερόβιες συνθήκες (0% CO₂)

Ημέρα	Θερμοκρασία συντήρησης					
	2°C		5°C		10°C	
	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g^{-1})	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g^{-1})	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g^{-1})	LAB
1 ^η	0,04	4,14	0,13	4,27	0,34	4,60
2 ^η	0,09	4,27	0,25	4,55	0,67	5,21
3 ^η	0,13	4,41	0,38	4,82	1,01	5,81
4 ^η	0,18	4,55	0,50	5,09	1,34	6,41
5 ^η	0,22	4,68	0,63	5,36	1,67	7,01
6 ^η	0,27	4,82	0,75	5,64	1,99	7,57
7 ^η	0,31	4,95	0,88	5,91	2,25	8,05
8 ^η	0,36	5,09	1,00	6,18	2,42	8,34
9 ^η	0,40	5,23	1,13	6,45	2,48	8,46
10 ^η	0,45	5,36	1,25	6,72	2,50	8,49
11 ^η	0,49	5,50	1,37	6,99	2,50	8,50
12 ^η	0,54	5,64	1,49	7,25	2,51	8,50
13 ^η	0,58	5,77	1,61	7,50	2,51	8,50
14 ^η	0,62	5,91	1,72	7,74	2,51	8,50

Τα δεδομένα των Πινάκων 6.19 και 6.20 υποδεικνύουν σαφώς ότι, όπως και στην περίπτωση του καπνιστού σολομού, η παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων στα φιλέτα καπνιστής πέστροφας, σε αρχικές συγκεντρώσεις $10^3 - 10^4$ CFU g^{-1} , δεν είχε σημαντική επίδραση στο ρυθμό ανάπτυξης του παθογόνου. Στην περίπτωση του ακραίου θερμοκρασιακού σεναρίου (10°C), δεν διαπιστώθηκαν μεταβολές κατά την αύξηση του αρχικού πληθυσμού των LAB από 10^3 σε 10^4 CFU g^{-1} .

Τα δεδομένα από την ταυτόχρονη επίδραση υψηλής συγκέντρωσης CO₂ και καλλιέργειας LAB στο ρυθμό ανάπτυξης της *L. monocytogenes* παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.21 και, όπως μπορεί να διαπιστωθεί, δεν παρουσιάζουν ουσιώδεις διαφορές από τα αντίστοιχα δεδομένα για τον καπνιστό σολομό. Από τη σύγκριση των δεδομένων των Πινάκων 6.21 και 6.13 συμπεραίνουμε ότι η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* επιβραδύνθηκε σημαντικά σε προχωρημένο στάδιο συντήρησης, όταν η συγκέντρωση των LAB ήταν πολύ υψηλή, όπως και στην αντίστοιχη περίπτωση του καπνιστού σολομού. Στους 2°C και 5°C δεν προέκυψε ουσιαστική διαφορά στον ρυθμό ανάπτυξης του παθογόνου μέχρι και την 14^η ημέρα συντήρησης (συγκέντρωση LAB < 10^8 CFU g^{-1}). Στο ακραίο σενάριο αποθήκευσης του προϊόντος στους 10°C, ο

ρυθμός ανάπτυξης του παθογόνου άρχισε να μειώνεται σημαντικά μεταξύ 11^{ης} και 12^{ης} ημέρας συντήρησης, όταν η συγκέντρωση LAB ήταν υψηλή ($\geq 10^8$ CFU g⁻¹).

Πίνακας 6.21. Ρυθμός ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε καπνιστή πέστροφα, παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων, σε συσκευασία με 80% CO₂ : αρχικός πληθυσμός LAB 10³ CFU g⁻¹

Ημέρα	Θερμοκρασία συντήρησης					
	2°C		5°C		10°C	
	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB	<i>L. monocytogenes</i> (log CFU g ⁻¹)	LAB
1 ^η	0,00	3,08	0,02	3,18	0,13	3,43
2 ^η	0,00	3,17	0,04	3,36	0,27	3,87
3 ^η	0,00	3,25	0,06	3,55	0,40	4,30
4 ^η	0,00	3,34	0,08	3,73	0,53	4,73
5 ^η	0,00	3,42	0,10	3,91	0,67	5,17
6 ^η	0,00	3,51	0,11	4,09	0,80	5,60
7 ^η	0,00	3,59	0,13	4,27	0,93	6,03
8 ^η	0,00	3,68	0,15	4,45	1,07	6,46
9 ^η	0,00	3,76	0,17	4,64	1,20	6,89
10 ^η	0,00	3,85	0,19	4,82	1,33	7,30
11 ^η	0,00	3,93	0,21	5,00	1,45	7,69
12 ^η	0,00	4,01	0,23	5,18	1,55	8,02
13 ^η	0,00	4,10	0,25	5,36	1,62	8,26
14 ^η	0,00	4,18	0,27	5,54	1,67	8,40

Στον Πίνακα που ακολουθεί, συνοψίζονται οι προβλεπόμενες από το μοντέλο πρόρρησης διάρκειες ζωής σολομού ψυχρής κάπνισης, υπό διαφορετικά σενάρια συντήρησης (θερμοκρασία, επίπεδο αρχικής συγκέντρωσης LAB, περιεκτικότητα σε CO₂). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, κατά τη συντήρηση του προϊόντος στους 5°C, σε συνδυασμό με συσκευασία σε ατμόσφαιρα που περιέχει 40% CO₂ και παρουσία αρχικής συγκέντρωσης οξυγαλακτικών βακτηρίων 10², 10³ ή 10⁴ CFU g⁻¹, μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής περίπου για ½ ημέρα, 15 ημέρες και πλέον των 15 ημερών, αντίστοιχα. Καθώς η συγκέντρωση CO₂ στη συσκευασία αυξάνει πέραν του 40%, η σημασία της παρουσίας οξυγαλακτικών βακτηρίων φαίνεται να μειώνεται, και σε επίπεδο CO₂ 80% δεν είναι σαφές αν οι οργανισμοί αυτοί έχουν αξιόλογη συμβολή στην καταστολή του παθογόνου.

Πίνακας 6.22. Διάρκεια ζωής καπνιστής πέστροφας σε διαφορετικά σενάρια συντήρησης (θ°C, επίπεδο LAB, %CO₂), βάσει του κριτηρίου για την *L. monocytogenes* (< 2 log CFU g⁻¹)

Συνθήκες συντήρησης	Διάρκεια ζωής (ημέρες)				
	Περιεκτικότητα σε CO ₂ (%)				
	0	20	40	60	80
2°C	>40	> 40	> 40	> 40	> 40
2°C, 10 ² CFU g ⁻¹	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
2°C, 10 ³ CFU g ⁻¹	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
2°C, 10 ⁴ CFU g ⁻¹	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40
5°C	16	19,4	24,8	37,6	> 40
5°C, 10 ² CFU g ⁻¹	16	19,5	25,1	> 40	> 40
5°C, 10 ³ CFU g ⁻¹	16,1	19,9	40	> 40	> 40
5°C, 10 ⁴ CFU g ⁻¹	18	> 40	> 40	> 40	> 40
10°C	5,9	7	8,5	10,9	15
10°C, 10 ² CFU g ⁻¹	5,9	7	8,5	10,9	18,3
10°C, 10 ³ CFU g ⁻¹	6	7	8,6	11,4	> 40
10°C, 10 ⁴ CFU g ⁻¹	6	7,2	9,9	> 40	> 40

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή του μοντέλου πρόρρησης FSSP™ v. 4.0, με σκοπό την εκτίμηση της ανάπτυξης *L. monocytogenes* σε RTE–προϊόντα σολομού και πέστροφας ψυχρής κάπνισης, οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Αερόβιες συνθήκες συντήρησης (0% CO₂)

- Σύμφωνα με την οριακή τιμή που θέτει ο Κανονισμός (ΕΚ) 1441/2007 για τα επίπεδα *L. monocytogenes* σε RTE–προϊόντα (≤ 100 CFU g⁻¹), η διάρκεια ζωής σολομού και πέστροφας ψυχρής κάπνισης, κατά τη συντήρηση στους 4°C, προσδιορίστηκε σε 21 ημέρες (τρεις εβδομάδες), περίπου. Στους 6°C, η διάρκεια ζωής μειώθηκε σε 12–13 ημέρες, και στο ακραίο σενάριο αποθήκευσης (10°C) τα προϊόντα χαρακτηρίστηκαν ακατάλληλα ήδη από την 6^η ημέρα.
- Κατά τη συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες, για διάστημα 40 ημερών, δεν διαπιστώθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές στο μοτίβο ανάπτυξης της *L. monocytogenes*: οι διαφορετικές τιμές pH (6,25 στην πέστροφα – 5,83 στο σολομό) και συγκέντρωσης άλατος στην υδατική φάση, wps (5,7 στην πέστροφα – 5,0 στο σολομό) δεν επηρέασαν το ρυθμό αύξησης του παθογόνου.
- Τα νωπά προϊόντα είναι πολύ πιο επιρρεπή σε μικροβιακές αλλοιώσεις, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης παθογόνων οργανισμών. Κατά τη συντήρηση στους 4°C και 5°C, η υπέρβαση του θεσπισμένου ορίου για την *L. monocytogenes* διαπιστώθηκε μετά από 13 και 10 ημέρες, αντίστοιχα, δηλαδή πολύ νωρίτερα απ’ ότι στα προϊόντα ψυχρής κάπνισης.

Συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας

- Η συσκευασία των προϊόντων σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα με υψηλή αναλογία CO₂ περιόρισε δραστικά την ανάπτυξη της *L. monocytogenes* και, ως εκ τούτου, θα μπορούσε να αντισταθμίσει την απώλεια διάρκειας ζωής από σύντομες υπερβάσεις της θερμοκρασίας κατά τη συντήρηση, διανομή και έκθεση του προϊόντος προς πώληση.

- Η παρουσία CO₂ στην ατμόσφαιρα της συσκευασίας, σε αναλογία 20%, 40%, 60% και 80%, αύξησε τη διάρκεια ζωής στους 10°C κατά 1, 3, 5 και 9-10 ημέρες, αντίστοιχα. Στις συνθήκες θερμοκρασίες συντήρησης (2-5°C), η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα με 40% CO₂ εξασφάλισε διάρκεια ζωής που κυμάνθηκε από 3 εβδομάδες (5°C) έως και πλέον των 6 εβδομάδων (2°C).

Αερόβιες συνθήκες (0% CO₂), παρουσία LAB

- Σε συνθήκες αεροβίωσης, και παρουσία ανταγωνιστικής χλωρίδας οξυγαλακτικών βακτηρίων, η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* δεν παρουσίασε σημαντική επιβράδυνση, παρά μόνο σε προχωρημένο στάδιο συντήρησης, όταν η συγκέντρωση των LAB ήταν υψηλή ($\geq 10^8$ CFU g⁻¹). Στους 2°C και 5°C δεν προέκυψε ουσιαστική διαφορά στα επίπεδα του παθογόνου μέχρι και τη 14^η ημέρα συντήρησης, αλλά ούτε κατά το πρώτο ήμισυ του ακραίου σεναρίου αποθήκευσης (10°C), με αποτέλεσμα να μην υπάρξει παράταση της διάρκειας ζωής.

Συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, παρουσία LAB

- Όπως διαπιστώθηκε και κατά την αερόβια συντήρηση των προϊόντων, η αύξηση του παθογόνου σε συνθήκες MAP επιβραδύνθηκε μόνο σε υψηλές συγκεντρώσεις LAB ($\geq 10^8$ CFU g⁻¹). Κατά τη συντήρηση στους 2-5°C, δεν παρατηρήθηκε ουσιαστική διαφορά στο ρυθμό αύξησης του παθογόνου μέχρι και τη 14^η ημέρα συντήρησης που η συγκέντρωση των LAB ήταν ελαφρώς χαμηλότερη των 10⁸ CFU g⁻¹.
- Η συντήρηση στους 5°C, σε συνδυασμό με επίπεδα CO₂ $\geq 40\%$ και αρχική συγκέντρωση LAB $\geq 10^3$ CFU g⁻¹, εξασφάλισε σημαντική παράταση της διάρκειας ζωής (15 και πλέον ημέρες). Ωστόσο, καθώς η συγκέντρωση CO₂ αυξήθηκε πέραν του 40%, η σημασία των LAB φάνηκε να μειώνεται, και σε επίπεδο CO₂ 80% δεν ήταν σαφές εάν και κατά πόσον οι οργανισμοί αυτοί είχαν σημαντική συμβολή στην καταστολή του παθογόνου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

Aksnes, A. (1988). Location of enzymes responsible for autolysis in bulk-stored capelin (*Mallotus villosus*). *J Sci Food Agric* 44:263-71.

Arroyo-López, F.N., Gallego, J.B. & Garrido-Fernandez, A. (2012). Role of Predictive Microbiology in Food Preservation. In (Bhat, R., Alias, A.K. & Paliyath, G.) *Progress in Food Preservation*, John Wiley & Sons Ltd.

Arroyo-López, F.N., Gallego, J.B., Valero, A., García-Gimeno, R.M. & Fernández, A.G. (2014). Predictive Microbiology: A Valuable Tool in Food Safety and Microbiological Risk Assessments. In (Bhat, R. & Gómez-López, V.M., editors) *Practical Food Safety: Contemporary Issues and Future Directions*, <https://doi.org/10.1002/9781118474563.ch25>

Balon, E.K. (1990). Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. *Guelph Ichthyol. Rev.* 1:1-48.

Bauchot, M.L. (1987). Poissons osseux. p. 891-1421. In W. Fischer, M.L. Bauchot & M. Schneider (eds.) *Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Revision 1. Volume II, Vertebres*. Rome, FAO.

Bier, J.W. (1976) Experimental Anisakis: cultivation and temperature tolerance determination. *J Milk Food Technol* 39:132.

Bigelow, H.B., M.G. Bradbury, J.R. Dymond, J.R. Greeley, S.F. Hildebrand, G.W. Mead, R.R. Miller, L.R. Rivas, W.L. Schroeder, R.D. Suttkus & V.D. Vladykov (1963). *Fishes of the western North Atlantic. Part three*. New Haven, Sears Found. Mar. Res., Yale Univ.

Brul S., van Gerwn, S. & Zwietering, M. (2007). *Modelling Microorganisms in Food*. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, UK.

Burt, J.R. (1988). Dried and smoked fishery products: Preparation and composition. In: *Fish Smoking and Drying* (edited by J.R. Burt). Pp. 121-159. London: Elsevier Applied Science.

Dalgaard, P., Madsen, H.L., Samieian, N, & Emborg, J. (2006) Biogenic amine formation and microbial spoilage in chilled garfish (*Belone belone belone*) - effect of modified

atmosphere packaging and previous frozen storage. *Journal of Applied Microbiology*, 101, 80-95.

Daymond, J.R. (1963). Family Salmonidae. *Sears Found. Mar. Res. Mem.* 1(3):457-546.

Duffes, F., Corre, C., Leroi, F., Dousset, X., Boyaval, P. (1999). Inhibition of *Listeria monocytogenes* by in situ produced and semi-purified bacteriocins on *Carnobacterium* spp. on vacuum-packed, refrigerated cold-smoked salmon. *J Food Prot* 62(12):1394–1403.

Eklund, M.W., Poysky, F.T., Paranjpye, R.N., Lashbrook, L.C., Peterson, M.E., Pelroy, G.A. (1995). Incidence and sources of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked fishery products and processing plants. *J. Food Prot.* 58, 502-508.

El-Kest, S.E., Yousef, A.E. & Marth, E.H. (1991). Fate of *Listeria monocytogenes* during freezing and frozen storage. *J Food Sci* 56(4):1068-71.

El-Shenawy, M.A. & Marth, E.H. (1988). Inhibition and inactivation of *Listeria monocytogenes* by sorbic acid. *J Food Prot* 51:842-7.

Esty, J.R. & Meyer, K.F. (1922). The heat resistance of the spore of *Bacillus botulinus* and allied anaerobes. *J. Infect. Dis.* 31, 650–663.

EUMOFA. The EU Fish Market 2020 Edition. Available online:

<https://www.eumofa.eu/fr/the-eu-fish-market-2020-edition-isnow-online>

EUMOFA. Database. Available online: <https://www.eumofa.eu/processing-yearly-comparison-beetween-ms>

European Food Safety Authority (EFSA) (2013). Analysis of the baseline survey on the prevalence of *Listeria monocytogenes* in certain ready-to-eat (RTE) foods in the EU, 2010-2011. Part A: *Listeria monocytogenes* prevalence estimates. *EFSA Journal* 2013; 11(6):3241, 75 pp.

European Food Safety Authority (EFSA) (2015). Scientific and technical assistance on the evaluation of the temperature to be applied to pre-packed fishery products at retail level. Parma, Italy.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1999). Report of the FAO expert consultation on the trade impact of *Listeria* in fish products. Rome: FAO. FAO Fisheries Report nr 604. 34 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2009). *Salmo salar*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Text by Jones, M. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2010). *Salmo trutta*. Cultured aquatic species Information Programme.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization) (1983). Recommended International Code of Practice for Smoked Fish. CAC/RCP 25-1979, first edition. Codex Alimentarius Volume B. Rome, FAO/WHO

FDA (Food And Drug Administration) (2021). Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance Fourth Edition – June 2021.

Fonnesbech Vogel, B., Ojeniyi, B., Ahrens, P., Due Skov, L., Huss, H.H. & Gram, L. (2001). Elucidation of *Listeria monocytogenes* contamination routes in cold-smoked salmon processing plants detected by DNA-based typing methods. Appl Environ Microbiol., 67(6): 2586-2595.

CDC (1999). Incidence of Foodborne Illnesses: Preliminary Data from the Foodborne Diseases Active Surveillance Network (FoodNet) -- United States, 1998. MMWR, Weekly, March 12, 1999 / 48(09);189-194.

<https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00056654.htm>

Gardiner, M.A. (1990). Survival of Anisakis in cold-smoked salmon. Can Inst Food Sci Technol 23(2/3):143–4.

Garrido, V., Garcia-Jalon, I., Vitas, A.I. & Sanaa, M. (2010). Listeriosis risk assessment: simulation modelling and “what if” scenarios applied to consumption of ready-to-eat products in a Spanish population. Food Control 21 (3), 231-239.

Gildberg, A. (1978) Proteolytic activity and the frequency of burst bellies in capelin. *J Food Technol* 13:409–16.

Gram, L. (2001). Potential hazards in cold-smoked fish: *Listeria monocytogenes*, chap. II. In Processing parameters needed to control pathogens in cold-smoked fish. Institute of Food Technologists (IFT) Report for FDA/CFSAN. *J. Food Sci.* 66:S1072–S1081.

Hoelzer, K., Y. Chen, S. Dennis, P. Evans, R. Pouillot, B. J. Silk & I. Walls. (2013) New data, strategies, and insights for *Listeria monocytogenes* dose-response models: summary of an interagency workshop, 2011. *Risk Anal.* 33:1568–1581.

Huss, H.H., Ben Embarek, P.K. & From Jeppesen, V. (1995) Control of biological hazards in cold-smoked salmon production. *Food Control* 6(6):335–40.

Huss, H.H. (1981). *C. botulinum* type E and botulism. Thesis. Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.

ICMSF (International Commission on Microbial Specifications for Food) (2005). *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. 2nd edition. Chapter 3. Fish and fish products. Kluwer Academic & Plenum Publishers, New York, 174-249.

Jofre, A., Garriga, M., Aymerich, T., Perez-Rodriguez, F., Valero, A., Carrasco, E. & Bover-Cid, S. (2016). Closing gaps for performing a risk assessment on *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat (RTE) foods: activity 1, an extensive literature search and study selection with data extraction on *L. monocytogenes* in a wide range of RTE food. *EFSA Supporting Publication* 2016;13(12):EN-1141, 184 pp. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2016.EN-1141>

Jorgensen, L.V., Dalgaard, P. & Huss, H.H. (2000). Multiple compound quality index for cold-smoked salmon (*Salmo salar*) developed by multivariate regression of biogenic amines and pH. *J Agric Food Chem* 48:2448-53.

Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007) *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp.

Leroi, F., Joffraud, J.J. & Chevalier, F. (2000). Effect of salt and smoke on the microbiological quality of cold-smoked salmon during storage at 5°C as estimated by the factorial design method. *J Food Prot* 63(4):502-508.

Lougovois, V.P. & Kyrana, V.R. (2005). Freshness Quality and Spoilage of Chill-Stored Fish. In: *Food Policy, Control and Research* (edited by A.P. Riley). Pp. 35-86. New York: Nova Science Publishers, Inc.

Lund, B.M. & Peck, M.W. (2000). *Clostridium botulinum*. In: Lund BM, Baird-Parker TC, Gould GW, editors. *The microbiological safety and quality of foods*. Gaithersburg (MD): Aspen. p 1057–109.

McLauchlin, J. (1997). The pathogenicity of *Listeria monocytogenes*: a public health perspective. *Rev Med Microbiol* 8(1):1–14.

Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2007). Modeling and predicting the growth boundary of *Listeria monocytogenes* in lightly preserved seafood. *Journal of Food Protection*, 70 (1), 70-84.

Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2009). Development and validation of an extensive growth and growth boundary model for *Listeria monocytogenes* in lightly preserved and ready-to-eat shrimp. *Journal of Food Protection*, 70 (10), 2132-2143.

Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2015). Modelling and predicting the simultaneous growth of *Listeria monocytogenes* and psychrotolerant lactic acid bacteria in processed seafood and mayonnaise-based seafood salads. *Food Microbiology*, 46, 1–14.

Mejlholm, O., Bøknæs, N. & Dalgaard, P. (2014). Development and evaluation of a stochastic model for potential growth of *Listeria monocytogenes* in naturally contaminated lightly preserved seafood. *Food Microbiology*, 45, 276-289.

Mejlholm, O., Gunvig, A., Borggaard, C., Blom-Hansen, J., Mellefont, L., Ross, T., Leroi, F., Else, T., Visser, D. & Dalgaard, P. (2010). Predicting growth rates and growth boundary of *Listeria monocytogenes*. An international validation study with focus on processed and ready-to-eat meat and seafood. *International Journal of Food Microbiology*, 141, 137–150.

Migdalski, E.C. & Fichter, G.S. (1989). *The Fresh and Salt Water Fishes of the World*. New York: Greenwich House.

Muus, B.J. & Nielsen, J.G. (1999). Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book, Hedehusene, Denmark. 340 p.

Nilsson, L., Chen, Y., Chikindas, M.L., Huss, H.H., Gram, L. & Montville, T.J. (2000). Carbon dioxide and nisin act synergistically on *Listeria monocytogenes*. *Appl Environ Microbiol* 66(2):769-74.

Nilsson, L., Gram, L. & Huss, H.H. (1999). Growth control of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon using a competitive lactic acid bacteria flora. *J Food Prot* 62(4): 336–42.

Nilsson, L., Huss, H.H. & Gram, L. (1997). Inhibition of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon by nisin and carbon dioxide atmosphere. *Int J Food Microbiol* 38:217-227.

Overstreet, R.M. (1999). Actual and potential human health risks associated with marine parasites [abstract]. In: AAAS-Annual Meeting and Science Innovation Exposition; 1999 Jan 21–26; Anaheim (CA)

Peck, M.W. (2006). *Clostridium botulinum* and the safety of minimally heated, chilled foods: an emerging issue? *Journal of Applied Microbiology*, 101, 556-570.

Pelroy, G.A., Peterson, M.E., Holland, P.J. & Eklund, M.W. (1994). Inhibition of *Listeria monocytogenes* in cold-process (smoked) salmon by sodium lactate. *J Food Prot* 57(2):114–9.

Pelroy, G.A., Peterson, M.E., Paranjpye, R., Almond, J. & Eklund, M. (1994). Inhibition of *Listeria monocytogenes* in cold-process (smoked) salmon by sodium nitrite and packaging method. *J Food Prot* 57(2):114-119.

Peterson, M.E., Pelroy, G.A., Paranjpye, R.N., Poysky, F.T., Almond, J.S. & Eklund, M.W. (1993). Parameters for control of *Listeria monocytogenes* in smoked fishery products: sodium chloride and packaging method. *J Food Prot* 56(11):938-943.

Robins, C.R. & Ray, G.C. (1986). *A field guide to Atlantic coast fishes of North America*. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 354 p.

- Rochard, E. & Elie, P. (1994). La macrofaune aquatique de l'estuaire de la Gironde. Contribution au livre blanc de l'Agence de l'Eau Adour Garonne. p. 1-56. In J.-L. Mauvais and J.-F. Guillaud (eds.) État des connaissances sur l'estuaire de la Gironde. Agence de l'Eau Adour-Garonne, Éditions Bergeret, Bordeaux, France. 115 p.
- Rørvik, L.M. & Yndestad, M. (1991). *Listeria monocytogenes* in foods in Norway. Int J Food Microbiol 13:97-104.
- Ross, T. & Dalgaard, P. (2003). Chapter 3. Secondary Models. In: *Modeling microbial responses in foods* (edited by R.C. McKellar & X. Lu). Pp. 63-150. Boca Raton: CRC Press.
- Ross, T., Rasmussen, S., Fazil, A., Paoli, G. & Sumner, J. (2009). Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meats in Australia. International Journal of Food Microbiology 131 (2009) 128-137.
- Sikorski, Z.E. (1988). Smoking of fish and carcinogenic. In: Burt, J.R. (Eds), fish smoking and drying, the effect on smoking on the nutritional properties of fish. London Elsevier Applied Science. pp. 73-81.
- Spillman, C.-J. (1961). Faune de France: Poissons d'eau douce. Fédération Française des Sociétés Naturelles, Tome 65. Paris. 303 p.
- Sunen, E. (1998). Minimum inhibitory concentration of smoke wood extracts against spoilage and pathogenic micro-organisms associated with foods. Letts Appl Microbiol 27:45-48.
- Suzuki, S., Noda, J. & Takama, K. (1990). Growth and polyamine production of *Alteromonas* spp. in fish meat extracts under modified atmosphere. Bull Fac Fish, Hokkaido Univ 41(4):213-220.
- Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., Hyldig, G., Jørgensen, B. & Kristbergsson, K. (2002). Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Journal of Food Science, 67(4), 1570-1579.
- Sveinsdottir, Hyldig, G., K., Martinsdottir, E., Jørgensen, B. & Kristbergsson, K. (2003). Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). Food Quality and Preference, 14, 237-245.

Tenenhaus-Aziza, F., Daudin, J.J., Maffre, A. & Sanaa, M. (2014). Risk-Based Approach for Microbiological Food Safety Management in the Dairy Industry: The Case of *Listeria monocytogenes* in Soft Cheese Made from Pasteurized Milk. *Risk Analysis*, 34(1). DOI: 10.1111/risa.12074.

Tompkin, R.B., Scott, V.N., Bernard, D.T., Sveum, W.H. & Gombas, K.S. (1999). Guidelines to prevent postprocessing contamination from *Listeria monocytogenes*. *Dairy, Food Environ San* 19(8):551-562.

Wendakoon, C.N. & Sakaguchi, M. (1992a). Effects of spices on growth of and biogenic amine formation by bacteria in fish muscle. In: Huss HH, Jakobsen M, Liston J, editors. *Quality Assurance in the Fish Industry: Proceedings of an Intl. Conference; 1991 Aug 26–30; Copenhagen (DK)*. Amsterdam: Elsevier; 1992. p 305–13 (Development in Food Sci series).

Wendakoon, C.N. & Sakaguchi, M. (1992b). Nonvolatile amine production in mackerel muscle during growth of different bacterial species. *J Food Hyg Soc Jap* 33(1):39-45.

Yoshioka, R., Hayakawa, T., Ishizuka, K., et al. (2006) Nitration reactions of astaxanthin and b-carotene by peroxy nitrite. *Tetrahedron Letters*, 47, 3637-3640.

Ζουλλιέν, Α. & Θωμάτου, Ε. (2020). *Ποιότητα και ασφάλεια αλίπαστων, καπνιστών και μαρινάτων προϊόντων*. Πτυχιακή Εργασία. Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Σχολή Επιστημών Τροφίμων, ΠΑ.Δ.Α.

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1441/2007 της Επιτροπής της 5^{ης} Δεκεμβρίου 2007 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Επιτροπής περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L 322/12-29.

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Επιτροπής της 15^{ης} Νοεμβρίου 2005 περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L 338/1-26.

Καντσιούλης, Κ. & Κυπριζιλιάν, Ν. (2008). *Παράμετροι Ελέγχου Παθογόνων Οργανισμών κατά την Ψυχρή Κάπνιση των Ιχθυηρών*. Πτυχιακή Εργασία. Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΣΤΕΤΡΟΔ, Τ.Ε.Ι. Αθήνας.

Λουγκοβόης, Β. (2002). *Τεχνολογία & Ποιότητα Ιχθυηρών (Θεωρία)*. ΤΕΙ Αθήνας.

Λουγκοβόης, Β. (2019). *Συντήρηση Ιχθυηρών με Κάπνιση*. Μαθήματα e-class. Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, ΠΑ.Δ.Α.

Λουγκοβόης, Β. (2021). *Αυτόλυση και Μικροβιακή Αλλοίωση Νωπών Ιχθυηρών*. Μαθήματα e-class. Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, ΠΑ.Δ.Α.

Λουλούδα, Ν.Α. (2021). *Μεταπτυχιακή Διατριβή: Περιγραφή της ποιότητας ιχθυηρών με τη χρήση μικροβιολογικών οργανοληπτικών μεθόδων και ταχειών τεχνολογιών*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.