



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Χημικών Μηχανικών

Τομέας IV: Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών

Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη της επίδρασης της ωσμωτικής
προκατεργασίας στην ποιότητα και
διατηρησιμότητα φιλέτων κοτόπουλου

Γαρυφαλλιά Οικονόμου

Επιβλέπων Καθηγητής: Πέτρος Ταούκης

ΑΘΗΝΑ, Μάρτιος 2013

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου με την επίβλεψη και την καθοδήγηση του Καθηγητή Ε.Μ.Π κ. Ταούκη Πέτρου. Θέμα της παρούσης εργασίας αποτελεί η μελέτη της επίδρασης της ωσμωτικής προκατεργασίας στην ποιότητα και διατηρησιμότητα φιλέτων κοτόπουλου.

Καταρχήν, θα ήθελα να εκφράσω τη χαρά μου που είχα την τύχη να εκπονήσω τη διπλωματική εργασία σε ένα ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον, να συνεργαστώ με αξιόλογους συναδέλφους και να αποκομίσω σημαντικές γνώσεις πάνω στην επιστήμη μου. Με βάση αυτό το γεγονός, θα ήθελα πρώτα απ' όλα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Καθηγητή κ. Ταούκη Πέτρο τόσο για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου με την ανάθεση της εν λόγω εργασίας, όσο και για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε κατά το χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωσή της.

Έπειτα, οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στις συναδέλφους Δερμεσονλούογλου Έφη και Τσιρώνη Φανή οι οποίες μου προσέφεραν απλόχερα στήριξη και καθοδήγηση καθόλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου και έδειξαν πραγματικό ενδιαφέρον ούτως ώστε η διεξαγωγή της παρούσης εργασίας να φέρει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους Καθηγητές, τους Υποψήφιους Διδάκτορες, τους Διδάκτορες και τους συμφοιτητές μου στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων του Ε.Μ.Π για τη συνεργασία μας και την προθυμία τους να με βοηθήσουν καθόλη τη διάρκεια της διεξαγωγής της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, μεγάλη ευγνωμοσύνη οφείλω στους γονείς μου Ιωάννη και Πηνελόπη οι οποίοι αποτέλεσαν στήριγμα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου αλλά και στις ευρύτερες επιλογές στη ζωή μου. Με αφορμή την παρούσα εργασία θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον προπονητή μου Δημήτρη Γουγούση για το πνεύμα του αθλητισμού που μου εμφύσησε από μικρή ηλικία, το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το σθένος που επιδεικνύω για την επίτευξη των στόχων μου.

Περίληψη

Τα προϊόντα πουλερικών αποτελούν μία ομάδα τροφίμων εξαιρετικά ευαλλοίωτη, συγκριτικά με άλλα προϊόντα τροφίμων. Κύρια αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των εν λόγω προϊόντων αποτελεί η μικροβιακή ανάπτυξη, η οποία οδηγεί στην αλλοίωση των τροφίμων αυτών. Προκειμένου να αυξηθεί η διατηρησιμότητα των πουλερικών, είναι απαραίτητος ο έλεγχος του ρυθμού ανάπτυξης των περιεχόμενων αλλοιογόνων μικροοργανισμών καθώς και του ρυθμού υποβάθμισης των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών.

Τα προϊόντα κρέατος όταν δεν καταναλώνονται άμεσα, επεξεργάζονται με διάφορες παραδοσιακές μεθόδους συμπεριλαμβανομένων του αλατίσματος, της αφυδάτωσης, της θερμικής επεξεργασίας, της κάπνισης και του μαριναρίσματος, ή ενός συνδυασμού αυτών.

Η μερική αφυδάτωση των τροφίμων με τη χρήση μιας ωσμωτικής κατεργασίας ελκύει όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον ως μία μέθοδος επεξεργασίας προκειμένου να βελτιωθούν οι θρεπτικές, οι οργανοληπτικές και οι λειτουργικές ιδιότητες του τροφίμου. Επιπλέον, με τη μερική αφυδάτωση του τροφίμου επιτυγχάνεται ελάττωση της ενεργότητας νερού στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Πολλές επιστημονικές μελέτες έχουν δημοσιευθεί όσον αφορά στην ωσμωτική επεξεργασία λαχανικών και φρούτων, όμως παρά το μεγάλο εύρος εφαρμογών, λίγες είναι οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί προκειμένου να αξιολογήσουν την ωσμωτική επεξεργασία προϊόντων κρέατος (Collignan et al., 2000). Όσον αφορά στα προϊόντα πουλερικών, η ωσμωτική αφυδάτωση έχει μέχρι στιγμής αξιολογηθεί από τη σκοπιά των φαινομένων μεταφοράς μάζας και όχι ως προς την επίδρασή της στα μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου.

Η γλυκονο-δ-λακτόνη αποτελεί μία αντιμικροβιακή ουσία η οποία δεν είναι τοξική για τον ανθρώπινο οργανισμό και χρησιμοποιείται ήδη για ποικίλες εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων. Με τη χρήση της τεχνολογίας των εμποδίων είναι δυνατή η χρήση της τεχνολογίας της ωσμωτικής αφυδάτωσης σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση της γλυκονο-δ-λακτόνης στο ωσμωτικό διάλυμα για την επέκταση της διάρκειας ζωής προϊόντων πουλερικών.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μελέτη του χρόνου ζωής φιλέτων στήθους κοτόπουλου, ωσμωτικά επεξεργασμένων στους 15°C για 30 min με διάλυμα 50% μαλτοδεξτρίνης (DE47) και 5% NaCl με και χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων στον ατμοσφαιρικό αέρα σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C. Μετρήθηκαν ο ρυθμός ανάπτυξης της ενδογενούς μικροχλωρίδας, το pH και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Τέλος, πραγματοποιήθηκε

κινητική μελέτη με σκοπό τον προσδιορισμό της συνάρτησης ποιότητας για τους μελετούμενους δείκτες.

Η ωσμωτική επεξεργασία είχε ως αποτέλεσμα την ελάττωση του ρυθμού ανάπτυξης της αλλοιογόνου μικροχλωρίδας και οι ρυθμοί ανάπτυξης των μικροοργανισμών υπολογίστηκαν με προσαρμογή των μετρήσεων στο μοντέλο Baranyi. Ο κυρίαρχος αλλοιογόνος μικροοργανισμός στα ωσμωτικά επεξεργασμένα και μη, φιλέτα στήθους κοτόπουλου ήταν οι ψευδομονάδες. Με την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, επιβραδύνθηκε σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό η μικροβιακή ανάπτυξη καθώς επίσης, μειώθηκε και ο ρυθμός υποβάθμισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, ενώ η μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών περιγράφηκε με κινητική μηδενικής τάξης. Η υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών συσχετίστηκε ικανοποιητικά με την υποβάθμιση που αφορά στους μικροβιολογικούς δείκτες, παρουσιάζοντας παρόμοια θερμοκρασιακή εξάρτηση του ρυθμού μεταβολής τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου, ο χρόνος ζωής των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική επεξεργασία επεκτάθηκε κατά 3 ημέρες, ενώ των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική επεξεργασία με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης κατά 6 ημέρες, σε θερμοκρασία συντήρησης 5°C. Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα του μικροβιολογικού ελέγχου παρατηρήθηκε επέκταση του χρόνου ζωής στην ίδια θερμοκρασία, κατά 2 και 3 ημέρες αντίστοιχα.

Συμπερασματικά, από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε προκύπτει η θετική επίδραση της ωσμωτικής επεξεργασίας στην επέκταση του χρόνου ζωής των νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου καθώς και της συνδυαστικής χρήσης γλυκονο-δ-λακτόνης στο ωσμωτικό διάλυμα, οδηγώντας σε προϊόντα υψηλής ποιότητας και βελτιωμένης διατηρησιμότητας.

<u>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</u>	Σελίδα
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ	1
1.1 <u>Εισαγωγή</u>	1
1.2 <u>Παραγωγικά στάδια βιομηχανίας πουλερικών</u>	1
1.2.1 Μεταφορά πουλερικών	1
1.2.2 Τεχνολογία σφαγής πουλερικών	2
1.2.3 Επιθεώρηση πουλερικών μετά τη σφαγή	3
1.2.4 Στατιστικά δεδομένα παραγωγής πουλερικών	4
1.3 <u>Σημαντικά παράσιτα της βιομηχανίας πουλερικών</u>	5
1.3.1 Εισαγωγή	5
1.3.2 Ασθένειες που συνδέονται με την παρουσία παρασίτων	6
1.3.3 Μέτρα αντιμετώπισης παρασίτων	6
1.3.3.1 Διαχείριση	6
1.3.3.2 Χημειοθεραπεία	7
1.3.3.3 Εμβολιασμός	7
1.4 <u>Βιομηχανία πουλερικών και περιβάλλον</u>	7
1.4.1 Εισαγωγή	7
1.4.2 Μέθοδοι ανάκτησης και διάθεσης των παραπροϊόντων της βιομηχανίας πουλερικών	8
1.4.2.1 Θερμική διαχείριση παραπροϊόντων (Rendering)	8
1.4.2.2 Χρήση για ζωοτροφή	8
1.4.2.3 Άμεση καύση παραπροϊόντων βιομηχανίας πουλερικών	8
1.4.2.4 Κομποστοποίηση	9
1.4.2.5 Αναερόβια χώνευση	9
1.4.2.6 Ελεγχόμενη υγειονομική ταφή	10
1.4.2.7 Υπερδιήθηση	10
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ	13
2.1 <u>Θρεπτική αξία πουλερικών</u>	13
2.1.1 Εισαγωγή	13
2.1.2 Πρωτεΐνες	13
2.1.3 Λίπη	14
2.1.4 Υδατάνθρακες	14
2.1.5 Βιταμίνες και μέταλλα	14
2.2 <u>Μεταθανάτιες μεταβολές πουλερικών</u>	14
2.2.1 Νεκρική ακαμψία	14
2.2.2 Ωρίμανση (ή σίτεμα)	15
2.2.3 Σήψη	16

<u>2.3 Μικροβιολογικές αλλοιώσεις προϊόντων πουλερικών</u>	16
2.3.1 Γενικές αρχές μικροβιολογίας τροφίμων	16
2.3.2 Παράγοντες που καθορίζουν τη μικροβιολογική αλλοίωση των τροφίμων	17
2.3.2.1 Ενδογενείς παράμετροι	17
2.3.2.2 Εξωγενείς παράμετροι	20
2.3.3 Παρουσία αλλοιογόνων μικροοργανισμών στο κρέας των πουλερικών	22
2.3.4 Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο κρέας των πουλερικών	25
2.3.5 Τυπική καμπύλη ανάπτυξης μικροοργανισμών	28
2.3.6 Προρρητική μικροβιολογία	30
<u>2.4 Αλλοιώσεις πουλερικών κατά τη συντήρησή τους σε ψύξη</u>	36
<u>2.5 Αλλοιώσεις πουλερικών κατά τη συντήρησή τους σε κατάψυξη</u>	40
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ	43
<u>3.1 Εισαγωγή</u>	43
<u>3.2 Παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας πουλερικών</u>	43
3.2.1 Κάπνιση	43
3.2.2 Αφυδάτωση	44
3.2.3 Αλάτισμα	44
3.2.4 Θερμική επεξεργασία	44
3.2.5 Μαρινάρισμα	45
<u>3.3 Νέες μέθοδοι επεξεργασίας και συσκευασίας πουλερικών</u>	45
3.3.1 Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα	45
3.3.2 Βιοδιατήρηση	46
3.3.3 Αντιμικροβιακοί παράγοντες	47
3.3.4 Υπερυψηλή υδροστατική πίεση	54
3.3.5 Ακτινοβόληση	55
3.3.6 Ωσμωτική αφυδάτωση	56
<u>3.4 Η τεχνολογία εμποδίων (hurdle technology) στην επεξεργασία πουλερικών</u>	56
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ	59
<u>4.1 Πρόλογος</u>	59
<u>4.2 Φαινόμενα μεταφοράς μάζας κατά την ωσμωτική αφυδάτωση</u>	59
<u>4.3 Παράμετροι διεργασίας ωσμωτικής αφυδάτωσης</u>	62

<u>4.4 Κριτήρια επιλογής ωσμωτικού μέσου</u>	64
<u>4.5 Διαχείριση ωσμωτικού διαλύματος</u>	64
<u>4.6 Ωσμωτική αφυδάτωση και τεχνολογία εμποδίων</u>	66
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	69
<u>5.1 Εισαγωγή</u>	69
<u>5.2 Πειραματικός σχεδιασμός</u>	70
<u>5.3 Μεταφορά και προετοιμασία δειγμάτων</u>	71
<u>5.4 Ωσμωτική επεξεργασία δειγμάτων κοτόπουλου</u>	71
<u>5.5 Στάδια διεξαγωγής μικροβιολογικού ελέγχου</u>	72
<u>5.6 Μέτρηση pH</u>	75
<u>5.7 Μέτρηση χρώματος</u>	75
<u>5.8 Ανάλυση υφής</u>	76
<u>5.9 Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων</u>	78
<u>5.10 Στατιστική επεξεργασία</u>	81
6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	83
<u>6.1 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε νωπά μη επεξεργασμένα και ωσμωτικά προκατεργασμένα φιλέτα κοτόπουλου</u>	83
6.1.1 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε μη επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου	83
6.1.2 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε ωσμωτικά επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου	88
6.1.3 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε φιλέτα στήθους κοτόπουλου επεξεργασμένα με ωσμωτικό διάλυμα και προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης ως αντιμικροβιακό	93
6.1.4 Μέτρηση φορτίου γαλακτικών βακτηρίων σε μη επεξεργασμένα και ωσμωτικά επεξεργασμένα, με ή χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, δείγματα φιλέτου στήθους κοτόπουλου	103
<u>6.2 Μέτρηση pH</u>	103
6.2.1 Μέτρηση pH σε νωπά μη επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου	103
6.2.2 Μέτρηση pH σε ωσμωτικά επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου	104
6.2.3 Μέτρηση pH σε φιλέτα στήθους κοτόπουλου ωσμωτικά επεξεργασμένα με χρήση γλυκονο-δ-λακτόνης	105
<u>6.3 Ανάλυση υφής</u>	108
<u>6.4 Μέτρηση χρώματος</u>	110
6.4.1 Μέτρηση της μεταβολής της παραμέτρου	

χρώματος a (ερυθρότητα)	110
6.4.2 Μέτρηση της μεταβολής της παραμέτρου χρώματος b (κίτρινο χρώμα)	112
6.4.3 Μέτρηση της μεταβολής της παραμέτρου χρώματος L (φωτεινότητα)	115
<u>6.5 Οργανοληπτικός έλεγχος</u>	117
6.5.1 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε T=0°C	117
6.5.2 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε T=5°C	124
6.5.3 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε T=10°C	130
6.5.4 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε T=15° C	136
<u>6.6 Προσδιορισμός χρόνου ζωής</u>	159
6.6.1 Χρόνος ζωής στους 0°C	160
6.6.2 Χρόνος ζωής στους 5°C	161
6.6.3 Χρόνος ζωής στους 10°C	162
6.6.4 Χρόνος ζωής στους 15°C	163

7° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ
165

Βιβλιογραφία	169
Παράρτημα	177

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ

1.1 Εισαγωγή

Το χρώμα του κρέατος πουλερικών παρουσιάζει μεγάλες διαφορές ανάλογα με το είδος, την ηλικία και το μέρος του σώματος από το οποίο προέρχεται. Το κρέας του στήθους έχει ανοικτότερο χρώμα, ενώ το κρέας των κάτω άκρων είναι περισσότερο σκοτεινό. Οι ιδιότητες και κυρίως η γεύση του κρέατος των πουλερικών επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες όπως η τροφή του ζώου, η ηλικία του, το γένος, η φυλή. Γενικά πάντως έχει μεγάλη θρεπτική αξία, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες.

Η παραγωγή κρέατος πουλερικών έχει σήμερα μία έντονα βιομηχανοποιημένη μορφή. Στα πτηνοτροφεία η ανάπτυξη επιλεγμένων ειδών, υπό καθορισμένες συνθήκες διατροφής, θερμοκρασίας και υγρασίας, δίνει μέσα σε 8 εβδομάδες κοτόπουλα βάρους 1,5 περίπου kg. Η γεύση του κρέατος επηρεάζεται πολύ από την παρεχόμενη τροφή και μάλιστα κατά τις τελευταίες προ της σφαγής εβδομάδες (James et al., 2005).

1.2 Παραγωγικά στάδια της βιομηχανίας πουλερικών

1.2.1 Μεταφορά πουλερικών

Η μεταφορά των πουλερικών πρέπει να γίνεται κατά τρόπο που να μην καταπονούνται ούτε σωματικά ούτε όμως και ψυχικά. Η διαδρομή από την εκτροφή στο σφαγείο πρέπει να είναι η συντομότερη δυνατή (ευζωία). Αντίθετα, μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις και διακίνηση διάρκειας περισσότερο από 8 ώρες δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην ποιότητα του κρέατος. Επίσης προβλήματα δημιουργούνται τους θερινούς μήνες λόγω της ζέστης, γι' αυτό και η μεταφορά των πουλερικών κατά την εποχή αυτή γίνεται τις πρώτες πρωινές ή τις νυκτερινές ώρες. Τα πτηνά προκειμένου να αποσταλούν στο σφαγείο, τοποθετούνται σε ειδικούς κλωβούς, ενώ η καταπόνησή τους κατά τη μεταφορά ευνοεί την είσοδο βακτηρίων στο κρέας (Georgakis, 2000).

1.2.2 Τεχνολογία σφαγής των πουλερικών

Αρχικά γίνεται η ανάρτηση των πουλερικών από τα πόδια, σε ειδικά άγκιστρα της μεταφορικής αλυσίδας. Η εργασία αυτή συντελείται σε χώρο έξω από την κύρια αίθουσα σφαγής. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η αναισθητοποίηση των πουλερικών, η οποία είναι υποχρεωτική και επιτυγχάνεται με χρήση ηλεκτρικού ρεύματος ή μίγματος αποτελούμενου από 40% CO₂, 30% αέρα και 30% NO₂. Τα πουλερικά πριν αναισθητοποιηθούν πρέπει να βρίσκονται σε ηρεμία και για το σκοπό αυτό διέρχονται αναρτημένα ως έχουν από σκοτεινή σύραγγα, στο τέλος της οποίας αναισθητοποιούνται (Georgakis, 2000).

Ακολουθεί η αφαιμάξή τους, με αποκοπή του λαιμού με τη βοήθεια περιστροφικού μαχαιριδίου, εργασία η οποία πραγματοποιείται πάνω από αύλακα 4-5 m περίπου. Μετά την αφαιμάξη, η μεταφορική αλυσίδα με τα πουλερικά εισέρχεται σε άλλο χώρο του σφαγείου στον οποίο γίνεται το ζεμάτισμα και η αποπτίλωση. Ακολουθεί ο εκσπλαχνισμός και ο τεμαχισμός των πουλερικών, ενώ τα σφάγια επιθεωρούνται αμέσως μετά τον εκσπλαχνισμό τους. Άμεσα συνδεδεμένη με τη διαδικασία του τεμαχισμού είναι η συσκευασία, η ψύξη και η κατάψυξη. Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι οι χειρισμοί τους οποίους υφίστανται τα πουλερικά κατά τον τεμαχισμό, παρά τη σε μέγιστο βαθμό μηχανοποίηση της εργασίας αυτής, επιβαρύνουν σημαντικά το βακτηριολογικό τους φορτίο. Αυτό αποτελεί ένα λόγο για τον οποίο η ψύξη πρέπει να πραγματοποιείται τάχιστα (Georgakis, 2000).

Ο χώρος του σφαγείου, χωρίζεται σε δύο τμήματα: στον ακάθαρτο χώρο, στον οποίο γίνονται οι εργασίες της αγκίστρωσης, της αναισθητοποίησης, της αφαιμάξης, της αποπτίλωσης, της αποκοπής της κεφαλής και των άκρων και στο καθαρό τμήμα στο οποίο γίνονται οι εργασίες του εκσπλαχνισμού, της επιθεώρησης των σφαγείων και της ψύξης. Τα δύο τμήματα επικοινωνούν με αυτόματα ανοιγόμενες πόρτες, ενώ η προώθηση των σφαγείων από το ένα τμήμα στο άλλο συντελείται από μικρή δίοδο από την οποία διέρχεται η μεταφορική αλυσίδα με τα άγκιστρα και τα πουλερικά (Georgakis, 2000).

1.2.3 Επιθεώρηση των πουλερικών μετά τη σφαγή

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (ΠΔ291/96):

A) Χαρακτηρίζονται ακατάλληλα για την ανθρώπινη κατανάλωση, στο σύνολό τους, τα σφάγια πουλερικών κατά την επιθεώρηση των οποίων μετά τη σφαγή διαπιστώθηκε ένα από τα ακόλουθα:

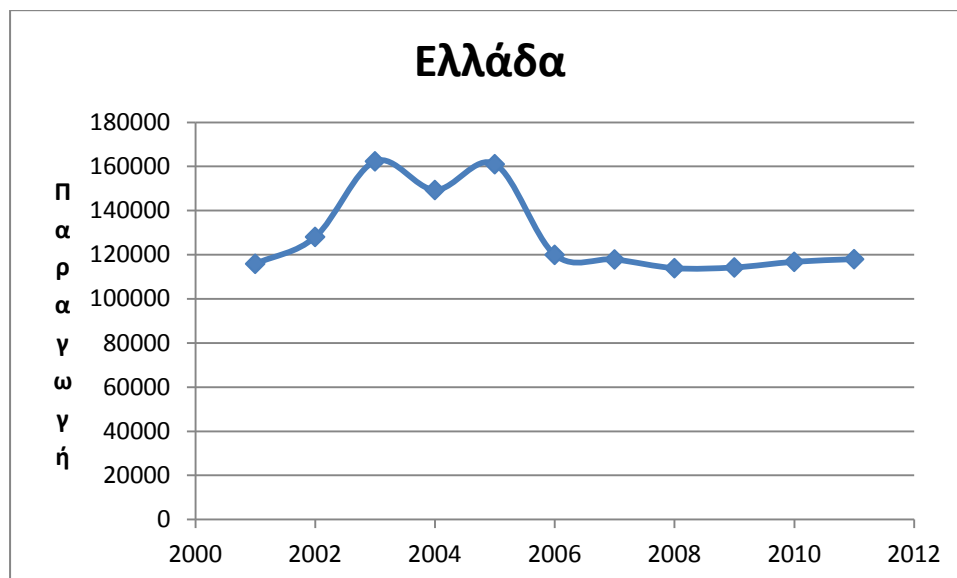
- γενικευμένες λοιμώδεις ασθένειες και χρόνιες εντοπίσεις παθογόνων μικροοργανισμών που μεταδίδονται στον άνθρωπο,
- τοπικές αλλοιώσεις στα όργανα οι οποίες εικάζεται ότι οφείλονται σε παθογόνους παράγοντες που μεταδίδονται στον άνθρωπο,
- εκτεταμένος υποδόριος και συστηματικός παρασιτισμός,
- δηλητηρίαση
- καχεξία
- μη φυσιολογική οσμή, χρώμα ή γεύση,
- κακοήθεις ή πολλαπλοί όγκοι,
- γενικευμένη ρύπανση ή μόλυνση,
- σημαντικές κακώσεις και εκχυμώσεις,
- εκτεταμένες μηχανικές κακώσεις, συμπεριλαμβανομένων αυτών που οφείλονται σε υπερβολικό ζεμάτισμα,
- ανεπαρκής αφαίμαξη
- κατάλοιπα ουσιών που υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα όρια και κατάλοιπα απαγορευμένων ουσιών.

B) Χαρακτηρίζονται ως ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση τα τμήματα του σφαγίου τα οποία παρουσιάζουν κακώσεις ή ρυπάνσεις που δεν επηρεάζουν την καταλληλότητα του υπόλοιπου κρέατος.

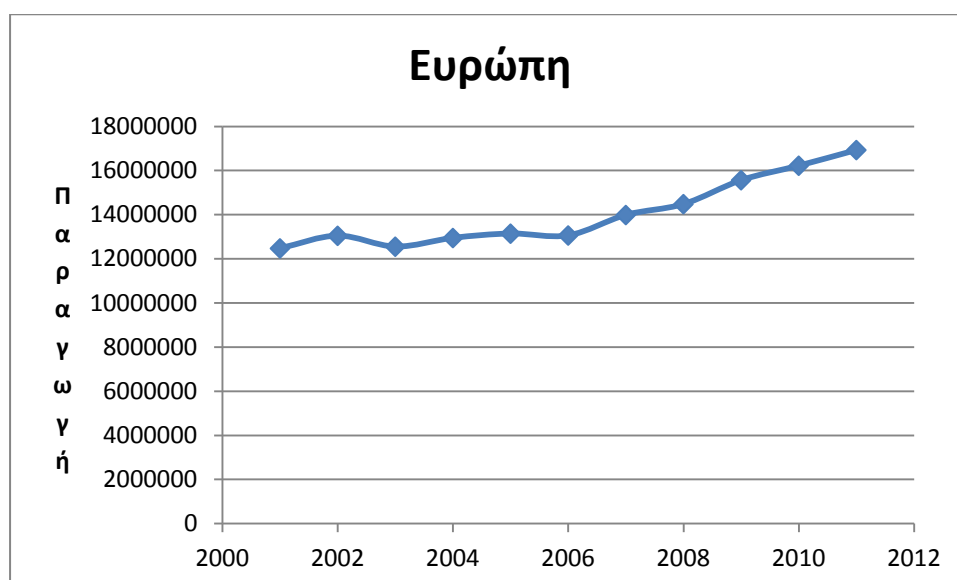
Επίσης, αποκλείονται από την ανθρώπινη κατανάλωση, η κεφαλή η οποία έχει αποκοπεί από το σφάγιο (εξαιρείται η γλώσσα), το λοφίο, τα κάλλαια καθώς και η τραχεία, οι πνεύμονες χωρισμένοι από το σφάγιο, ο οισοφάγος, ο πρόλοβος, τα έντερα και η χοληδόχος κύστη (Georgakis, 2000).

1.2.4 Στατιστικά δεδομένα παραγωγής πουλερικών

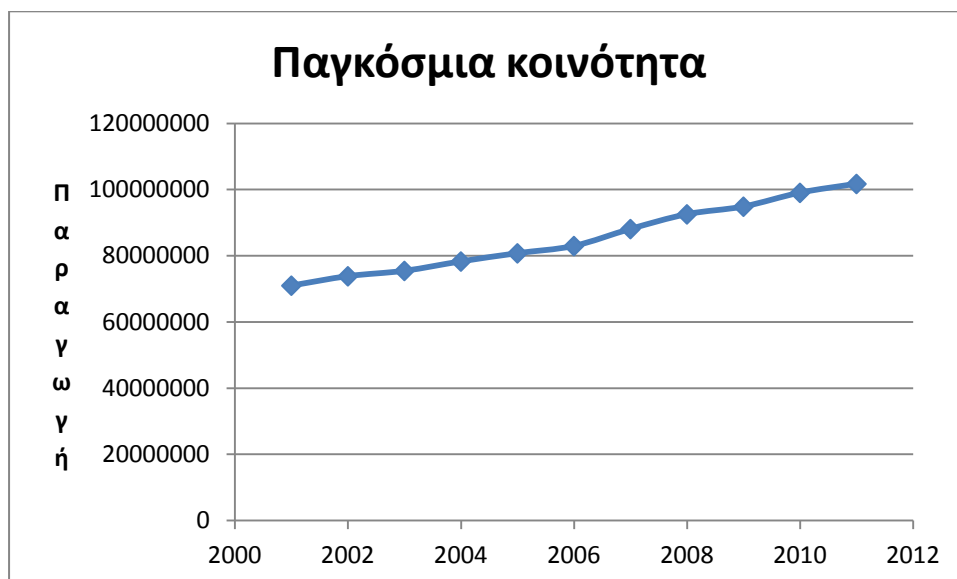
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα μεταβολής της παραγωγής πουλερικών σε τόνους από το 2001 έως το 2011 σε Ελλάδα, Ευρώπη και παγκοσμίως.(FAO)



Σχήμα 1.1 Παραγωγή πουλερικών (σε tn) στην Ελλάδα από το 2001 έως το 2011. Πηγή στατιστικών δεδομένων: FAO.



Σχήμα 1.2 Παραγωγή πουλερικών (σε tn) στην Ευρώπη από το 2001 έως το 2011. Πηγή στατιστικών δεδομένων: FAO.



Σχήμα 1.3 Παραγωγή πουλερικών (σε τν) παγκοσμίως από το 2001 έως το 2011. Πηγή στατιστικών δεδομένων: FAO.

1.3 Σημαντικά παράσιτα της βιομηχανίας πουλερικών

1.3.1 Εισαγωγή

Η ζήτηση για κρέας πουλερικών είναι αυξανόμενη παγκοσμίως και η αυξημένη παραγωγή απαιτεί επιπλέον τόνους τροφής. Τα παράσιτα αποτελούν ένα πρόβλημα στα μέρη όπου εκτρέφονται τα πουλερικά και μπορεί να έχει δυσμενή οικονομικά αποτελέσματα σε παραμέτρους παραγωγής. Πρέπει να τονιστεί ότι ο παρασιτισμός στη βιομηχανία πουλερικών, είναι ένα πρόβλημα που αφορά στο κοπάδι. Το ο,τιδήποτε συμβαίνει σε ένα μεμονωμένο πτηνό είναι σχετικά μικρής οικονομικής σημασίας (Ruff, 1999).

1.3.2 Ασθένειες που συνδέονται με την παρουσία παρασίτων

Τα κοκκίδια είναι χωρίς αμφισβήτηση τα πιο σημαντικά παράσιτα που εντοπίζονται στα πουλερικά όσον αφορά στη διακίνηση και οδηγεί σε οικονομικές απώλειες. Αν και η θνησιμότητα λόγω κοκκιδίωσης είναι υπό έλεγχο με αντικοκκιδιακή φαρμακευτική αγωγή, οι απώλειες από τη μειωμένη αύξηση του σωματικού βάρους και την αποδοτικότητα της τροφής αλλά και το κόστος αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών, αποτελούν μείζοντα ζητήματα για τις βιομηχανίες πουλερικών παγκοσμίως (Ruff, 1999).

Τα κοκκίδια πτηνών από το γένος *Eimeria* παρουσιάζουν πολύ μεγάλη επιλεκτικότητα όσον αφορά στον ξενιστή τους. Για παράδειγμα, τα κοτόπουλα, οι γαλοπούλες, οι φασιανοί κ.τ.λ, έχουν τα δικά τους είδη. Τα διαφορετικά είδη των εν λόγω μικροοργανισμών σε έναν ξενιστή, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον, όμως από τη σκοπιά του παραγωγού πουλερικών, οποιοσδήποτε από αυτούς μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα αν είναι παρών σε μεγάλους πληθυσμούς. Κάποια είδη τείνουν να είναι πιο ανθεκτικά όσον αφορά στη δόση εμβολιασμού που απαιτείται για να παραχθούν μετρήσιμα αποτελέσματα, όμως όλα τα είδη του γένους *Eimeria* που εντοπίζονται στα πουλερικά προκαλούν απώλεια βάρους, αύξηση του δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής, απώλεια του χρωματισμού του δέρματος, και μειωμένη παραγωγή αυγών. Ένας λόγος για τον οποίο τα κοκκίδια είναι παρόντα σε όλες τις παραγωγικές μονάδες πουλερικών, είναι η μεγάλη αναπαραγωγική ικανότητα αυτών των ενδοκυτταρικών παρασίτων. Η μετάδοση από τη μία φάρμα στην άλλη διευκολύνεται από τη μετακίνηση προσωπικού και εξοπλισμού, και ακόμη και οι νέες φάρμες θα έχουν την παρουσία παρασίτων μέσα σε λίγες εβδομάδες αφότου γίνει η εισαγωγή των πουλερικών (Ruff, 1999).

1.3.3 Μέτρα αντιμετώπισης παρασίτων

1.3.3.1 Διαχείριση

Από τη στιγμή που οι φαρμακευτικές αγωγές δεν είναι διαθέσιμες για πολλές παρασιτικές μολύνσεις, οι πρακτικές διαχείρισης αποτελούν τα μόνα απομείναντα μέτρα ελέγχου. Γενικά, τα εν λόγω μέτρα διακόπτουν τον κύκλο ζωής, αποτρέποντας το πτηνό να έρθει σε επαφή με διάφορους μολυντές. Η τήρηση των μέτρων υγιεινής, όπως η συχνή απομάκρυνση των νεκρών πτηνών και ή επιβολή κανονισμών που αφορούν στη μετακίνηση εξοπλισμού και προσωπικού, βοηθούν επίσης στη μείωση των παρασιτικών μολύνσεων. Τέλος, θα πρέπει να αποφεύγεται η εκτροφή πτηνών διαφορετικής ηλικίας σε στενή εγγύτητα, καθώς τα μεγαλύτερης

ηλικίας πτηνά μπορούν να αποτελέσουν πηγή μόλυνσεως για τα νεότερα πτηνά (Ruff, 1999).

1.3.3.2 Χημειοθεραπεία

Η χημειοθεραπεία σε μορφή αντικοκκιδιακών, ανθελμθικών και εντομοκτόνων αποτελούν τη βάση για την πρόληψη και τον έλεγχο των παρασιτικών μολύνσεων στη βιομηχανία πουλερικών. Η φαρμακευτική αγωγή με αντικοκκιδιακές ουσίες, παραμένει ο κύριος τρόπος πρόληψης της κοκκιδίωσης. Το βασικότερο πρόβλημα που σχετίζεται με αυτή τη μέθοδο ελέγχου είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα κοκκίδια σε όλες τις φαρμακευτικές αγωγές που είναι διαθέσιμες για χρήση (Ruff, 1999).

1.3.3.3 Εμβολιασμός

Ο εμβολιασμός είναι κρίσιμος για τον έλεγχο των περισσότερων βακτηρίων και ιών στη βιομηχανία πουλερικών, όμως ή ανοσία δεν παίζει σχεδόν κανένα ρόλο στον έλεγχο των παρασίτων εκτός από την κοκκιδίωση. Λόγω της ανάπτυξης ανθεκτικότητας των κοκκιδίων σε φάρμακα, υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη δημιουργία ανοσίας, προκειμένου να αποφευχθούν οι οικονομικές απώλειες. Ο έλεγχος των υπολοίπων παρασιτικών ασθενειών θα βασίζεται στη μέθοδο διακοπής του κύκλου ζωής και την προσεκτική χρήση αντιπαρασιτικών (Ruff, 1999).

1.4 Βιομηχανία πουλερικών και περιβάλλον

1.4.1 Εισαγωγή

Ως αποτέλεσμα της επέκτασης της βιομηχανίας πουλερικών, τα σφαγεία πουλερικών παράγουν αυξημένες ποσότητες στερεών, οργανικών παραπροϊόντων και αποβλήτων (Salminen and Rintala, 2001). Γενικότερα, στα απόβλητα από τη βιομηχανία πουλερικών περιλαμβάνονται τροφές, νεκρά πτηνά, σπασμένα αυγά, υλικά στρώμης (π.χ ροκανίδια και άχυρα), φτερά και περιττώματα, τα οποία προέρχονται από τα πτηνοτροφεία. Στα απόβλητα επίσης περιλαμβάνονται εκείνα που προέρχονται από τα κλουβιά, τη ζώνη μεταφοράς και τα συστήματα έκπλυσης (Kelleher et al., 2001). Όλα τα παραπάνω, περιέχουν 100 διαφορετικά είδη μικροοργανισμών, τα οποία εντοπίζονται σε μολυσμένα φτερά, πεπτικό σύστημα και πόδια πουλερικών, καθώς και σε εξοπλισμό επεξεργασίας, περιλαμβάνοντας παθογόνους μικροοργανισμούς όπως *Salmonella sp.*, *Staphylococcus sp.*, και *Clostridium sp.* Επομένως, σημαντικό κομμάτι της επεξεργασίας και της ανάκτησης

των εν λόγω αποβλήτων αποτελεί η ελάττωση του μικροβιακού τους φορτίου. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις μεθόδους επεξεργασίας.

1.4.2 Μέθοδοι ανάκτησης και διάθεσης των παραπροϊόντων της βιομηχανίας πουλερικών.

1.4.2.1 Θερμική διαχείριση παραπροϊόντων (Rendering)

Η διαχείριση αναφέρεται σε ποικίλες θερμικές κατεργασίες διαχωρισμού του λίπους από το κρέας. Η διαχείριση στους 133°C με ελάχιστο χρόνο τα 20 min και πίεση 3 bars ή μία εναλλακτική θερμική κατεργασία, είναι απαραίτητη για υψηλής επικινδυνότητας υλικά, τα οποία προορίζονται για ζωική τροφή ή ως ένα ενδιάμεσο προϊόν για την παρασκευή οργανικών λιπασμάτων ή άλλων παρεμφερών προϊόντων. Κατά τη διαχείριση παράγεται άλευρο κρέατος, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τροφή ζώων ή ως λίπασμα ή να επεξεργαστεί περαιτέρω με αναερόβια χώνευση ή κομποστοποίηση. Επιπρόσθετα, το λίπος που παράγεται από το rendering, μπορεί να καεί ως καύσιμο (Salminen and Rintala, 2001).

1.4.2.2 Χρήση για ζωοτροφή

Ως πλούσια πηγή πρωτεϊνών και βιταμινών, τα παραπροϊόντα των σφαγείων διατηρούνται σε φορμικό οξύ και χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή. Λόγω του ότι δεν μπορεί να αποδομηθεί εύκολα, το φτερό στη φυσική του κατάσταση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τροφή, όμως μπορεί κατόπιν επεξεργασίας. Ωστόσο, η νομοθεσία διαφωνεί με αυτή τη χρήση των παραπροϊόντων λόγω της πιθανότητας μετάδοσης ασθενιών μέσω της τροφικής αλυσίδας (Salminen and Rintala, 2001).

1.4.2.3 Άμεση καύση παραπροϊόντων βιομηχανίας πουλερικών

Η άμεση καύση παραπροϊόντων παρέχει θέρμανση στον χώρο των πτηνοτροφείων όπως επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλης κλίμακας συστήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ή θερμότητας και ρεύματος σε συνδυασμό. Η θερμογόνο δύναμη της πρώτης ύλης μειώνεται με την αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας και σε αποξηραμένα δείγματα έχει μία τιμή των 13,5GJ/tn, η οποία είναι περίπου η μισή εκείνης του γαιάνθρακα. Η διαδικασία παράγει υπόλειμμα τέφρας η οποία εμπεριέχει το μεγαλύτερο τμήμα φωσφορικών αλάτων και αλάτων καλίου που υπάρχουν στην αρχική πρώτη ύλη. Η συγκέντρωση του αζώτου ποικίλει και χάνεται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση ως NO_x, ρύπος που

δεν θεωρείται πρόβλημα. Η τέφρα είναι σταθερή, στείρα από μικροοργανισμούς, πιο εύκολη στο χειρισμό και στη μεταφορά και πιο εμπορεύσιμη ως οργανικό λίπασμα σε σχέση με τα συμβατικά παραπροϊόντα. (Kelleher et al., 2001)

1.4.2.4 Κομποστοποίηση

Κομποστοποίηση είναι η αερόβια αποδόμηση των βιοαποδομήσιμων οργανικών αποβλήτων. Είναι μία σχετικά γρήγορη διαδικασία βιοαποδόμησης, η οποία διαρκεί 4-6 εβδομάδες ώστε να επιτευχθεί ένα σταθερό προϊόν. Η κομποστοποιημένη ύλη είναι άοσμη, με λεπτή υφή, χαμηλό περιεχόμενο σε υγρασία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα. Τα κομποστοποιημένα λύματα πουλερικών είναι εύκολα στο χειρισμό και στείρα από παθογόνους μικροοργανισμούς. Τα μειονεκτήματα είναι η απώλεια αζώτου και άλλων θρεπτικών συστατικών κατά την κομποστοποίηση, καθώς και το υψηλό κόστος εξοπλισμού και εργασίας. Η υγρασία και η αναλογία C/N έχουν σημαντική επίδραση στην επιτυχημένη διαδικασία κομποστοποίησης. Όσον αφορά στα απόβλητα πουλερικών, μία χαμηλή αναλογία C/N συμβάλλει σε μεγάλες απώλειες αμμωνίας. Οι εκπομπές αμμωνίας κατά την κομποστοποίηση των εν λόγω αποβλήτων προκαλούν σημαντική περιβαλλοντική αλλαγή. Ένα υψηλό σε υγρασία περιεχόμενο, πάνω από 75%, αναστέλλει τη γρήγορη έναρξη της κομποστοποίησης. Η περιεχόμενη υγρασία επηρεάζει το ρυθμό αποδόμησης και την τάση σταθεροποίησης του τελικού προϊόντος, δεδομένου ότι η παραγωγή θερμότητας κατά την αποδόμηση, οδηγεί στην εξάτμιση (Kelleher et al., 2001).

1.4.2.5 Αναερόβια χώνευση

Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως μονάδα επεξεργασίας βιομηχανικών, αγροτικών και δημοτικών αποβλήτων. Περιλαμβάνει την αποδόμηση και τη σταθεροποίηση οργανικού φορτίου υπό αναερόβιες συνθήκες από μικροοργανισμούς, και οδηγεί στο σχηματισμό μεθανίου και ανόργανων προϊόντων συμπεριλαμβανομένου του CO₂ :

Οργανικό φορτίο + H₂O

=>^(anaerobes) CH₄ + CO₂ + Νέα βιομάζα + NH₃ + H₂S + θερμότητα

Τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων της βιομηχανίας πουλερικών, μπορούν να ταξινομηθούν σε ευρύτερες βιολογικές ομάδες: πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λίπη. Οι υδατάνθρακες αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του βιοαποδομήσιμου υλικού και περιλαμβάνει κυτταρίνη, άμυλο και σάκχαρα. Η αναερόβια κατεργασία των αποβλήτων της βιομηχανίας πουλερικών περιλαμβάνει δύο ξεχωριστά στάδια. Στο

πρώτο στάδιο, τα πολυσύνθετα συστατικά, συμπεριλαμβανομένων λιπών, πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών, υδρολύονται και διασπώνται στις επιμέρους υπομονάδες τους. Αυτή η διαδικασία συντελείται με τη προσθήκη προαιρετικά αναερόβιων και αναερόβιων μικροοργανισμών οι οποίοι καταναλώνουν το θρεπτικό υπόστρωμα και κατόπιν ζυμώσεως και άλλων μεταβολικών δραστηριοτήτων προκύπτουν απλές οργανικές ενώσεις. Το στάδιο αυτό αναφέρεται ως όξινη ζύμωση όπου η οργανική ύλη μετατρέπεται σε οργανικά οξέα, αλκοόλες και νέα βακτηριακά κύτταρα. Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τη μετατροπή των προϊόντων υδρόλυσης σε αέρια (κυρίως μεθανίου και CO₂) από διαφορετικά είδη αυστηρά αναερόβιων βακτηρίων και αναφέρεται ως ζύμωση μεθανίου. Το μεθάνιο που παράγεται από αυτή τη διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για λέβητες, να αντικαταστήσει το φυσικό αέριο ή το μαζούτ, καθώς επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού για χρήση στις φάρμες ή για πώληση σε εταιρείες. Για ευρύτερη δραστηριότητα, τα αέρια θα πρέπει να απαλλαγούν από ακαθαρσίες και έπειτα να συμπιεστούν και να πωληθούν σε εταιρείες καυσίμων. Τέλος, η υπολειμματική λάσπη είναι σταθερή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα (Kelleher et al., 2001).

1.4.2.6 Ελεγχόμενη υγειονομική ταφή

Η ταφή των νεκρών πτηνών είναι αυστηρά ελεγχόμενη προκειμένου να αποφευχθεί η μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Κατά την υγειονομική ταφή πρέπει όσο το δυνατόν να προλαμβάνονται, ή να μειώνονται όσο είναι εφικτό οι δυσμενείς επιπτώσεις στο τοπικό περιβάλλον, ιδιαίτερα η μόλυνση των επιφανειακών υδάτων, των υπόγειων υδάτων, του εδάφους και του αέρα, καθώς και στο παγκόσμιο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου του θερμοκηπίου (Salminen and Rintala, 2001).

1.4.2.7 Υπερδιήθηση

Κατά τη διάρκεια του τεμαχισμού και της συσκευασίας των πουλερικών είναι απαραίτητη η χρήση μεγάλων ποσοτήτων καθαρού νερού για τη συνεχή έκπλυση του κρέατος. Το νερό επεξεργασίας λυμάτων πουλερικών περιέχει πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες από το κρέας, αίμα, δέρμα και φτερά. Το νερό είναι επίσης μολυσμένο με μία μεγάλη ποσότητα χαλικιών και άλλων ανόργανων φορτίων. Επιπρόσθετα, στο νερό που χρησιμοποιείται για την ψύξη και την έκπλυση πτηνών συσσωρεύονται ρυπαντές ακόμη και παθογόνα βακτήρια. Προτού οι επεξεργαστές πουλερικών να απομακρύνουν το νερό επεξεργασίας από το εργοστάσιο, είναι υποχρεωμένοι να αφαιρέσουν την πλειοψηφία του διαλυτού και μη διαλυτού

οργανικού περιεχομένου προκειμένου να επιτύχουν συμμόρφωση προς τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Το νερό επεξεργασίας λυμάτων περιέχει πρωτεΐνες σε περιεκτικότητα 35%, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την αρκετά αυξημένη ποσότητα βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) και χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD). Επίσης, το 80% του οργανικού του φορτίου αποτελείται από μικροσωματίδια οι διαστάσεις των οποίων κυμαίνονται μεταξύ 75-100 μm. Επιπλέον, έχοντας μειώσει το μικροβιακό φορτίο του νερού, μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στο στάδιο της ψύξης, ακόμη και για την πλύση των δαπέδων της εγκατάστασης (Avula et al., 2008).

Οι συμβατικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επαναχρησιμοποίηση του νερού επεξεργασίας λυμάτων πουλερικών διαιρούνται σε 3 κατηγορίες:

- α) Ηλεκτρικές και οπτικές: καταστροφή μικροοργανισμών με ηλεκτρική διέγερση ή UV ακτινοβολία
- β) Χημικές και βιοχημικές: καταστροφή μικροοργανισμών με χρήση όζοντος, χημικό διαχωρισμό του οργανικού φορτίου με πήξη και θρόμβωση, βιολογική αποδόμηση με χρήση αναερόβιων μικροοργανισμών και
- γ) Φυσικές: χρήση συστήματος επίπλευσης με αέρα (DAF), γης διατομών και μικροδιήθησης.

Ωστόσο, οι υπάρχουσες διεργασίες παρουσιάζουν τα εξής μειονεκτήματα:

- α) Λίγες προσπάθειες έχουν γίνει για την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών
- β) Η χρήση τοξικών ενώσεων όπως άλατα σιδήρου κατά την επεξεργασία, καθιστούν τις καθιζάνουσες πρωτεΐνες ακατάλληλες για βιολογικές εφαρμογές
- γ) Πιθανώς χρήσιμα συστατικά στο νερό επεξεργασίας, αποδομούνται κατά το δεύτερο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης (Avula et al., 2008).

Η υπερδιήθηση (ultrafiltration), μία διαδικασία βασισμένη σε μεμβράνη και ρύθμιση της πίεσης, χρησιμοποιείται ευρέως για τον ταυτόχρονο καθαρισμό, διαχωρισμό, και συγκέντρωση κολλοειδών και υψηλού μοριακού βάρους διαλυτών συστατικών. Εφαρμόζεται επίσης στην αφαίρεση σωματιδίων, βακτηρίων και πυρετογόνων, καθώς και στην ανάκτηση χρήσιμων συστατικών σε χημικές, φαρμακευτικές βιομηχανίες και βιομηχανίες τροφίμων (Martin Lo et al., 2004).

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ

2.1 Θρεπτική αξία πουλερικών

2.1.1 Εισαγωγή

Το κρέας αποτελεί συγκεντρωτική πηγή θρεπτικών συστατικών, απαραίτητων για την ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού. Αν και κάποια επιδημιολογικά δεδομένα φέρνουν στην επιφάνεια έναν πιθανό συσχετισμό μεταξύ της κατανάλωσής του και ορισμένων ειδών καρκίνου, καρδιαγγειακών και μεταβολικών ασθενειών, η κατανάλωση κρέατος έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του ανθρώπινου είδους, κυρίως στην ανάπτυξη του εγκεφάλου και στην πνευματική ανάπτυξη.

2.1.2 Πρωτεΐνες

Ο ρόλος του κρέατος, ως πηγή πρωτεϊνών είναι αδιαμφισβήτητος. Ωστόσο, το πρωτεϊνικό περιεχόμενο του κρέατος ποικίλει σημαντικά. Το μέσο πρωτεϊνικό περιεχόμενο είναι 22%, ωστόσο μπορεί να είναι υψηλό όπως 34,5% στο στήθος κοτόπουλου, ή χαμηλό όπως 12,3% στο κρέας πάπιας. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτού του είδους πρωτεΐνες, παρουσιάζουν υψηλή ποιότητα, όπως υπολογίζεται από τη βιολογική αξία και τον συντελεστή πεπτικότητας. Η υψηλότερη βαθμολογία 1.00 έχει αποδοθεί στο ασπράδι του αυγού και στις πρωτεΐνες καζεΐνης. Το κρέας βαθμολογείται με 0.92, ενώ τα όσπρια τα οποία θεωρούνται σημαντική πηγή πρωτεϊνών στις χορτοφαγικές δίαιτες, η βαθμολογία τους κυμαίνεται από 0.57 έως 0.71 και η γλουτένη σίτου κατηγοριοποιείται με μία βαθμολογία 0.25 (Pereira et al., 2012).

2.1.3 Λίπη

Το δέρμα αποτελεί την κύρια πηγή λίπους στο κρέας των πουλερικών, ενώ το περιεχόμενό τους σε λίπος σε τεμάχια κοτόπουλου και γαλοπούλας προς πώληση, κυμαίνονται από 1 έως 15%, όμως τεμάχια τα οποία περιλαμβάνουν δέρμα, παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές (Pereira et al., 2012). Το περιεχόμενο σε λίπος των πουλερικών είναι κυρίως μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, κατόπιν κορεσμένα και

πολυακόρεστα. Τα πουλερικά είναι σημαντικά πλουσιότερα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα συγκριτικά με το χοιρινό, το αρνίσιο και το μοσχαρίσιο κρέας (Bellisle et al., 2005).

2.1.4 Υδατάνθρακες

Το κρέας και τα προϊόντα κρέατος δεν αποτελούν σημαντικές πηγές υδατανθράκων. Σχεδόν όλοι οι διατροφικοί υδατάνθρακες προέρχονται από φυτικές πηγές. Ο μόνος φυσικός υδατάνθρακας που υπάρχει στα ζωικής προέλευσης τρόφιμα είναι το γλυκογόνο και σε ορισμένα επεξεργασμένα με σάκχαρα προϊόντα κρέατος, ενδεχομένως να έχει προστεθεί σακχαρόζη ή γλυκόζη (Bellisle et al., 2005).

2.1.5 Βιταμίνες και μέταλλα

Το κρέας είναι μία άριστη πηγή πολλών βιταμινών και μετάλλων. Στα πουλερικά, το στήθος κοτόπουλου αποτελεί μία ιδιαίτερα καλή πηγή νιασίνης (100g καλύπτουν το 56% της συνιστώμενης ημερήσιας δόσης, ΣΗΔ) και βιταμίνης Β6 (27% της ΣΗΔ) ενώ τα 100g στήθους γαλοπούλας καλύπτουν το 31% της ΣΗΔ σε νιασίνη και το 29% της ΣΗΔ σε βιταμίνη Β6 (Pereira et al., 2012). Επίσης, τα πουλερικά έχουν χαμηλό περιεχόμενο σε σίδηρο, ενώ το περιεχόμενο σε σημαντικά μέταλλα, όπως Ca, Fe, P, K, Zn και Cu, του κρέατος γαλοπούλας είναι λίγο υψηλότερο σε σχέση με εκείνο του κοτόπουλου (Bellisle et al., 2005). Τέλος, εμπεριέχουν νερό σε περιεκτικότητα περίπου 64% (Potter et al., 1995).

2.2 Μεταθανάτιες μεταβολές πουλερικών

2.2.1 Νεκρική ακαμψία

Η νεκρική ακαμψία είναι μία από τις πιο σημαντικές φυσικοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν στους σκελετικούς μύες κατά τη σχετικά κοντινή μεταθανάτια περίοδο και διαρκεί για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της σκληρότητας του κρέατος. Το στάδιο της ακαμψίας συνήθως περιλαμβάνει δύο διακριτές φάσεις: μία φάση καθυστέρησης και μία ταχεία φάση. Αφότου η ακαμψία φτάσει στο μέγιστο, ο μύς υποβάλλεται σε μία μεγαλύτερη περίοδο λύσης (Chunbao Li, 2009).

Η ταχεία μεταθανάτια γλυκόλυση και οι υψηλές τιμές του pH είναι αποτέλεσμα του στρές στο οποίο υποβλήθηκε το πτηνό πριν και κατά τη διάρκεια της σφαγής. (Aliani et al., 2012). Το γαλακτικό οξύ που σχηματίζεται κατά τη γλυκόλυση παραμένει στον μύ μειώνοντας έτσι το pH από 6,5 σε λιγότερο από 5,8. Η έναρξη

της νεκρικής ακαμψίας παρατηρείται στο κοτόπουλο μέσα σε 2-4h (Belitz et al., 2004). Ενώ τα ATP (τριφωσφορική αδενοσίνη), ADP (διφωσφορική αδενοσίνη) και AMP (μονοφωσφορική αδενοσίνη) αποδομούνται ταχέως, η συγκέντρωση του IMP (μονοφωσφορική ινοσίνη) αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό και παραμένει υψηλή. Η συγκέντρωση της ινοσίνης, της ριβόζης και της υποξανθίνης αυξάνονται σταδιακά μετά τη σφαγή, όμως η αρχική αύξηση της φωσφορικής ριβόζης, δεν διατηρείται. Η μεγαλύτερη ποσότητα της ριβόζης η οποία είναι παρούσα στο κρέας του κοτόπουλου και η οποία θεωρείται σημαντική για το σχηματισμό του αρώματος και της γεύσης, παραμένει σε μορφή ινοσίνης και IMP. Υπάρχουν ενδείξεις ότι επιπρόσθετα μονοπάτια αποδόμησης της ριβόζης και της φωσφορικής ριβόζης μπορούν να μειώσουν τις συγκεντρώσεις αυτών των πρόδρομων ενώσεων (Aliani et al., 2012).

2.2.2 Ωρίμανση ή σίτεμα

Η νεκρική ακαμψία αρχίζει να λύνεται με την πάροδο του χρόνου. Το διάστημα που μεσολαβεί ως την λύση της εξαρτάται από το είδος του κρέατος και τη θερμοκρασία. Σταδιακά η σκληρότητα του κρέατος ελαττώνεται, οδηγώντας σε προϊόν τόσο πιο μαλακό όσο η αρχική σκληρότητα ήταν μικρότερη. Το σύνολο των βιοχημικών και φυσικοχημικών μεταβολών που πραγματοποιούνται από τη στιγμή της λύσεως της νεκρικής ακαμψίας μέχρις ότου το κρέας γίνει κατάλληλο για κατανάλωση λόγω της σήψεως, αποτελούν την ωρίμανση ή σίτεμα του κρέατος. Στην πραγματικότητα όμως, η ωρίμανση αρχίζει από τη στιγμή της σφαγής και περιλαμβάνει και την οξίνιση και την πτωματική ακαμψία. Κατά την ωρίμανση που είναι μία πολύπλοκη αυτολυτική διεργασία, αυξάνει η ικανότητα συγκρατήσεως νερού, το κρέας γίνεται τρυφερό και αποκτά τη χαρακτηριστική και ευχάριστη γεύση του.

Η διάρκεια της ωρίμανσης εξαρτάται από την τηρούμενη θερμοκρασία. Η πρώτη εντύπωση είναι πως με μεγαλύτερη θερμοκρασία μόνο οφέλη θα προκύψουν από τη συντομότερη και κατά συνέπεια με μικρότερο κόστος διακίνηση του κρέατος. Η πραγματικότητα όμως είναι διαφορετική γιατί σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, αυξάνονται οι κίνδυνοι μικροβιακής αναπτύξεως και χρειάζονται εξαιρετικά προσεχτικές συνθήκες χειρισμού και προσωπικό πολύ καταρτισμένο.

Οι Chunbao Li et al., 2009, επεδίωξαν να αναπτύξουν μία μέθοδο προκειμένου να παρατηρήσουν τις μεταβολές στις οποίες υπόκεινται οι μύες του στήθους από κοτόπουλο κατά τη διάρκεια της έναρξης και της ανάπτυξης της νεκρικής ακαμψίας, χρησιμοποιώντας αναλυτή υφής. Ένα τεστ διεϊσδυσης αποδείχθηκε εφικτό προκειμένου να ανιχνευθούν οι μεταθανάτιες αλλαγές του μύος μέσα σε διάστημα 48h. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης απεικονίζει τη μεταβολή της δύναμης

(σκληρότητας) κατά τη μονοαξονική, συνεχή διάτρηση στήθους κοτόπουλου, συναρτήσει του χρόνου κατά τη διάρκεια της νεκρικής ακαμψίας. Ο μυς του κοτόπουλου παρουσίασε μία όμοια εικόνα μεταβολής στους 4 και 15°C, συμπεριλαμβανομένων των φάσεων καθυστέρησης, ακαμψίας και λύσης. Οι αρχικές και οι μέγιστες τιμές της εφαρμοζόμενης δύναμης ήταν παρόμοιες στις δύο θερμοκρασίες, αλλά οι φάσεις καθυστέρησης και ακαμψίας παρουσίασαν μεγαλύτερη διάρκεια στους 4°C από εκείνη στους 15°C. Αυτό υποδεικνύει ότι οι μύες του στήθους κοτόπουλου υπόκεινται σε ίδιου βαθμού συστολή και στις δύο θερμοκρασίες, αλλά ο ρυθμός συστολής είναι ελαφρώς χαμηλότερος στους 4°C. Αιτία αυτού αποτελεί η μικρότερη γλυκολυτική δραστηριότητα σε χαμηλή θερμοκρασία. Παρατηρήθηκε γραμμική αύξηση της επιβαλλόμενης δύναμης με τον χρόνο κατά το στάδιο της ακαμψίας και εκθετική ελάττωσή της κατά το στάδιο της λύσης και στις δύο θερμοκρασίες. Ο ρυθμός λύσης της νεκρικής ακαμψίας στους 4°C ήταν βραδύτερος εκείνου στους 15°C. Έτσι, η υψηλή θερμοκρασία όχι μόνο επιταχύνει τη διαδικασία της ακαμψίας, αλλά και τον ρυθμό λύσης της στους μύες του κοτόπουλου (Chunbao Li et al., 2009).

2.2.3 Σήψη

Με μακρύτερη παραμονή του κρέατος και μάλιστα σε υψηλότερη θερμοκρασία αρχίζει η αποσύνθεσή του που εκδηλώνεται με σκοτεινό χρώμα, εμφάνιση αλκαλικής αντίδρασης και σχηματισμό δύσοσμων ουσιών. Η σήψη προκαλείται κυρίως από μικροοργανισμούς και επιβραδύνεται σημαντικά με τη διατήρηση του κρέατος υπό ψύξη.

2.3 Μικροβιολογικές αλλοιώσεις προϊόντων πουλερικών

2.3.1 Γενικές αρχές μικροβιολογίας τροφίμων

Τα τρόφιμα, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά συστατικά και της ευκολίας μόλυνσής και ρυπάνσής τους, είναι πάντοτε φορείς μικροοργανισμών. Τα μικρόβια αυτά συμμετέχουν στις φυσικοχημικές και βιολογικές μεταβολές που συμβαίνουν στα τρόφιμα.

Στο ταξινομικό σύστημα των μικροβίων αναγνωρίζονται οι ακόλουθες ταξινομικές κατηγορίες: **τάξη, γένος (genus), είδος (species), στέλεχος (strain)**. Το είδος παρουσιάζει μια υψηλή βαθμίδα φαινοτυπικής ομοιότητας και σημαντικής ανομοιότητας ως προς άλλα αθροίσματα συγγενών πληθυσμών. Τα διάφορα στελέχη έχουν μεγάλη σημασία για την Μικροβιολογία Τροφίμων. Γένος και είδος συμβολίζονται με μια διώνυμη λατινική ονομασία (σε πλάγια γραφή). Για παράδειγμα στο *Saccharomyces cerevisiae*, ο όρος *Saccharomyces* αντιπροσωπεύει το γένος, ο όρος *cerevisiae* το είδος, ενώ χρησιμοποιούνται περισσότερα από 1000

διαφορετικά στελέχη της ζύμης *S. cerevisiae* ως μαγιές ψωμιού, κρασιού ή μύρας (Tzia et al., 2007).

Μια κατηγοριοποίηση των μικροοργανισμών, η οποία είναι πρακτική για τα τρόφιμα, είναι η εξής:

A. Βακτήρια,

B. Ζυμομύκητες,

Γ. Ευρωτομύκητες.

Οι μικροοργανισμοί των τροφίμων μπορεί να είναι είτε ανεπιθύμητοι (παθογόνοι ή αλλοιογόνοι), είτε χρήσιμοι (ζυμώσεις, ωρίμανση).

A. Βακτήρια

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που πολλαπλασιάζονται με κυτταρική διαίρεση. Είναι ετερότροφοι, χωρίς διακριτό κυτταρικό τοίχωμα, χωρίς χλωροφύλλη και με σφαιρικό, ραβδόμορφο ή σπειροειδές σχήμα. Ανάλογα με τη χρώση τους κατά Gram, διακρίνονται σε θετικά (+) όταν η τελική χρώση τους είναι κυανοϊώδης και σε αρνητικά (-) όταν είναι κόκκινη (Tzia et al., 2007).

B. Ζυμομύκητες

Οι ζυμομύκητες είναι ετερότροφοι μικροοργανισμοί με ελλειψοειδές, ραβδόμορφο ή σφαιρικό σχήμα. Το μέγεθός τους κυμαίνεται μεταξύ 2 και 6μm, ενώ μπορεί να είναι σπορογόνοι ή άσποροι. Έχουν καθορισμένο κυτταρικό τοίχωμα, μάλλον δύσκαμπτο, διακριτό και καλώς οργανωμένο πυρήνα και στερούνται μέσων μετακινήσεως (βλεφαρίδες). Ο πολλαπλασιασμός τους πραγματοποιείται με εκβλάστηση, διχοτόμηση ή σπορογονία. Πρόκειται για αερόβιους μικροοργανισμούς, ανθεκτικούς σε χαμηλό pH και ενεργότητα νερού, όμως ευαίσθητους στη θερμοκρασία (Tzia et al., 2007).

Γ. Ευρωτομύκητες (Μούχλες)

Είναι πολυκύτταροι μικροοργανισμοί νηματοειδούς μορφής. Όσον αφορά την οργάνωσή τους, αποτελούνται από ένα βλαστικό κι ένα καρποφόρο μέρος. Το βλαστικό μέρος περιλαμβάνει διακλαδωμένα νηματοειδή κύτταρα (νηματώδη υφή) που σχηματίζουν μυκήλια. Το καρποφόρο μέρος αποτελεί μια νηματώδη υφή που σχηματίζει σπόρια (γονιδιοφόρος). Οι ευρωτομύκητες, όπως και ζυμομύκητες, είναι αερόβιοι, ανθεκτικοί σε χαμηλές θερμοκρασίες, χαμηλό pH και ενεργότητα νερού, και συνήθως ευαίσθητοι σε υψηλές θερμοκρασίες (Tzia et al., 2007).

2.3.2 Παράγοντες που καθορίζουν τη μικροβιακή αλλοίωση των τροφίμων

2.3.2.1 Ενδογενείς παράμετροι

Τις ενδογενείς παραμέτρους αποτελούν τα φυσικά, χημικά και δομικά χαρακτηριστικά του τροφίμου καθεαυτού. Οι πιο σημαντικοί ενδογενείς

παράγοντες είναι η περιεχόμενη υγρασία, το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής, τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά και οι φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες (Jay, 2000).

Θρεπτικά Συστατικά του Υποστρώματος

Προκειμένου να αναπτυχθούν και να λειτουργήσουν φυσιολογικά, οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν τα παρακάτω :

- Πηγές άνθρακα
- Πηγή αζώτου
- Βιταμίνες και σχετικούς παράγοντες ανάπτυξης
- Ανόργανα άλατα και ανόργανα συστατικά

Ως πηγές ενέργειας, οι μικροοργανισμοί των τροφίμων χρησιμοποιούν σάκχαρα, αλκοόλες, και αμινοξέα. Κάποιοι λίγοι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν σύνθετους υδατάθρακες όπως άμυλα και κυτταρίνη ως πηγές ενέργειας πρώτα αποδομώντας αυτές τις ενώσεις σε απλά σάκχαρα. Τα λίπη χρησιμοποιούνται από τους μικροοργανισμούς, αλλά είναι λίγοι οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν αυτές τις ενώσεις.

Οι κύριες πηγές αζώτου που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί είναι τα αμινοξέα. Κάποιοι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν νουκλεοτίδια και ελεύθερα αμινοξέα, ενώ άλλοι χρησιμοποιούν πεπτίδια και πρωτεΐνες, ωστόσο απλές ενώσεις όπως τα αμινοξέα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλους σχεδόν τους μικροοργανισμούς.

Τέλος, οι μικροοργανισμοί παρουσιάζουν απαιτήσεις σε χαμηλές ποσότητες βιταμινών Β, η οποία αφθονεί στα περισσότερα τρόφιμα για εκείνους τους μικροοργανισμούς που αδυνατούν να τις συνθέσουν. Σε αντίθεση με τα Gram-θετικά βακτήρια, τα Gram-αρνητικά βακτήρια και οι μύκητες, μπορούν να συνθέσουν σχεδόν ή όλες τις απαιτήσεις τους. Συνεπώς, αυτές οι δύο ομάδες μικροοργανισμών μπορούν να εντοπιστούν σε τρόφιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνες Β. Τα φρούτα τείνουν να περιέχουν μικρότερες ποσότητες βιταμινών Β από τα κρέατα, και αυτό το γεγονός, σε συνδυασμό με το χαμηλό pH και το θετικό Eh των φρούτων, βοηθά στην εξήγηση της συνήθους αλλοίωσης αυτών των προϊόντων από μύκητες παρά από βακτήρια (Jay, 2000).

Υγρασία του Υποστρώματος & Ενεργότητα του Νερού

Η συντήρηση των τροφίμων μέσω αφυδάτωσης αποτελεί μία άμεση συνέπεια της αφαίρεσης ή της δέσμευσης υγρασίας, χωρίς την οποία οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αναπτυχθούν. Οι απαιτήσεις των μικροοργανισμών σε νερό, μπορούν να περιγραφούν σε όρους ενεργότητας νερού a_w . Αυτή η παράμετρος ορίζεται ως ο λόγος της τάσης ατμών του νερού του τροφίμου προς την τάση ατμών του καθαρού νερού στην ίδια θερμοκρασία, δηλαδή $a_w = p/p_0$. Η ενεργότητα νερού συνδέεται με τη σχετική υγρασία (R.H) του υποστρώματος ως εξής: $R.H = 100 \times a_w$. Η ελάττωση της ενεργότητας νερού επηρεάζει δυσμενώς τις μεταβολικές δραστηριότητες, αφού τα κύτταρα απαιτούν ένα περιβάλλον με αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία (Jay, 2000).

pH

Έχει αποδειχθεί ότι οι περισσότεροι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται καλύτερα σε τιμές pH γύρω στο 7.0 (6.6-7.5), ενώ είναι λίγοι εκείνοι που αναπτύσσονται κάτω από 4. Τα βακτήρια τείνουν να είναι πιο ευαίσθητα σε μεταβολές του pH από τις ζύμες και τους μύκητες. Όσον αφορά στη μέγιστη και στην ελάχιστη τιμή του pH ανάπτυξης των μικροοργανισμών, δεν θα πρέπει να αποτελούν καθορισμένα όρια, αφού οι πραγματικές τους τιμές είναι γνωστό ότι εξαρτώνται από άλλες παραμέτρους ανάπτυξης. Για παράδειγμα το ελάχιστο pH ορισμένων γαλακτοβάκιλων έχει παρατηρηθεί ότι εξαρτάται από τον τύπο του οξέος που χρησιμοποιείται, με το κιτρικό, υδροχλωρικό, φωσφορικό και ταρταρικό οξύ να επιτρέπουν την ανάπτυξη σε χαμηλότερη τιμή pH από το οξικό και το γαλακτικό οξύ. Επίσης, το pH φρούτων, αναψυκτικών, ξυδιού και κρασιών κυμαίνεται σε τιμές κάτω από το σημείο στο οποίο αναπτύσσονται τα βακτήρια και επομένως, η άριστη ποιότητα αυτών των τροφίμων οφείλεται κυρίως στο pH τους. Έπειτα, είναι γνωστό ότι τα φρούτα υπόκεινται σε αλλοιώσεις από ζύμες και μύκητες, πράγμα που οφείλεται στην ικανότητα αυτών των μικροοργανισμών να αναπτύσσονται σε τιμές pH μικρότερες του 3.5, οι οποίες είναι σημαντικά μικρότερες από την ελάχιστη τιμή pH για τα περισσότερα αλλοιωγόνα και όλα τα παθογόνα βακτήρια. Τα περισσότερα κρέατα και θαλασσινά, έχουν τιμές pH από 5.6 και πάνω, κάτι το οποίο τα καθιστά ευαίσθητα σε αλλοιώσεις εξίσου από βακτήρια, ζύμες και μύκητες. Τέλος, τα περισσότερα λαχανικά έχουν υψηλότερες τιμές pH από τα φρούτα, με συνέπεια να υπόκεινται κυρίως σε αλλοιώσεις από βακτήρια παρά από μύκητες (Jay, 2000).

Το Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (Eh)

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής ενός υποστρώματος μπορεί να οριστεί γενικά ως η ευκολία με την οποία ένα υπόστρωμα χάνει ή αποκτά ηλεκτρόνια. Με βάση τις απαιτήσεις σε τιμές Eh οι μικροοργανισμοί διακρίνονται σε:

- **Αερόβιους**
- **Προαιρετικά αερόβιους ή αναερόβιους**
- **Αυστηρώς αναερόβιους**
- **Μικροαερόφιλους**

Οι αερόβιοι μικροοργανισμοί απαιτούν θετικές τιμές Eh (οξειδωση) για την ανάπτυξή τους, ενώ οι αναερόβιοι απαιτούν αρνητικές τιμές Eh (αναγωγή). Ανάμεσα στις ουσίες των τροφίμων οι οποίες βοηθούν τη διατήρηση αναγωγικών συνθηκών είναι οι ομάδες -SH στα κρέατα και το ασκορβικό οξύ και τα αναγωγικά σάκχαρα σε φρούτα και λαχανικά.

Όσον αφορά στο Eh των τροφίμων, τα φυτικής προελεύσεως τρόφιμα, κυρίως οι χυμοί φυτών, τείνουν να έχουν τιμές Eh από 300 μέχρι 400 mV. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι τα αερόβια βακτήρια και οι μύκητες αποτελούν τη βασική αιτία αλλοίωσης αυτού του τύπου προϊόντων. Τα στερεά κρέατα έχουν τιμές Eh γύρω στα -200mV, ενώ στα κρέατα σε μορφή κιμά, το Eh τους κινείται γύρω στα

200mV. Τέλος, τα τυριά ποικίλων ειδών παρουσιάζουν αρνητικές τιμές E_h που κυμαίνονται από -20 έως -200mV.

Οι μικροοργανισμοί επηρεάζουν το E_h του περιβάλλοντός τους κατά την ανάπτυξή τους, όπως και το pH. Αυτό παρατηρείται κυρίως στους αερόβιους μικροοργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να μειώσουν το E_h τους περιβάλλοντός τους, ενώ οι αναερόβιοι αδυνατούν. Καθώς οι αερόβιοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται, το O_2 του μέσου εξαντλείται, έχοντας ως συνέπεια τη μείωση του E_h . Το αποτέλεσμα είναι ότι το μέσο γίνεται φτωχότερο σε οξειδωτικές και πλουσιότερο σε αναγωγικές ουσίες. Το E_h ενός μέσου μπορεί να μειωθεί από μικροοργανισμούς μέσω της παραγωγής ορισμένων μεταβολικών παραπροϊόντων όπως το H_2S , το οποίο έχει την ικανότητα να μειώνει το E_h μέχρι στα -300mV. Επειδή το H_2S αντιδρά εύκολα με το O_2 , συσσωρεύεται μόνο σε αναερόβια περιβάλλοντα (Jay, 2000).

Φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες

Η σταθερότητα ορισμένων τροφίμων ενάντια στους μικροοργανισμούς, οφείλεται στην παρουσία ορισμένων φυσικά απαντώμενων ουσιών οι οποίες εμφανίζουν αντιμικροβιακή δραστηριότητα. Κάποια είδη τροφίμων εμπεριέχουν αιθέρια έλαια, των οποίων η αντιμικροβιακή δράση περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο. Το γάλα αγελάδος περιέχει αντιμικροβιακές ουσίες όπως λακτοφερρίνη, κονγλουτίνη και το σύστημα λακτοπεροξειδάσης (Jay, 2000).

2.3.2.2 Εξωγενείς παράμετροι

Οι εξωγενείς παράμετροι είναι παράγοντες του περιβάλλοντος στο οποίο ένα τρόφιμο αποθηκεύεται. Οι πιο σημαντικοί είναι η θερμοκρασία αποθήκευσης, η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος, η παρουσία και η συγκέντρωση αερίων και η δραστηριότητες άλλων μικροοργανισμών. Η συγκέντρωση αερίων θα αναπτυχθεί στη συνέχεια (Jay, 2000).

Θερμοκρασία αποθήκευσης

Οι μικροοργανισμοί, ατομικά και ως ομάδα, αναπτύσσονται σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Εκείνοι οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται κάτω από τους 7°C και παρουσιάζουν βέλτιστη ανάπτυξη μεταξύ 20 και 30°C ονομάζονται ψυχρότροφοι. Εκείνοι οι οποίοι αναπτύσσονται μεταξύ 20 και 45°C με βέλτιστη ανάπτυξη μεταξύ 30 και 40°C αναφέρονται ως μεσόφιλοι, ενώ όσοι αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες άνω των 45°C με βέλτιστο εύρος μεταξύ 55°C και 65°C, καλούνται θερμόφιλοι (Jay, 2000).

Σχετική Υγρασία (relative humidity, R.H.)

Η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αποθήκευσης είναι σημαντική από τη σκοπία της σχετικής υγρασίας του τροφίμου και της ανάπτυξης μικροοργανισμών στην επιφάνεια. Όταν η σχετική υγρασία του τροφίμου έχει τιμή 0.60, είναι σημαντικό το τρόφιμο να αποθηκεύεται σε συνθήκες σχετικής υγρασίας οι οποίες

δεν επιτρέπουν να προσλάβει υγρασία το τρόφιμο από τον αέρα και με αυτόν τον τρόπο να αυξήσει την επιφάνειά του και την επιφανειακή σχετική υγρασία του σε ένα σημείο όπου μπορεί να συμβεί μικροβιακή ανάπτυξη. Όταν τρόφιμα χαμηλής a_w τοποθετούνται σε περιβάλλοντα υψηλής R.H. , τα τρόφιμα προσλαμβάνουν υγρασία μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία. Ομοίως, τρόφιμα με υψηλή a_w αποβάλλουν υγρασία όταν τοποθετούνται σε περιβάλλον χαμηλής R.H. (Jay, 2000).

Μικροβιακή δραστηριότητα

Το αποτέλεσμα της ανάπτυξης ενός μικροοργανισμού, ενδέχεται να έχει μία συνεργιστική ή ανταγωνιστική επίδραση στη μικροβιακή δραστηριότητα άλλων μικροοργανισμών που είναι παρόντες στο τρόφιμο. Τα συνεργιστικά αποτελέσματα περιλαμβάνουν την παραγωγή ή τη διαθεσιμότητα απαραίτητων θρεπτικών συστατικών που οφείλεται στην ανάπτυξη ενός συγκεκριμένου είδους μικροοργανισμών, επιτρέποντας έτσι την ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών οι οποίοι σε διαφορετική περίπτωση, δεν θα ήταν ικανοί να αναπτυχθούν. Επίσης, οι αλλαγές στην τιμή του pH, του δυναμικού οξειδοαναγωγής και της ενεργότητας νερού ενδεχομένως να ενισχύσουν την ανάπτυξη των λιγότερο ανθεκτικών μικροοργανισμών σε αυτούς τους ανασταλτικούς παράγοντες, προκαλώντας έτσι δευτερεύουσα αλλοίωση. Οι ανταγωνιστικές διαδικασίες περιλαμβάνουν ανταγωνισμό για απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, αλλαγές στο pH ή στο δυναμικό οξειδοαναγωγής ή στον σχηματισμό αντιμικροβιακών ουσιών, π.χ βακτηριοσινών οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την επιβίωση ή την ανάπτυξη των άλλων μικροοργανισμών (Veld, 1996)

Ένα άλλο σημαντικό φαινόμενο το οποίο χρήζει προσοχής στη συντήρηση των τροφίμων είναι η ομοιόσταση των μικροοργανισμών. Αν η ομοιόσταση ενός μικροοργανισμού, δηλαδή η εσωτερική τους ισορροπία, διαταραχθεί από παράγοντες συντήρησης τροφίμων, δεν θα πολλαπλασιαστούν, δηλαδή παραμένουν στη λανθάνουσα φάση ή ακόμη πεθαίνουν πριν η ομοιόστασή τους να ανασυνταχθεί. Για παράδειγμα, σε ένα όξινο τρόφιμο θα αποβάλλουν πρωτόνια ενάντια στην πίεση που προκαλείται από την παθητική εισροή πρωτονίων. Τέλος, ένας άλλος σημαντικός ομοιοστατικός μηχανισμός ρυθμίζει την εσωτερική οσμωτική πίεση (ωσμοομοιόσταση). Τα κύτταρα πρέπει να διατηρήσουν την ωσμωτικότητα του κυτταροπλάσματός τους υψηλότερα από εκείνη του περιβάλλοντος, πράγμα το οποίο επιτυγχάνουν με τη χρήση ωσμοπροστατευτικών ενώσεων όπως η προλίνη και η βεταΐνη (Veld, 1996).

2.3.3 Παρουσία αλλοιογόνων μικροοργανισμών στο κρέας των πουλερικών

Η αλλοιογόνος μικροχλωρίδα του αερόβια αποθηκευμένου φρέσκου κοτόπουλου αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων, ενώ το δέρμα του κρέατος παρέχει άριστες συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Η συχνότητα των βακτηρίων μέσα στο κρέας και στην επιφάνειά του είναι ανεπιθύμητη με εξαίρεση τα ζυμωμένα προϊόντα κρέατος. Οι μεταβολικές δραστηριότητες συγκεκριμένων μικροοργανισμών παίζουν σημαντικό ρόλο στην ωρίμανσή τους. Ο ρυθμός αλλοίωσης του κρέατος εξαρτάται από τους παρόντες μικροοργανισμούς και τις συνθήκες ανάπτυξής τους (πηγές θρεπτικών συστατικών, θερμοκρασία, pH, σύνθεση της ατμόσφαιρας, ενεργότητα νερού). Τα πιο συνήθη βακτήρια που υπάρχουν στα πουλερικά είναι τα *Enterobacteriaceae*, *Micrococcaceae*, *Pseudomonas*, *Campylobacter*, *Arcobacter*, *Staphylococcus*, *Enterococcus* και γαλακτικά βακτήρια. Στελέχη αυτών των βακτηρίων παράγουν κατά το μεταβολισμό τους βιογενείς αμίνες. Οι αμίνες αυτές αποτελούν δείκτη αλλοίωσης του κρέατος. Η παρουσία τους στο κρέας εξαρτάται από την παραγωγή δεκαρβοξυλάσης από τους μικροοργανισμούς. Επίσης, εξαρτάται από ενδογενείς και εξωγενείς παραμέτρους όπως θερμοκρασία και pH του περιβάλλοντος, αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες, διαθεσιμότητα πηγών άνθρακα, αυξητικών παραγόντων, φάση ανάπτυξης των κυττάρων κ.λ.π. Οι αμίνες που παράγονται είναι η τυραμίνη, ισταμίνη, αγματίνη, πουτρεσκίνη, καβαδερίνη από τα κατά Gram- αρνητικά βακτήρια (Bunkova et al., 2009). Τέλος, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που απαντώνται στα πουλερικά είναι οι: *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella spp.*, *Bacillus cereus* και *Clostridium perfringens* και *Listeria monocytogenes* (σε μικρότερο βαθμό) (Mataragas et al., 2007).

Ψευδομονάδες

Από τους μικροοργανισμούς που είναι παρόντες στο κοτόπουλο, οι ψευδομονάδες κυριαρχούν στους αλλοιογόνους πληθυσμούς σε αερόβιες συνθήκες (Mellor et al., 2010). Οι ψευδομονάδες είναι αερόβια, μη σπορογόνα, gram- αρνητικά, σε σχήμα ράβδου βακτήρια. Οι ψυχρόφιλες ψευδομονάδες αναγνωρίζονται ως οι πλέον αλλοιωγόνι μικροοργανισμοί που βασίζονται στα εξωκυτταρικά τους ένζυμα. Τα ένζυμα είναι γενικά καλός δείκτης της ποιότητας των πρωτεϊνούχων και των πλούσιων σε λιπαρά τροφίμων. Αν και η μικροβιακή αλλοίωση μπορεί να οδηγήσει μόνο στο να καταστούν τα τρόφιμα μη αποδεκτά για κατανάλωση, μπορεί επίσης να έχει ως αποτέλεσμα σοβαρές ακόμη και θανατηφόρες ασθένειες. Πολλά είδη ψευδομονάδων παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε αντιμικροβιακούς παράγοντες. Για παράδειγμα, ο *Pseudomonas aeruginosa* και άλλα είδη φθοριζουσών ψευδομονάδων είναι ανθεκτικά στις β-λακτάμες όπως : καρβενικιλίνη, τικαρκιλίνη ,

τρίτης γενιάς κεφαλοσπορίνες, συνθετική μονοκυκλική β-λακτάμη αζτρεονάμη, καρβαπενέμη, αμινογλυκοζιδικές και κινολόνες (Arslan et al., 2011).

Τα είδη των ψευδομονάδων είναι πανταχού παρόντα και διαθέτουν μία ποικιλία στρατηγικών για να χρησιμοποιούν διάφορες ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων ποικίλων υδρογονανθράκων, ως πηγών άνθρακα και ενέργειας. Η ικανότητα αυτών των βακτηρίων να αποδομούν αποτελεσματικά και να χρησιμοποιούν τους υδρογονάνθρακες, συνδέεται συχνά με την παραγωγή βιοεπιφανειοδραστικών ουσιών, τα επίπεδα των οποίων είναι υψηλά σε περιβάλλοντα πλούσια σε υδρογονάνθρακες. Στα πουλερικά, το λίπος είναι διαμοιρασμένο κάτω από το δέρμα και την κοιλιακή κοιλότητα, με την αλλοίωση να εντοπίζεται γενικότερα στο δέρμα, σε δέρμα συνδεδεμένο με λίπος και στα εξωτερικά μέρη των μυών. Η παραγωγή βιοεπιφανειοδραστικών ουσιών ενδεχομένως να αποτελεί έναν τρόπο με τον οποίο τα βακτήρια να ενισχύουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών σε περιβάλλοντα τροφίμων πλούσια σε λίπη, όπως είναι το κρέας του κοτόπουλου. Οι βιοεπιφανειοδραστικές ουσίες δηλαδή παρουσιάζουν μία ικανότητα να γαλακτωματοποιούν το λίπος του κοτόπουλου (Mellor et al., 2010). Στα προχωρημένα στάδια αλλοίωσης των πουλερικών, οι επιφάνειες συνήθως φθορίζουν όταν προσπέσει υπεριώδης ακτινοβολία λόγω της παρουσίας μεγάλων αριθμών του στελέχους *pseudomonas fluorescent* (Jay, 2000).

Γαλακτοβάκλιοι

Τα γαλακτικά βακτήρια έχουν μεγάλη οικονομική σημασία στη βιομηχανία τροφίμων. Κυριαρχούν στη φυσική μικροχλωρίδα πολλών ζυμωμένων προϊόντων όπου παίζουν ρόλο στη συντήρηση ή στην αλλοίωσή τους. Διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην πεπτική οδό ανθρώπων και ζώων (Stiles and Holzapfel, 1996). Είναι Gram-θετικά βακτήρια, μη σπορογόνα σε σχήμα ράβδων ή κόκκων και στην πλειοψηφία τους προαιρετικά αναερόβια (Adams and Moss, 1999).

Τα προϊόντα ζύμωσης των γαλακτικών βακτηρίων χαρακτηρίζονται από τη συσσώρευση οργανικών οξέων, κυρίως γαλακτικού και οξικού οξέος, και την ακολουθούμενη μείωση του pH. Τα επίπεδα και οι αναλογίες των τελικών προϊόντων ζύμωσης τα οποία συσσωρεύονται, εξαρτώνται από τα είδη των οργανισμών που συμμετέχουν, τη χημική σύσταση του περιβάλλοντος καλλιέργειας και τις φυσικές συνθήκες που υπάρχουν κατά τη διαδικασία της ζύμωσης. Οι μικροοργανισμοί που συνδέονται με αυτού του είδους οξυγαλακτικών ζυμώσεων περιλαμβάνουν είδη τα οποία βρίσκονται στα παρακάτω γένη: *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* και *Lactobacillus*, εκ των οποίων το τελευταίο αποτελείται από τις υποομάδες *Betabacterium*, *Streptobacterium* και *Thermobacterium* (Lindgren and Dobrogosz, 1990).

Ο ανταγωνισμός τους αναφέρεται στην αναστολή μέσω του ανταγωνισμού για θρεπτικά συστατικά ή στην παραγωγή ενός ή περισσότερων ενεργών αντιμικροβιακών μεταβολιτών όπως οργανικά οξέα (γαλακτικό και οξικό), υπεροξείδιο του υδρογόνου, αντιμικροβιακά ένζυμα και βακτηριοκίνες. Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι τα γαλακτικά βακτήρια μπορούν να παράγουν τυραμίνη και ισταμίνη στα πουλερικά (Sakaridis et al., 2011).

Η παραγωγή οξέων και η επερχόμενη μείωση του pH επεκτείνει τη λανθάνουσα φάση των ευαίσθητων μικροοργανισμών. Τέλος, έχει βρεθεί ότι το γαλακτικό και το οξικό οξύ λειτουργούν συνεργιστικά ως ανασταλτικοί παράγοντες στην ανάπτυξη της σαλμονέλλας (Lindgren and Dobrogosz, 1990).

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) μπορεί να παραχθεί από τα γαλακτικά βακτήρια παρουσία οξυγόνου μέσω της δράσης ενζύμων. Η παραγωγή του H_2O_2 από τα γαλακτικά βακτήρια εξαρτάται όχι μόνο από τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου αλλά επίσης από συγκεκριμένα στελέχη μέσα στο σύστημα όπως ο *Staphylococcus aureus* και ο *Pseudomonas spp* (Lindgren and Dobrogosz, 1990).

Η 2,3-βουτανοδιόνη αποτελεί τη χαρακτηριστική αρωματική ουσία που σχετίζεται με το βούτυρο. Παράγεται από στελέχη όλων των γενεών των γαλακτικών βακτηρίων. Ο σχηματισμός της 2,3-βουτανοδιόνης τείνει να παρεμποδιστεί κατά τον μεταβολισμό των εξόζων, όμως μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες υπό άλλες συνθήκες, π.χ παρουσία οργανικών οξέων όπως του κιτρικού, το οποίο μετατρέπεται σε 2,3-βουτανοδιόνη. Η ανασταλτική δράση της 2,3-βουτανοδιόνης ενάντια σε έναν μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των παθογόνων όπως το *Mycobacterium turbelosis*, έχει διαπιστωθεί από το 1930 (Lindgren and Dobrogosz, 1990).

Οι βακτηριοκίνες είναι πρωτεϊνούχες, ενώσεις και χαρακτηρίζονται από στενό εύρος δραστηριότητας η οποία επηρεάζει πρωτίστως τα στενά συγγενεύοντα βακτήρια (Lindgren and Dobrogosz, 1990). Υπάρχουν τέσσερα είδη βακτηριοκινών : α) Τα Lantibiotics (π.χ νισίνη). Αυτά τα στόχευσης μεμβράνης πεπτίδια περιέχουν ασυνήθιστα αμινοξέα όπως οι λαθιονίνες και οι β- μεθυλανθιονίνες. β) Βακτηριοκίνες οι οποίες δεν περιέχουν κατάλοιπα λαθιονίνης, είναι θερμικά σταθερές και μεμβρανοδραστικές. γ) Μεγάλες θερμοευαίσθητες βακτηριοκίνες. δ) Πολύπλοκες βακτηριοκίνες όπως πρωτεΐνες συμπλοκοποιημένες με άλλα χημικά ήμισυ (υδατάνθρακα ή λιπίδια) τα οποία είναι απαραίτητα για τη δραστηριότητα (Carollisen-Mackay et al., 1996).

2.3.4 Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο κρέας των πουλερικών

Salmonella

Το κρέας των πουλερικών είναι ιδιαίτερα ευπαθές λόγω της εμπλουτισμένης σε θρεπτικά συστατικά σύστασής του, του υψηλού pH (5,5-6,5) και της ενεργότητας νερού (0,98-0,99), τα οποία ενισχύουν την επιβίωση και την ανάπτυξη οποιουδήποτε μολυσματικού μικροοργανισμού. Οι βιομηχανίες κρέατος και πουλερικών αποτελούν την κύρια πηγή σαλμονέλλας ως παθογόνο μικροοργανισμό των τροφίμων. Η σαλμονέλλα είναι ένας σημαντικός παθογόνος μικροοργανισμός ο οποίος προκαλεί σοβαρά προβλήματα ακόμη και θνησιμότητας. Επίσης μπορεί να έχει έναν μεγάλο κοινωνικοοικονομικό αντίκτυπο λόγω ασθένειας, κόστους φαρμακευτικής αγωγής, απώλειας παραγωγικότητας, θανάτων, προσφυγής στη δικαιοσύνη, και ανάκλησης λόγω των μολυσμένων προϊόντων (Mani- Lopez et al., 2011).

Η σαλμονέλλα είναι ένα γένος της οικογένειας *Enterobacteriaceae*. Αυτά τα εντερικά βακτήρια είναι gram- αρνητικά, συνήθως κινούμενα, προαιρετικά αναερόβια και μη σπορογόνα. Αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 8 και 45 °C σε ένα εύρος pH 4-9 και απαιτεί ενεργότητες νερού (a_w) πάνω από 0,94. Η σαλμονέλλα είναι θερμοευαίσθητη και γενικά καταστρέφεται σε θερμοκρασίες των 70°C και άνω, είναι ανθεκτική στη ξήρανση και επιβιώνει για χρόνια στη σκόνη και στις ακαθαρσίες. Περιλαμβάνει δύο γενεαλογίες οι οποίες έχουν διαφοροποιηθεί η μία από την άλλη κατά το στάδιο της εξέλιξης. Αυτές οι γενεαλογίες εκπροσωπούν δύο διαφορετικά είδη, τη *Salmonella enteric* και τη *Salmonella bongori* (Mani- Lopez et al., 2011).

Η σαλμονέλλωση μπορεί να εκδηλωθεί με έναν αριθμό συνδρόμων συμπεριλαμβανομένης γαστρεντερίτιδας, βακτηριαιμίας, τυφοειδούς πυρετού, και εστιακών λοιμώξεων. Η περίοδος επώασης για την εκδήλωση γαστρεντερίτιδας είναι 6-72h μετά την κατανάλωση μολυσμένου τροφίμου ή νερού. Ο πυρετός των 38-39 °C είναι συνήθης. Επίσης ο κοιλιακός πόνος είναι συχνός και προκαλεί από ήπια έως έντονη δυσφορία. Σε μη περίπλοκες περιπτώσεις, το σφοδρό στάδιο διαρκεί 48 h. Ωστόσο, η ασθένεια είναι ορισμένες φορές πιο παρατεταμένη με συνεχή διάρροια και χαμηλό πυρετό για 10-14 ημέρες (Mani - Lopez et al., 2011).

Staphylococcus aureus

Ο *Staphylococcus aureus* είναι Gram- θετικός, προαιρετικά αναερόβιος κόκκος, σφαιρικού ή ωοειδούς σχήματος και διαμέτρου 1μm. Είναι μεσόφιλο βακτήριο με εύρος θερμοκρασίας ανάπτυξης μεταξύ 7 και 48°C με βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης τους 37°C. Επίσης, η ανάπτυξη του μικροοργανισμού ευνοείται σε τιμές pH 6-7, με ελάχιστο και μέγιστο όριο 4.0 και 9.8-10.0 αντίστοιχα (Adams and Moss, 1999). Εάν αναπτυχθεί σε υψηλό επίπεδο ($> 10^5$ μικροοργ./g) μπορεί να παράγει μία πολύ θερμικά σταθερή εντεροτοξίνη. Η τροφική δηλητηρίαση προκαλείται από πρόσληψη εντεροτοξίνης που παράγεται από κάποια στελέχη του *S.aureus*, συνήθως όταν το τρόφιμο δεν έχει διατηρηθεί αρκετά ζεστό ($>60^\circ\text{C}$) ή αρκετά κρύο ($< 7.2^\circ\text{C}$). Η κύρια πηγή προέλευσης του μικροοργανισμού είναι τα χέρια και η ρινική κιλότητα των ανθρώπων. Ο μικροοργανισμός μπορεί να αναπτυχθεί σε $a_w=0.86$ και σε υψηλές συγκεντρώσεις άλατος. Εάν οι συνθήκες επεξεργασίας επιτρέψουν στον μικροοργανισμό να αναπτυχθεί και να παράγει εντεροτοξίνες, τότε μία μετέπειτα θερμική επεξεργασία θα καταστρέψει τις βλαστικές μορφές του μικροοργανισμού αλλά όχι τη θερμικά σταθερή τοξίνη. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι εντεροτοξίνες πιθανόν να μην απενεργοποιούνται τελείως ακόμη και σε θερμοκρασίες αποστείρωσης (121°C). Έτσι, για το βακτήριο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η αποφυγή σχηματισμού της τοξίνης, με ελαχιστοποίηση της μόλυνσης του τροφίμου και διατήρησή του εκτός της επικίνδυνης θερμοκρασιακά ζώνης (Tzia, 2010).

Clostridium perfringens

Το *Clostridium perfringens* είναι ένα Gram- θετικό, ραβδόμορφο, σπορογόνο βακτήριο. Αν και αναερόβιο, το *Clostridium perfringens* μπορεί να επιβιώσει και να αναπτυχθεί σταδιακά παρουσία οξυγόνου. Η ανάπτυξή του συμβαίνει σε εύρος θερμοκρασίας από 12 έως 50°C αν και είναι ιδιαίτερα αργή κάτω από τους 20°C, ενώ η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης κυμαίνεται από 43 έως 47°C. Έπειτα, το βέλτιστο pH ανάπτυξής του κυμαίνεται από 6.0 έως 7.5, ενώ αναπτύσσεται σε τιμές a_w άνω της 0.95. Τέλος, η ανάπτυξή του αναστέλλεται παρουσία 6% άλατος (Adams and Moss, 1999). Η δηλητηρίαση από το βακτήριο προκαλείται από την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν μεγάλο αριθμό στελεχών του *C. perfringens*, τα οποία είναι ικανά να παράγουν τοξίνη που συνήθως παράγεται στην πεπτική οδό και σχετίζεται με την παραγωγή σπορίων. Η δηλητηρίαση των τροφίμων με το βακτήριο αυτό συχνά σχετίζεται με τις διεργασίες προετοιμασίας του τροφίμου: κακή θερμική κατεργασία των έτοιμων τροφίμων, όπως π.χ μαγείρεμα μεγάλων κομματιών πουλερικών σε μεγάλα σκεύη μπορεί να προκαλέσει ανερόβιες συνθήκες. Επίσης η μη ικανοποιητική επαναθέρμανση του τροφίμου πριν την κατανάλωση συμβάλλει στην εμφάνιση κρουσμάτων, αφού οι βλαστικές μορφές

των κυττάρων καταστρέφονται εάν η εσωτερική θερμοκρασία του τροφίμου φθάσει στους 70°C. Επειδή τα σπόρια του βακτηρίου είναι θερμοάντοχα, μπορεί να υπάρχει μικρός αριθμός μικροοργανισμών μετά το μαγείρεμα. Μετέπειτα κακή θερμοκρασιακή μεταχείριση (μη διατήρηση των μαγειρεμένων τροφίμων πάνω από τους 60°C ή αργή μεταβίβαση της θερμοκρασίας των τροφίμων στη θερμοκρασία ψυγείου) μπορεί να επιτρέψει στους μικροοργανισμούς να πολλαπλασιαστούν μέχρι τα υψηλά επίπεδα της δηλητηρίασης (Tzia, 2010).

Bacillus cereus

Ο *Bacillus cereus* είναι Gram- θετικό, ραβδόμορφο, σπορογόνο και προαιρετικά αναερόβιο βακτήριο. Το θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξής του κυμαίνεται από 8 έως 55°C με βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης γύρω στους 48-50°C, ενώ το εύρος τιμών pH στο οποίο αναπτύσσεται είναι 4.9-9.3. Τέλος, απαιτεί τιμές ενεργότητας νερού άνω της 0.95 προκειμένου να αναπτυχθεί (Adams and Moss, 1999). Στελέχη του βακτηρίου μπορούν να οδηγήσουν σε δύο τύπους τροφικής δηλητηρίασης, λόγω παραγωγής είτε μίας θερμοευαίσθητης, είτε μίας θερμοάντοχης τοξίνης, με διαφορετικά κάθε φορά συμπτώματα και σχετιζόμενα τρόφιμα για τους δύο τύπους (Tzia, 2010).

Shigella

Η *Shigella* ανήκει στην οικογένεια των εντεροβακτηρίων και είναι Gram-αρνητικό, ραβδόμορφο, μη σπορογόνο και προαιρετικά αναερόβιο βακτήριο. Αποτελεί μεσόφιλο μικροοργανισμό με θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξης μεταξύ 10-45°C και βέλτιστο εύρος τιμών pH 6-8, ενώ δεν επιβιώνει σε τιμές pH κάτω από 4.5 (Adams and Moss, 1999). Είδη του βακτηρίου αυτού προκαλούν βακτηριακή δυσεντερία. Η ασθένεια σχετίζεται με συνθήκες κακής προσωπικής και γενικής υγιεινής και με τρόφιμα που δεν έχουν μαγειρευτεί ικανοποιητικά ή έχουν διατηρηθεί σε θερμοκρασίες που επιτρέπουν την ανάπτυξη του μικροοργανισμού (Tzia, 2010).

Listeria monocytogenes

Η *Listeria monocytogenes* εμφανίζεται συχνά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων. Προκαλεί λιστερίωση, μία ισχυρή και συχνά θανατηφόρα ασθένεια, στην οποία είναι ευάλωτοι συγκεκριμένοι πληθυσμοί (π.χ έγκυες γυναίκες, νεογέννητα, λήπτες μεταμόσχευσης κτλ.). Η θνησιμότητα των ισχυρών περιστατικών μπορεί να φτάσει το 70%, αλλά γενικά κυμαίνεται από 25-35%. Ο μικροοργανισμός είναι ψυχρόφιλος και μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες ψυγείου, αλλά και να

επιβιώσει μετά από διεργασίες παστερίωσης. Οι κυριότεροι παράγοντες του μικροοργανισμού είναι: $\min T=0.1-0.4^{\circ}\text{C}$, $\min \text{pH}=4.3-5.2$ στους 30°C και $a_w=0.90$ στους 30°C . Η μεγάλη διάδοσή του και η ικανότητά του να πολλαπλασιάζεται σε θερμοκρασίες ψυγείου προκαλώντας σοβαρές ασθένειες, καθιστούν τον μικροοργανισμό αυτό ως έναν ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο. Τα σημαντικότερα μέτρα ελέγχου του μικροοργανισμού είναι η διατήρηση των ακατέργαστων και επεξεργασμένων τροφίμων σε διαφορετικά τμήματα της εγκατάστασης, η εφαρμογή διεργασιών κατά την επεξεργασία που μειώνουν ή εξαλείφουν τον κίνδυνο, καθώς και ο αποτελεσματικός καθαρισμός και η σωστή υγιεινή για την ελάττωση της ανάπτυξης (Tzia, 2010).

2.3.5 Τυπική καμπύλη ανάπτυξης μικροοργανισμών

Σε ένα περιβάλλον, στο οποίο τα θρεπτικά συστατικά δεν αποτελούν περιοριστικό παράγοντα, ένα βακτήριο ή ένας μικροβιακός πληθυσμός θα αναπαραχθεί και θα αυξηθεί στον αριθμό. Γενικά, για οποιοδήποτε ομοιογενή μικροβιακό πληθυσμό κάτω από συνθήκες σταθερής κατάστασης, η ανάπτυξη σε ένα θρεπτικό μέσο ή σε ένα πραγματικό σύστημα τροφίμου, μπορεί να τυποποιηθεί από μία σιγμοειδή καμπύλη, η οποία προκύπτει αν κανείς σχεδιάσει τον λογάριθμο της πυκνότητας των βακτηρίων συναρτήσει του χρόνου. Η καμπύλη αποτελείται από 4 φάσεις οι οποίες αναφέρονται αντίστοιχα ως:

- Λανθάνουσα φάση (lag phase)
- Εκθετική φάση (exponential/log phase)
- Φάση στασιμότητας (stationary phase)
- Φάση κάμψης ή θανάτου (death phase)

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι η λανθάνουσα φάση είναι μία χρονική περίοδος στην οποία τα κύτταρα προσαρμόζουν τη φυσιολογία και τη βιοχημεία τους στο καινούριο περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται, ενώ κατά τη διάρκεια της εκθετικής φάσης τα κύτταρα αναπτύσσονται όσο πιο γρήγορα είναι δυνατό σε αυτό το περιβάλλον. Κατά τη φάση αυτή, τα κύτταρα επιδεικνύουν εξισορροπημένη ανάπτυξη, κατά την οποία ο ρυθμός σύνθεσης κάθε συστατικού του κυττάρου (ένζυμα, δομικά μόρια, DNA, κ.α) είναι τέτοιος ώστε να μη γίνεται μεγαλύτερη σύνθεση από αυτή που απαιτείται για την παραγωγή νέων κυττάρων, δηλαδή ολόκληρη η μεταβολική δραστηριότητα των κυττάρων κατευθύνεται στην αναπαραγωγή. Στην εκθετική φάση, όλα τα συστατικά των κυττάρων βρίσκονται σε σταθερές αναλογίες και τα κύτταρα θεωρούνται, για πρακτικούς σκοπούς, φυσιολογικά ταυτόσημα (πανομοιότυπα).

Καθώς ο πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται, η συσσώρευση των μεταβολιτών μέσα στο περιβάλλον γίνεται αρκετά απαγορευτική (παρεμποδιστική), ώστε να

προκαλεί μείωση στον ρυθμό αύξησης του αριθμού των κυττάρων. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, οι συνθήκες μπορεί να γίνουν τόσο απαγορευτικές ώστε να οδηγήσουν στο θάνατο και τη λύση των κυττάρων, οπότε ο καθαρός αριθμός αύξησης του πληθυσμού μειώνεται συνεχώς μέχρι την τιμή μηδέν (φάση στασιμότητας). Η διάρκεια αυτής της φάσης ποικίλλει, αλλά τελικά καθώς όλο και περισσότερες τοξίνες συσσωρεύονται, ο ρυθμός θανάτου των κυττάρων γίνεται μεγαλύτερος από την ικανότητα του περιβάλλοντος να υποστηρίξει την κυτταρική διαίρεση, με αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους της βακτηριακής πυκνότητας και την είσοδο των μικροβίων σε μία νέα φάση, που αναγνωρίζεται ως φάση θανάτου της καλλιέργειας. Η σύνθεση του τροφίμου, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η ηλικία και η κατάσταση των μικροβίων μπορούν να επηρεάσουν τη μορφή της καμπύλης ανάπτυξης (Tzia et al., 2007).

Ο άρτιος μικροβιολογικός έλεγχος απαιτεί συνήθως τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών μέσα σε ένα μέσο, στερεοποιημένο με άγαρ. Το άγαρ είναι ένας πολυσακχαρίτης με ορισμένες αξιοσημείωτες ιδιότητες, το οποίο παράγεται από είδη του ερυθρού άλγους. Αν και είναι ένα πολύπλοκο και ευμετάβλητο υλικό, το κύριο συστατικό του άγαρ είναι η αγαρόζη η οποία αποτελείται από την L-γαλακτόζη και την 6-O-μεθυλ-D-γαλακτόζη. Οι ιδιότητες του άγαρ οι οποίες το καθιστούν τόσο χρήσιμο στη μικροβιολογία, περιλαμβάνουν την ικανότητά του να σχηματίζει gel σε χαμηλές συγκεντρώσεις (1.5-2%) το οποίο δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την υγρασία του μέσου. Ένα gel αυτού του είδους, είναι σταθερό σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες και απαιτεί θερμοκρασίες αυτόκλειστου ή ζέοντος υδατόλουτρου, προκειμένου να τηχθεί. Αν και τήκεται, τα διαλύματα του άγαρ παραμένουν σε ρευστή μορφή μέχρι που μέχρι που ψύχονται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (40°C) καθιστώντας το ικανό να αναμιχθεί με δείγματα που περιέχουν βιώσιμους μικροοργανισμούς. Μία περαιτέρω βολική ιδιότητα του άγαρ είναι η σταθερότητά του στη μικροβιακή υδρόλυση, αν και πολυσακχαρίτης. Μόνο μία μικρή σχετικά ομάδα μικροοργανισμών είναι ικανή να αποδομήσει το άγαρ, πιθανώς λόγω της παρουσίας της L-μορφής της γαλακτόζης στο πολυμερές.

Η σύνθεση ενός μέσου εξαρτάται, όχι μόνο από τις ομάδες των μικροοργανισμών που μελετώνται, αλλά και από τον συνολικό σκοπό της μελέτης, δηλαδή αν πρόκειται να βοηθηθεί η ανάπτυξη του μεγαλύτερου φάσματος μικροοργανισμών ή αν θα είναι επιλεκτικό για ένα μόνο είδος ή περιορισμένη ομάδα μικροοργανισμών.

Το επιλεκτικό μέσο περιέχει μία ή περισσότερες ενώσεις οι οποίες είναι ανασταλτικές στην πλειοψηφία των μικροοργανισμών αλλά λιγότερο ανασταλτικές στο είδος, ή στην ομάδα των ειδών που ζητείται να απομονωθούν. Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα επιλεκτικά μέσα, επειδή βασίζονται στην παρουσία ανασταλτικών παραγόντων, θα είναι ανασταλτικά σε ένα βαθμό και στους προς απομόνωση μικροοργανισμούς (Adams and Moss, 1999).

2.3.6 Προρρητική μικροβιολογία

- 1) Η προρρητική μικροβιολογία είναι βασισμένη στη λογική ότι η απόκριση του πληθυσμού των μικροοργανισμών σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, μπορεί να αναπαραχθεί, και ότι θεωρώντας το περιβάλλον σε όρους αναγνωρίσιμων περιορισμών που κυριαρχούν, να είναι πιθανόν, από παλαιότερες παρατηρήσεις, να προβλεφθεί η απόκριση αυτών των μικροοργανισμών (Ross and McMeekin, 1994).

Στην προρρητική μικροβιολογία, υιοθετείται γενικά μία αναγωγική προσέγγιση και οι μικροβιακές αποκρίσεις μετρώνται υπό καθορισμένες και ελεγχόμενες συνθήκες. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στη μορφή μαθηματικών εξισώσεων οι οποίες, μέσω παρεμβολής, μπορούν να προβλέψουν αποκρίσεις σε σύνολο νέων συνθηκών, για παράδειγμα εκείνων που δεν έχουν ελεγχθεί. Υποστηρίζεται ότι μία τέτοια προσέγγιση καθιστά ικανή:

- 2) την πρόβλεψη των συνεπειών, για το χρόνο ζωής και την ασφάλεια του προϊόντος, της σύνθεσης του προϊόντος, και επιτρέπουν το λογικό σχεδιασμό νέων διαδικασιών και προϊόντων που συνάδουν με τα απαιτούμενα επίπεδα ασφάλειας και χρόνου ζωής,
- 3) την αντικειμενική εκτίμηση της επεξεργασίας και, από αυτό, την προσέγγιση HACCP,
- 4) την αντικειμενική εκτίμηση των συνεπειών των πταισμάτων κατά τον έλεγχο της διαδικασίας και της αποθήκευσης (Ross and McMeekin, 1994).

Μία κατηγοριοποίηση των μοντέλων πρόβλεψης είναι σε πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή. Τα πρωτογενή μοντέλα περιγράφουν τη μεταβολή του πληθυσμού με το χρόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος και καλλιέργειας. Η απόκριση μπορεί να μετρηθεί άμεσα μέσω της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (TVC), σχηματισμού τοξίνης, επιπέδου υποστρώματος ή μεταβολικών προϊόντων ή έμμεσα μέσω απορρόφησης, οπτικής πυκνότητας ή αντίστασης. Αν η καμπύλη της μικροβιακής ανάπτυξης έχει προκύψει μέσω των TVC αλλαγών με το χρόνο, τα δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν χρησιμοποιώντας ένα πρωτογενές μοντέλο. Από αυτό μπορούν να προκύψουν πληροφορίες για τον μικροοργανισμό όπως ο χρόνος που απαιτείται για τον διπλασιασμό του πληθυσμού, η διάρκεια της λανθάνουσας φάσης, ο ρυθμός της εκθετικής ανάπτυξης και η μέγιστη πυκνότητα πληθυσμού. Πολλά εμπειρικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί και συγκριθεί για την πρόβλεψη της ανάπτυξης ως μία συνάρτηση του χρόνου για μία συγκεκριμένη θερμοκρασία. Ένα τέτοιο μοντέλο αποτελεί το μοντέλο Monod, το οποίο έχει την παρακάτω μορφή:

$$N = N_0 e^{kt}$$

Ωστόσο το μειονέκτημα του μοντέλου έγκειται στο γεγονός ότι η διάρκεια της λανθάνουσας φάσης πρέπει να προσδιορισθεί από τα δεδομένα και δεν μπορεί εύκολα να καθοριστεί χρησιμοποιώντας οπισθοδρόμηση. Το μοντέλο αυτό μετράει την κλίση της καμπύλης ανάπτυξης όταν οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται εκθετικά.

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και η εξίσωση Gompertz:

$$y = A + C \exp\{-\exp[-B(t - M)]\}$$

όπου y είναι η συγκέντρωση των βακτηρίων, A, B και C είναι σταθερές και t είναι ο χρόνος. Οι παράμετροι A, B και C μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν τη διάρκεια της λανθάνουσας φάσης, το ρυθμό ανάπτυξης και άλλα χαρακτηριστικά της καμπύλης μικροβιακής ανάπτυξης (McDonald and Sun, 1999). Η τροποποιημένη συνάρτηση Gompertz είναι η ακόλουθη:

$$y = A \exp\{-\exp[(\mu_m e/A)(\lambda - t) + 1]\}$$

Προς το παρόν, η συνάρτηση Gompertz είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη σιγμοειδής καμπύλη στην προορρητική μικροβιολογία λόγω της απλότητας και της αποτελεσματικότητάς της. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις καμπύλες ανάπτυξης για πολλούς μικροοργανισμούς συμπεριλαμβανομένων 10 τουλάχιστον παθογόνων. Αν και η συνάρτηση Gompertz προσαρμόζει καλά τα δεδομένα ανάπτυξης από τη λανθάνουσα μέσω της εκθετικής μέχρι τη φάση στασιμότητας, ωστόσο δεν προέρχεται από μηχανιστικές θεωρήσεις. Η έλλειψη βιολογικής βάσης για τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται καθιστά την ερμηνεία των παραμέτρων δύσκολη. Ο υπολογισμός της διάρκειας της λανθάνουσας φάσης μέσω της εξίσωσης Gompertz μπορεί να χρησιμοποιηθεί λανθασμένα αφού ανάπτυξη μπορεί να συμβεί πριν από την προβλεπόμενη διάρκεια της λανθάνουσας φάσης.

Σημαντικό μοντέλο πρόβλεψης αποτελεί επίσης και το λογιστικό μοντέλο. Η λογιστική εξίσωση, η οποία προτάθηκε από τον Verhulst τον 18^ο αιώνα, αποτελεί ένα επεξηγηματικό μοντέλο της ανάπτυξης μικροοργανισμών σε ένα περιβάλλον πεπερασμένων πηγών.

Η λογιστική εξίσωση βασίζεται στη λογική ότι ο στιγμιαίος ρυθμός ανάπτυξης ενός πληθυσμού που εισάγεται σε ένα περιβάλλον είναι ανάλογος του στιγμιαίου μεγέθους του πληθυσμού και των απομείνουσων πηγών στο περιβάλλον, οι οποίες εξακολουθούν να είναι διαθέσιμες προς κατανάλωση. Η μαθηματική έκφραση της λογιστικής εξίσωσης είναι:

$$\frac{dN(t)}{dt} = k N(t) \left[1 - \frac{N(t)}{NA}\right]$$

όπου $dN(t)/dt$ είναι ο στιγμιαίος ρυθμός, k μία σταθερά αναλογίας, $N(t)$ ο στιγμιαίος αριθμός μικροοργανισμών και N_A η φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος, ποσοτικοποιημένη ως ο αριθμός των μικροοργανισμών που μπορεί να στηρίξει. Η σταθερά αναλογίας k και οι χαμηλές τιμές του N_A εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, όμως η σημασία τους επηρεάζεται επίσης και από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το pH, η ενεργότητα νερού, η συγκέντρωση αλάτων κ.τ.λ. (Peleg et al., 2007).

Τέλος, οι Baranyi and Roberts (1994) έκαναν μία διαφοροποίηση ανάμεσα στα μοντέλα προσαρμογής καμπυλών, τα οποία έχουν σαν σκοπό την παρουσίαση μιας ομάδας πειραματικών αποκρίσεων από μία εμπειρική και στατιστική πλευρά, και τα μαθηματικά μοντέλα, τα οποία αποτελούν μία ομάδα βασικών υποθέσεων, εκφρασμένων μέσω συναρτήσεων ή διαφορικών εξισώσεων.

Το μοντέλο Baranyi et al. (1993) αποτελεί ένα σημαντικό μοντέλο μικροβιακής ανάπτυξης, το οποίο αποσκοπεί πρώτα από όλα να δώσει έναν απλό αλλά περισσότερο μηχανιστικό ορισμό, για τη διάρκεια της λανθάνουσας φάσης. Πρόκειται για ένα μοντέλο το οποίο περιγράφει τη λανθάνουσα φάση σαν μία διαδικασία προσαρμογής σε νέο περιβάλλον. Η προσέγγιση αυτή ήδη προϋποθέτει ένα μη αυτόνομο μοντέλο, αφού λαμβάνει υπόψιν του μία ξαφνική εξωτερική επίδραση στο σύστημα. Σύμφωνα με τη μαθηματική αυτή προσέγγιση, ένα δεδομένο περιβάλλον προσδιορίζει το δυνητικό ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας, ο οποίος είναι υψηλότερος από τον πραγματικό, σε χρονική στιγμή κοντά σε αυτήν του εμβολιασμού. Η αναλογία του πραγματικού προς τον δυνητικό ρυθμό ανάπτυξης χαρακτηρίζει τη διαδικασία προσαρμογής των κυττάρων στο νέο περιβάλλον.

Ένα τυπικό πείραμα το οποίο συνήθως εκτελείται σε μικροβιολογικά εργαστήρια τροφίμων περιλαμβάνει δύο στάδια. Το πρώτο είναι η ανάπτυξη των βακτηρίων κάτω από ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες E_1 , ώστε να ληφθεί κατάλληλο ποσό για τον εμβολιασμό, ενώ στο δεύτερο στάδιο τα βακτήρια εμβολιάζονται και κρατούνται σε ένα διαφορετικό, αλλά σταθερό φυσικό περιβάλλον E_2 , σε μία καλλιέργεια. Πριν τον εμβολιασμό τα κύτταρα αναπτύσσονται εκθετικά στο περιβάλλον E_1 και στη συνέχεια, ύστερα από κάποια λανθάνουσα περίοδο αυξάνονται πάλι εκθετικά στο περιβάλλον E_2 , συχνά με διαφορετικό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης, μέχρι να φτάσουν στη φάση στασιμότητας.

Θεωρούμε τη στιγμή του εμβολιασμού ως χρόνο μηδέν. Αν υποθέσουμε ότι η επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος E_1 είναι αμλητέα, ή αλλιώς ότι $E_1=E_2$, τότε η βακτηριακή ανάπτυξη στο περιβάλλον E_2 περιγράφεται από την παρακάτω διαφορική εξίσωση:

$$x' = \mu(x) \cdot x \quad (1)$$

$$x(0) = x_0 \quad (0 < x_0 < x_{\max}) \quad (2)$$

όπου x είναι η κυτταρική συγκέντρωση, η οποία υποθέτουμε ότι είναι ομοιογενώς κατανομημένη στο χώρο ανάπτυξης των κυττάρων και $\mu(x)$ ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, με $\mu(x_0) > 0$ και $\mu(x_{\max}) = 0$.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η παραπάνω διαφορική εξίσωση έχει μία μοναδική λύση η οποία είναι γνησίως αύξουσα και συγκλίνει στο x_{\max} .

Αν υποθέσουμε ότι το E_1 είναι σημαντικά διαφορετικό από το E_2 , τότε δεχόμαστε ότι μετά τον εμβολιασμό η κυτταρική συγκέντρωση της καλλιέργειας περιγράφεται από την παρακάτω διαφορική εξίσωση:

$$x' = \alpha(t) \cdot \mu(x) \cdot x \quad (0 \leq t < \infty, 0 < x) \quad (3)$$

$$x(0) = x_0 \quad (0 < x_0 < x_{\max}) \quad (4)$$

όπου $\mu(x)$ είναι ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης στο περιβάλλον E_2 , με $\mu(x_0) > 0$ και $\mu(x_{\max}) = 0$. Το $\alpha(t)$ εξαρτάται από το E_1 και E_2 και για $0 \leq t < \infty$ ισχύει $0 \leq \alpha(t) \leq 1$.

Ονομάζουμε το $\mu(x)$ δυνητικό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης και το $\alpha(t) \cdot \mu(x)$ πραγματικό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης. Το $\alpha(t)$ συγκεκριμένα ονομάζεται συνάρτηση προσαρμογής από το περιβάλλον E_1 στο περιβάλλον E_2 και έχει την ιδιότητα να τείνει όλο και περισσότερο στο 1 με την πάροδο του χρόνου του πειράματος. Ο παράγοντας αυτός περιγράφει τη σταδιακή μείωση της επίδρασης του προηγούμενου περιβάλλοντος.

Το δεδομένο πραγματικό περιβάλλον E_2 και η ποσότητα του εμβολίου x_0 ορίζουν μοναδική δυνητική καμπύλη ανάπτυξης, σύμφωνα με την οποία ο πληθυσμός θα μπορούσε να αναπτυχθεί αν το προηγούμενο περιβάλλον ήταν το ίδιο με το παρόν ($E_1 = E_2$ και $\alpha(t) = 1$). Η δυνητική ανάπτυξη του πληθυσμού περιγράφεται από την αυτόνομη εξίσωση (1). Η πραγματική εξίσωση όμως περιγράφεται από τις (3) και (4), το οποίο σημαίνει ότι ύστερα από τον εμβολιασμό (αποτομή μεταβολή από το περιβάλλον E_1 στο E_2), ο πραγματικός ειδικός ρυθμός των κυττάρων επηρεάζεται ιδιαίτερα από το γεγονός ότι ο χρόνος είναι κοντά στο μηδέν. Αργότερα όμως η επίδραση του προηγούμενου περιβάλλοντος ελαττώνεται, ώσπου κάποια στιγμή μετά τον εμβολιασμό η επίδραση αυτή γίνεται πολύ μικρή έως μηδενική. Τότε τα κύτταρα αναπτύσσονται κυρίως με τον δυνητικό ρυθμό ανάπτυξής τους $\mu(x)$, που καθορίζεται από το νέο περιβάλλον E_2 . Έτσι, ο λόγος του πραγματικού προς τον δυνητικό ρυθμό ανάπτυξης, δηλαδή η συνάρτηση προσαρμογής αναμένεται να αυξάνεται από το μηδέν (καθόλου ανάπτυξη λόγω προσαρμογής) μέχρι το 1 (ολοκληρωμένη προσαρμογή).

Μπορεί να δειχθεί μαθηματικά ότι αν $f(t)$ είναι η λύση του προβλήματος αρχικών τιμών (1) και (2) και $\alpha(t)$ είναι μία συνάρτηση προσαρμογής, τότε η λύση του προβλήματος αρχικών τιμών των (3) και (4) είναι:

$$g\alpha(t) = f[A(t)], \text{ όπου } A(t) = \int_0^t \alpha(\tau) d\tau \quad (5)$$

Για πρακτικούς σκοπούς, μία συνάτηση προσαρμογής της μορφής:

$\alpha_n(t) = t^n / (\lambda^n + t^n)$, όπου λ και n θετικές παράμετροι του μοντέλου, έχει αποδειχθεί αποτελεσματική. Η παράμετρος λ ονομάζεται παράμετρος της λανθάνουσας φάσης (lag parameter). Η $\alpha_n(t)$ αναφέρεται ως συνάρτηση προσαρμογής τάξης n .

Το νέο μοντέλο μικροβιακής ανάπτυξης του Baranyi έχει αρκετά χαρακτηριστικά τα οποία πλεονεκτούν σε σχέση με τις υπόλοιπες προσεγγίσεις. Αν γνωρίζουμε τη σαφή λύση του αυτόνομου μέρους το οποίο περιγράφει τη δυνητική ανάπτυξη, τότε μπορεί επίσης να προκύψει σαφής λύση για την πραγματική ανάπτυξη, έτσι ώστε να μην είναι απαραίτητο να λυθεί αριθμητικά η διαφορική εξίσωση. Για τον υπολογισμό του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης και της λανθάνουσας φάσης, δεν είναι απαραίτητη η συγκέντρωση δεδομένων στη φάση στασιμότητας. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα συγκριτικά με τη χρήση μιας σιγμοειδούς συνάρτησης, η οποία είναι φανερά εξαρτώμενη από σημεία δεδομένων γύρω από την ανώτερη ασύμπτωτη.

Η παράμετρος n χαρακτηρίζει την καμπυλότητα της καμπύλης ανάπτυξης κατά τη μετάβαση από τη λανθάνουσα φάση στην εκθετική. Για μεγαλύτερη απλότητα, η τιμή του n καθορίζεται ως $n=4$, η οποία έχει αποδειχθεί ένας καλός συνδυασμός ικανοποιητικής προσαρμογής και ευκολίας. Αν όμως η καλλιέργεια παρουσιάζει απότομη μετάβαση ύστερα από τη λανθάνουσα περίοδο, τότε ίσως χρειαστεί υψηλότερη, αλλά σταθερή τιμή της παραμέτρου καμπυλότητας. Στην εκθετική φάση η ανάπτυξη αντιπροσωπεύεται από μία ευθεία γραμμή (Tzia et al., 2007).

Τα δευτερογενή μοντέλα περιγράφουν την απόκριση μίας ή περισσότερων παραμέτρων ενός πρωτογενούς μοντέλου (διάρκεια της λανθάνουσας φάσης) μεταβάλλοντας μία ή περισσότερες συνθήκες του περιβάλλοντος ή της καλλιέργειας (pH, a_w , Eh, θερμοκρασία) (McDonald and Sun, 1999). Τα μοντέλα Arrhenius, Davey, Schoolfield, Ratkowsky, Bělehrádek και πιθανοτήτων, αποτελούν δευτερογενή μοντέλα.

Όσον αφορά στα μοντέλα πιθανότητας, το γεγονός το οποίο περιγράφεται πιο συχνά είναι η πιθανότητα σχηματισμού τοξίνης από το *C. Botulinum*. Η εξίσωση στην οποία στηρίζεται το εν λόγω μοντέλο είναι η:

$$(P) = 1 / (1 + e^{-\mu})$$

όπου P η πιθανότητα παραγωγής της τοξίνης, και περιγράφει τη σχέση μεταξύ της πιθανότητας παραγωγής της τοξίνης και των παρόντων παραγόντων/μεταβλητών. Οποιοσδήποτε παράγοντας ο οποίος τείνει να μειώσει το μ , μειώνει την πιθανότητα παραγωγής της τοξίνης. Ένα μειονέκτημα των μοντέλων πιθανότητας είναι ότι δεν δίνουν πολλές πληροφορίες για τον ρυθμό με τον οποίο γίνονται οι αλλαγές.

Ορισμένα δευτερογενή μοντέλα προέκυψαν σαν προσπάθειες μοντελοποίησης του αποτελέσματος της θερμοκρασίας στη μικροβιακή ανάπτυξη και βελτιώθηκαν για να ενσωματώσουν άλλους παράγοντες όπως το pH και η a_w . Η κλασική εξίσωση Arrhenius συνδέει τη σταθερά ρυθμού (k) μιας χημικής αντίδρασης με την απόλυτη θερμοκρασία T :

$$k = k_A \exp(-E_A/RT)$$

όπου E_A η ενέργεια ενεργοποίησης, k_A ο συντελεστής Arrhenius ή σταθερά Arrhenius και R η παγκόσμια σταθερά αερίων. Λογαριθμίζοντας την παραπάνω σχέση παίρνουμε τη λογαριθμική μορφή:

$$\ln k = \ln k_A - \frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

Αν τα k_A και E_A είναι σταθερά με τη θερμοκρασία, τότε ένα γράφημα του $\ln k$ συναρτήσει του $1/T$ (απόλυτη θερμοκρασία) μπορεί να δώσει ευθεία γραμμή. Στην πράξη από τη στιγμή που υπάρχει πειραματικό σφάλμα στον προσδιορισμό των τιμών του k , ο υπολογισμός της E_A από δύο μόνο σημεία θα είναι σίγουρα εσφαλμένος. Συνήθως, ο ρυθμός της αντίδρασης προσδιορίζεται, όταν είναι γνωστές οι τιμές των k , από το ημιλογαριθμικό διάγραμμα του $\ln k$ με το $1/T$ όπου προκύπτει ευθεία με κλίση $-E_A/R$ ή με γραμμική προσαρμογή των δεδομένων στην παραπάνω εξίσωση.

Για να βελτιωθεί η προσαρμογή με την παρατηρηθείσα συμπεριφορά, η βασική εξίσωση έχει τροποποιηθεί από τον Davey για να συμπεριλάβει έναν τετραγωνικό όρο:

$$\ln k = C_0 + C_1/T + C_2/T^2$$

Αυτή η εξίσωση μπορεί περαιτέρω να τροποποιηθεί για να συμπεριλάβει άλλες παραμέτρους που επηρεάζουν το k όπως το pH και η α_w . Για παράδειγμα:

$$\ln k = C_0 + C_1/T + C_2/T^2 + C_3\alpha_w + C_4\alpha_w^2$$

Η εξίσωση του Schoolfield είναι μία άλλη παραλλαγή του μοντέλου Arrhenius όπου επιπρόσθετοι όροι έχουν προστεθεί στη βασική εξίσωση προκειμένου να αντιπροσωπεύσουν τα αποτελέσματα της απενεργοποίησης σε υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία στο ρυθμό ανάπτυξης. Όροι που περιγράφουν το αποτέλεσμα της α_w και του pH μπορούν επίσης να ενσωματωθούν για να δώσουν μία σημαντικά πιο πολύπλοκη εξίσωση.

Μία εναλλακτική προσέγγιση είναι το μοντέλο Bělehrádek το οποίο περιγράφει την ανάπτυξη σε υπο-βέλτιστες θερμοκρασίες:

$$\sqrt{k} = b (T - T_{\min})$$

όπου k είναι ο ρυθμός ανάπτυξης, T η απόλυτη θερμοκρασία (K), και T_{\min} μία ελάχιστη θερμοκρασία μη φυσικής σημασίας.

Η εφαρμογή αυτής της έκφρασης για την περιγραφή της μικροβιακής ανάπτυξης, περιγράφηκε πρώτα από τον Ratkowsky, αν και τώρα αναγνωρίζεται ως μία ειδική μορφή της εξίσωσης Bělehrádek (Adams and M.O. Moss, 2000)

Τέλος, τα τριτογενή μοντέλα φέρνουν την μοντελοποίηση στην τελική της μορφή. Αποτελούν εφαρμογές ενός ή περισσότερων πρωτογενών και δευτερογενών μοντέλων, ενσωματωμένων σε ένα φιλικό προς τον χρήστη πακέτο λογισμικού (McDonald and Sun, 1999).

2.5 Αλλοιώσεις πουλερικών κατά τη συντήρησή τους σε ψύξη

Ως ψύξη χαρακτηρίζεται η παραμονή του προϊόντος σε θερμοκρασία λίγο υψηλότερη των 0°C. Η διάρκεια αποθήκευσης ποικίλει από μερικές ημέρες έως μερικές εβδομάδες και εξαρτάται από το προϊόν, τη θερμοκρασία και τη συσκευασία (Girard, 1992). Η ικανότητα των μικροοργανισμών να αναπτύσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες φαίνεται να είναι ιδιαίτερα συνδεδεμένη με τη σύνθεση και τη δομή της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. Καθώς η θερμοκρασία μειώνεται, η κυτταροπλασματική μεμβράνη υπόκειται σε μία φάση μετάβασης από μία ρευστή κρυσταλλική κατάσταση σε ένα άκαμπτο gel μέσα στο οποίο η μεταφορά των διαλυμένων ουσιών, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Η θερμοκρασία αυτής της μετάπτωσης είναι χαμηλότερη στους ψυχρόφιλους και ψυχρότροφους μικροοργανισμούς ως αποτέλεσμα των υψηλότερων επιπέδων ακόρεστων και μικρής αλυσίδας λιπαρών οξέων στα λιπίδια της κυτταρικής τους μεμβράνης. Αν κάποιος μικροοργανισμός έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζονται σε χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνουν την αναλογία αυτών των συστατικών στις μεμβράνες τους (Adams and Moss, 2000).

Μετά τη σφαγή τους, τα σφάγια πουλερικών θα πρέπει να ψυχθούν προκειμένου να μειωθεί και να διατηρηθεί η θερμοκρασία του κρέατος κάτω από μία τιμή η οποία θα εξασφαλίζει την υψηλή ποιότητα και την ασφάλεια του προϊόντος. Δεν υπάρχει νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ένωση η οποία να αφορά στον χρόνο που απαιτείται για να ψυχθεί ένα σφάγιο πουλερικού, μόνο μία μέγιστη θερμοκρασία των 4°C πριν από τη μεταφορά ή τον τεμαχισμό ορίζεται ότι θα πρέπει να επιτευχθεί όσο το δυνατόν συντομότερα. Το στήθος των πουλερικών έχει διαπιστωθεί ότι αποτελεί το δυσκολότερα ψυχόμενο τμήμα σε ένα σφάγιο κοτόπουλου. Η ψύξη των σφάγιων πουλερικών πραγματοποιείται προκειμένου να παραχθεί ένα ασφαλές προϊόν μειώνοντας τη θερμοκρασία του κρέατος σε ένα σημείο όπου ο ρυθμός ανάπτυξης των αλλοιογόνων μικροοργανισμών να είναι χαμηλός και να αποτρέπεται η ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών. Η ψύξη επιδρά επίσης στους βασικούς δείκτες ποιότητας της γεύσης, του αρώματος, της εμφάνισης και της υφής του κρέατος (James et al., 2005).

Οι διαδικασίες ψύξης μπορούν να επηρεάσουν το άρωμα και τη γεύση του μαγειρεμένου κρέατος πουλερικών, ωστόσο οι κύριες επιπτώσεις λαμβάνουν χώρα κατά την αποθήκευση παρά κατά την ψύξη (James et al., 2005).

Η όψη του κρέατος πουλερικών παρουσιάζει ουσιώδη επίδραση στην αρέσκεια του από τους καταναλωτές, και οι διαφορετικές μέθοδοι ψύξης επηρεάζουν αυτή την παράμετρο ποιότητας του τροφίμου. Το ζεμάτισμα των σφάγειων που τυχόν έχει πραγματοποιηθεί πριν από την ψύξη, επιδρά σημαντικά στην όψη του προϊόντος. Οι υψηλές θερμοκρασίες ζεματίσματος αφαιρούν την εξωτερική επιφάνεια του δέρματος και καθιστούν τα σφάγια επιρρεπή σε αφυδάτωση και αποχρωματισμό σε περίπτωση που πραγματοποιείται ψύξη ρεύματος αέρος. Επίσης, η μέθοδος ψύξης που χρησιμοποιείται, επηρεάζει το χρώμα του δέρματος και την περιεχόμενη υγρασία στην επιφάνεια του κρέατος (James et al., 2005).

Η οξείδωση των λιπαρών οξέων αποτελεί έναν από τους πρωταρχικούς μηχανισμούς υποβάθμισης κατά τη συντήρηση των τροφίμων. Οι αλλαγές στην ποιότητα μπορούν να γίνουν εμφανείς μέσω της υποβάθμισης του χρώματος, της γεύσης, του αρώματος, της υφής, της θρεπτικής αξίας και της παραγωγής τοξικών ενώσεων. Τα αντιοξειδωτικά προλαμβάνουν ή καθυστερούν την οξείδωση των λιπαρών οξέων μειώνοντας τη δραστηριότητα των ελευθέρων ριζών στο κρέας και η προσθήκη αντιοξειδωτικών στα τρόφιμα αποτελεί μία αποδοτική μέθοδο για την αύξηση της οξειδωτικής σταθερότητας (Gheisari and Motamedi, 2009).

Το κρέας περιέχει ποικίλους ενδογενείς αντιοξειδωτικούς παράγοντες. Με αυτόν τον τρόπο, το τελικό δυναμικό οξείδωσης των λιπαρών οξέων καθορίζεται από την αλληλεπίδραση των αντιοξειδωτικών παραγόντων του. Τα ενδογενή αντιοξειδωτικά στους μύες, μπορούν να ελέγξουν την οξείδωση με πολλούς τρόπους. Αυτοί περιλαμβάνουν την υδατοδιαλυτή α-τοκοφερόλη και το συνένζυμο Q10, μαζί με το υδατοδιαλυτό ασκορβικό οξύ και τα διπεπτίδια ιστιδίνης. Τα ένζυμα δισμουτάση, καταλάση και GSH-Px συνεισφέρουν επίσης στην άμυνα κατά της οξείδωσης (Gheisari and Motamedi, 2009).

Το GSH-Px αποτελεί ένζυμο που περιέχει στη δομή του σελήνιο, και το οποίο καταλύει την αναγωγή λιπαρών οξέων και των υπεροξειδίων του υδρογόνου σε λιγότερο βλαβερές αλκοόλες και νερό. Η καταλάση αποτελεί ένζυμο της αίμης το οποίο καταλύει τη διάσπαση του H_2O_2 σε H_2O και O_2 . Η αφαίρεση του H_2O_2 από την οξείδωση της οξυμυογλοβίνης μέσω αναστολής από την καταλάση, αποτρέπει τον σχηματισμό της H_2O_2 ενεργοποιημένης μεταμυογλοβίνης, η οποία θεωρείται ως ένας βασικός παράγοντας στην οξείδωση των λιπαρών οξέων κατά την αποθήκευση του κρέατος. Τα ενδογενή αντιοξειδωτικά ένζυμα, κυρίως η καταλάση και το GSH-Px, θα μπορούσαν πιθανότατα να καθυστερήσουν την έναρξη του οξειδωτικού ταγγισμού στο κρέας. Ωστόσο, είναι περιορισμένες οι πληροφορίες που αφορούν

στους παράγοντες που επηρεάζουν τη δραστηριότητα τέτοιου είδους ενζύμων στα προϊόντα κρέατος (Gheisari and Motamedi, 2009).

Οι ίνες του κρέατος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διαφορετικούς μεταβολικούς τύπους, οξειδωτικούς (στο κόκκινο κρέας) και γλυκολυτικούς (στο λευκό κρέας), βασιζόμενοι στη χημική σύνθεση και στις ενζυμικές δραστηριότητες. Οι οξειδωτικοί μύες διαθέτουν περισσότερα μιτοχόνδρια και ένα υψηλότερο περιεχόμενο σε μυογλοβίνη συγκριτικά με τους γλυκολυτικούς μύες. Χρησιμοποιούν κυρίως λιπαρά οξέα ως υποστρώματα και έχουν χαμηλή δραστηριότητα σε ΑΤΡάση και φωσφορυλάση, ενώ οι γλυκολυτικοί μύες χρησιμοποιούν κυρίως γλυκογόνο ως πηγή ενέργειας και παρουσιάζουν υψηλότερες δραστηριότητες των παραπάνω ενζύμων. Θεωρείται γενικά ότι οι οξειδωτικοί μύες επιδεικνύουν υψηλότερες δραστηριότητες αντιοξειδωτικών ενζύμων από τους γλυκολυτικούς μύες (κρέας πουλερικών) όπως καταλάση και GSH-Px (Gheisari and Motamedi, 2009).

Οι Gheisari and Motamedi, 2009, μελέτησαν τα αποτελέσματα της ψύξης στους 4°C στα αντιοξειδωτικά ένζυμα και στην οξείδωση των λιπαρών οξέων σε κρέας στήθους κοτόπουλου. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές της ενεργότητας των ενζύμων καταλάση και GSH-Px και των δεικτών οξείδωσης λιπαρών οξέων TBARS και τιμών υπεροξειδίου, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.

Πίνακας 2.5.1: Μεταβολή χημικών δεικτών κατά την αποθήκευση φιλέτου στήθους κοτόπουλου σε θερμοκρασία 4°C, συναρτήσει του χρόνου.

Παράμετρος	Χρόνος αποθήκευσης (d)	Κοτόπουλο
Catalase (U/g)	0	141,43
	2	136
	4	133,21
GSH-Px (U/g)	0	1,11
	2	0,8
	4	0,76
TBARS (μmol/Kg)	0	0,04
	2	0,08
	4	0,16
Peroxide value (mEqO ₂ /Kg)	0	0,02
	2	0,07
	4	0,33

Έρευνες υποδεικνύουν τη σημασία του χρώματος στον καθορισμό της επιλογής του καταναλωτή όσον αφορά στο κρέας των πουλερικών. Οι προτιμήσεις ποικίλουν

από περιοχή σε περιοχή και πολιτισμό. Ωστόσο, υποστηρίζεται ότι η αντίληψη της γεύσης και του αρώματος είναι σχετικά ασήμαντη κατά την επιλογή του τροφίμου και ότι η εμφάνιση ασκεί μία μεγαλύτερη επηροή. Για παράδειγμα, βάσει στατιστικών δεδομένων, το κίτρινο χρώμα του κοτόπουλου που έχει τραφεί με καλαμπόκι συνδέθηκε από τους καταναλωτές με ένα υψηλό σε λιπαρά περιεχόμενο, με τάγγισμα και έλλειψη φρεσκότητας (Kennedy et al., 2004).

Τα προβλήματα στην υφή που εντοπίζονται στο κόκκινο κρέας και προκαλούνται από την αργή ή την ταχεία ψύξη (cold shortening) είναι επίσης παρόντα και στο κρέας των πουλερικών σε μικρότερο όμως βαθμό. Η ταχεία ψύξη, πριν την ανάπτυξη νεκρικής ακαμψίας, μπορεί να προκαλέσει τη σκληρότητα του κρέατος (cold shortening). Αν και στα πουλερικά οι μύες του στήθους συντίθενται από λευκές ίνες, οι οποίες είναι λιγότερο επιρρεπείς στο παραπάνω φαινόμενο σε σχέση με τις κόκκινες ίνες που εντοπίζονται στο κόκκινο κρέας, η εν λόγω διαδικασία (cold shortening) πραγματοποιείται (James et al., 2005).

Ένας αριθμός παθογόνων βακτηρίων οι οποίοι είναι ικανοί να προκαλέσουν τροφική δηλητηρίαση, είναι γνωστός ότι μολύνει το κρέας των πουλερικών. Η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει την ανάπτυξη αυτών των μικροοργανισμών στο τρόφιμο. Ορισμένοι παθογόνοι μικροοργανισμοί όπως η *L.monocytogenes*, είναι ικανοί να αναπτυχθούν σε θερμοκρασίες κάτω των 5°C. Αυτοί οι μικροοργανισμοί συχνά θεωρείται ότι χρήζουν μεγάλης προσοχής καθώς η ψύξη δεν εγγυάται την αναστολή της ανάπτυξής τους. Επίσης, υπάρχει και ένας μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών, ικανών να προκαλέσουν την αλλοίωση του τροφίμου. Μελέτες έχουν ασχοληθεί με την επίδραση των διαφορετικών συστημάτων ψύξης στην επιβίωση των αλλοιογόνων και παθογόνων μικροοργανισμών. Δυστυχώς πολλές από αυτές, δεν παραθέτουν ακριβώς τις πραγματικές συνθήκες ψύξης και τους χρησιμοποιούμενους ρυθμούς ψύξης (James et al., 2005).

Ενώ οι μικροβιολογικές αλλαγές κατά τη συντήρηση του κρέατος έχουν αποδειχθεί, οι χημικές αλλαγές που συνοδεύουν την ανάπτυξη των βακτηρίων στο κρέας κατά την αποθήκευσή του δεν έχουν ερευνηθεί επαρκώς. Πρόσφατα αποδείχθηκε ότι ο σχηματισμός αμινών, συμπεριλαμβανομένων των μη πτητικών, όπως οι βιογενείς αμίνες (BAs), και οι πτητικές αμίνες (VAs) όπως το άζωτο τριμεθυλαμίνης (TMA-N) και το ολικό βασικό άζωτο (TVB-N), αποτελεί μία βασική συνέπεια της ενζυμικής αποκαρβοξυλίωσης συγκεκριμένων αμινοξέων λόγω της μικροβιακής ενζυμικής δραστηριότητας. Οι Balamatsia et al., 2007 προσδιόρισαν το σχηματισμό πτητικών αμινών στο κρέας στήθους από κοτόπουλο κατά την αποθήκευσή του σε αερόβιες συνθήκες στους 4°C. Το αρχικό περιεχόμενο σε TMA-N ήταν χαμηλό, δηλαδή 1.14 mg N/100g ενώ ύστερα από 15 ημέρες αποθήκευσης

έφτασε την τιμή 21,5 mg N/100g. Με μία παρόμοια τάση η τιμή TVB-N του κοτόπουλου αυξήθηκε από 20.5 mg N/100g σε 54,5 mgN/g (Balamatsia et al., 2007).

2.6 Αλλοιώσεις πουλερικών κατά τη συντήρησή τους σε κατάψυξη

Η κατάψυξη απαιτεί μία μείωση της θερμοκρασίας σε τιμές αρκετά χαμηλότερες των 0°C (γενικά κάτω από τους -18°C), πράγμα το οποίο επιτρέπει την επέκταση του χρόνου αποθήκευσης σε μερικούς μήνες (Girard, 1992).

Υποθέτοντας ότι η θερμοκρασία διατηρείται σε χαμηλές τιμές προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, η περίοδος αποθήκευσης των κατεψυγμένων προϊόντων κρέατος, εξαρτάται μόνο από την οργανοληπτική ποιότητά τους (Girard, 1992).

Τα κύτταρα των μυών περιλαμβάνουν υψηλές ποσότητες πρωτεϊνών, οι οποίες μπορούν επίσης να επηρεαστούν από οξειδωτικές αντιδράσεις. Η οξείδωση έχει φανεί να επιφέρει έναν αριθμό αλλαγών στις πρωτεΐνες, όπως τροποποίηση των αλυσίδων αμινοτέων, σχηματισμό πρωτεϊνικών πολυμερών, απώλεια διαλυτότητας, αύξηση των καρβονυλικών ομάδων, αλλαγή στη σύνθεση των αμινοξέων και αύξηση στην πρωτεολυτική ευαισθησία. Οι χημικές αλλαγές οι οποίες προκαλούνται κατά την οξείδωση των πρωτεϊνών από ελεύθερες ρίζες οξυγόνου, είναι υπεύθυνες για πολλές βιολογικές τροποποιήσεις, όπως η διαλυτότητα των πρωτεϊνών, ο πρωτεϊνικός κατακερματισμός και η συσσωμάτωση πρωτεϊνών. Οι ελεύθερες ρίζες, αντιδρούν με τις πλευρικές αλυσίδες των πρωτεϊνών προς σχηματισμό πρωτεϊνικών ελευθέρων ριζών, οι οποίες αντιδρούν με το μοριακό οξυγόνο για να σχηματίσουν υπεροξειδικές ρίζες. Έπειτα, τα πρωτεϊνικά υδροϋπεροξειδία διασπώνται σε καρβονυλικά παράγωγα. Η οξείδωση των σουλφιδικών ομάδων μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό πρωτεϊνικών δισουλφιδικών σταυροδεσμών ή στο σχηματισμό ανάμικτων δισουλφιδικών συζεύξεων με γλουταθιόνη, κυστεΐνη ή άλλες χαμηλού μοριακού βάρους μερκαπτάνες (Soyer et al., 2009).

Οι Soyer et al., 2009 εξέτασαν τα αποτελέσματα της θερμοκρασίας κατάψυξης και του χρόνου αποθήκευσης σε κατάψυξη στην οξείδωση των λιπαρών οξέων και πρωτεϊνών σε κρέας στήθους και ποδιού κοτόπουλου. Το κρέας καταψύχθηκε σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (-7,-12 και -18°C) και έπειτα αποθηκεύθηκε στους -18°C για 6 μήνες.

Στο κρέας ποδιού, η μέση τιμή υπεροξειδίου (PV) αυξήθηκε από 1.66 μέχρι 2.52 meq peroxide/kg λίπους μετά από 2 μήνες αποθήκευσης και μειώθηκε στην τιμή 0.51 μετά από 6 μήνες αποθήκευσης. Στο κρέας στήθους, ο δείκτης PV αυξήθηκε από 2.63 σε 5.91 meq peroxides/kg λίπους μετά από 3 μήνες αποθήκευσης και

μειώθηκε στην τιμή 2.02 μετά από 6 μήνες αποθήκευσης. Η αύξηση ενδεχομένως να οφειλόταν στον ταχύτερο ρυθμό σχηματισμού υπεροξειδίων κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων μηνών αποθήκευσης από ότι στη διάσπαση των υπεροξειδίων σε δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης.

Η οξείδωση των δειγμάτων (μετρούμενη ως TBARS) επηρεάστηκε σημαντικά από τη διάρκεια της αποθήκευσης. Το περιεχόμενο σε TBARS στο κρέας στήθους και ποδιού αυξήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη, με την πιο ταχεία και σημαντική αύξηση να παρατηρείται στους 2 πρώτους μήνες αποθήκευσης στο κρέας ποδιού. Κατά την κατάψυξη στους -7°C ο δείκτης TBARS αυξήθηκε από 0.3 έως 1.00 mg MDA/kg κρέατος για το κρέας ποδιού και από 0.3 έως 0.9 mg MDA/kg κρέατος για το κρέας στήθους.

Όσον αφορά στην οξείδωση των πρωτεϊνών, η ποσότητα πρωτεϊνικών καρβονυλίων αυξήθηκε σημαντικά κατά την κατάψυξη, με την αύξηση να γίνεται πιο εμφανής στο κρέας ποδιού παρά στο κρέας στήθους. Ενδεικτικά, η θερμοκρασία -7°C αύξησε το καρβονυλικό περιεχόμενο από 1.78 σε 2.88 nmol/mg πρωτεΐνης στο κρέας ποδιού και από 1.34 σε 2.14 nmol/mg πρωτεΐνης μετά από 6 μήνες αποθήκευσης.

Τέλος, η οξείδωση των πρωτεϊνών συνδέεται επίσης με τη μείωση σε σουλφιδικές ομάδες, οι οποίες μετατρέπονται σε δισουλφίδια. Η θερμοκρασία κατάψυξης και η διάρκεια της αποθήκευσης είχε σημαντικές επιπτώσεις στο σουλφιδικό περιεχόμενο του κρέατος ποδιού και στήθους κοτόπουλου με το μέσο περιεχόμενο να μειώνεται από 38.82 σε 13.26 nmol/mg πρωτεΐνης (65.8% απώλεια) για το κρέας ποδιού και από 27.62 σε 18.29 nmol/mg πρωτεΐνης (33.8% απώλεια) στο κρέας στήθους κατά τη διάρκεια 6 μηνών αποθήκευσης.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Η παραγωγή κρέατος κοτόπουλου έχει σημειώσει σημαντική αύξηση τα τελευταία χρόνια λόγω των πρόσφατων βελτιώσεων στην τεχνολογία παραγωγής του. Ως αποτέλεσμα της αυξημένης ζήτησης, οι παραγωγοί κρέατος άρχισαν να διαφοροποιούν τα προϊόντα τους προκειμένου να επιτύχουν μία επέκταση του χρόνου ζωής αυτών. Κατά την επεξεργασία, χρησιμοποιούνται παραδοσιακές τεχνικές όπως το αλάτισμα, η αφυδάτωση, η θερμική επεξεργασία, η κάπνιση και το μαρινάρισμα, ή συνδυασμός τους αλλά και νεότερες μέθοδοι όπως υπερυψηλή υδροστατική πίεση, ακτινοβολία, ωσμωτική αφυδάτωση, χρήση αντιμικροβιακών και άλλων μεθόδων (Volrato, 2006).

3.2 Παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας πουλερικών

3.2.1 Κάπνιση

Κάπνιση σημαίνει υποβολή ενός τροφίμου στη δράση αερίων που προκύπτουν από την καύση συγκεκριμένων φυτικών υλικών. Σκοπός της επεξεργασίας αυτής είναι η επέκταση του χρόνου ζωής του τροφίμου. Ο καπνισμός σε συνδυασμό με αλάτισμα ή αφυδάτωση αποτελεί μια από τις πιο παλιές διαδικασίες για τη συντήρηση τροφίμων (Girard, 1992). Ανάλογα με τη διαδικασία κάπνισης, η υγρασία μειώνεται 10-40%. Ενώσεις που βρίσκονται στον καπνό με βακτηριοκτόνες και αντιοξειδωτικές ιδιότητες εναποτίθενται και διεισδύουν στο κρέας. Στα σημαντικά συστατικά του καπνού συμπεριλαμβάνονται φαινόλες, οξέα και καρβονυλικές ενώσεις. Η συγκέντρωση των πολυκυκλικών υδρογονανθράκων στον καπνό εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής του καπνού και μπορεί να περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση κατάλληλων διεργασιών, π.χ με εξωτερική παραγωγή καπνού και καθαρισμό του καπνού με ψυχρές παγίδες, ψεκάσμο ή φίλτρα (Belitz et al., 2004).

3.2.2 Αφυδάτωση

Η αφυδάτωση αποτελεί μία αρχαία μέθοδο συντήρησης του κρέατος και χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με αλάτισμα, νίτρωση και καπνισμό. Μερικές επεξεργασίες είναι: η αφυδάτωση σε ρεύμα ζεστού αέρα (40-60°C), η αφυδάτωση υπό κενό σε μεταβλητές συνθήκες και η εξάχνωση. Η υγρασία του τελικού προϊόντος είναι συνήθως 3-10%. Σημαντικά κριτήρια ποιότητας για τέτοια αφυδατωμένα προϊόντα κρέατος είναι η ικανότητα αφυδάτωσης, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί με την πρόσληψη νερού κάτω από σταθερές συνθήκες και με το ποσοστό του ισχυρά δεσμευμένου νερού. Η διαδικασία της αφυδάτωσης δεν θα έπρεπε να επηρεάζει την ικανότητα συγκράτησης του νερού και τα αρωματικά συστατικά του κρέατος. Η διάρκεια ζωής των αφυδατωμένων προϊόντων κρέατος περιορίζεται από την ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών και γεύσεων λόγω οξειδωσης του λίπους και από την ανάπτυξη δυσχρωμιών λόγω της αντίδρασης Maillard (Belitz et al., 2004).

3.2.3 Αλάτισμα

Το αλάτι σε υψηλές συγκεντρώσεις περιορίζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και ανακόπτει τη δραστηριότητα των ενζύμων του κρέατος. Επομένως το αλάτι θεωρείται ως συντηρητικό του κρέατος. Το αλάτισμα του κρέατος σε ένα επίπεδο μέχρι 5% NaCl προκαλεί διόγκωση. Υψηλότερες συγκεντρώσεις άλατος 10-20% προκαλούν συρρίκνωση στο κρέας και στα προϊόντα του, προκαλώντας μείωση στην υγρασία σε επίπεδο χαμηλότερο από αυτό του μη επεξεργασμένου κρέατος. Το κρέας διατηρεί το φυσικό του χρώμα, συνήθως σκούρο κόκκινο, καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση της μυογλοβίνης εξαιτίας της απώλειας υγρασίας. Το αλάτισμα γίνεται είτε με τρίψιμο του άλατος στην επιφάνεια του κρέατος (ξηρό αλάτισμα), είτε με εμβάπτιση του κρέατος σε 15-20% άλμη (υγρό αλάτισμα), ή με έγχυση άλμης μέσα στο κρέας με τη χρήση ειδικών αυτόματων συσκευών (Belitz et al., 2004).

3.2.4 Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία είναι ένα σημαντικό τελικό στάδιο και χρησιμεύει επίσης στην παραγωγή κονσερβοποιημένου κρέατος. Στη βιομηχανία πουλερικών η βασική μέθοδος θερμικής επεξεργασίας είναι το τηγάνισμα. Χαρακτηριστικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα κατά τη θερμική επεξεργασία είναι: η ανάπτυξη καφέ χρώματος, θρόμβωση της πρωτεΐνης, μείωση της ικανότητας συγκράτησης του νερού, αύξηση του pH, ανάπτυξη χαρακτηριστικού χρώματος μαγειρεμένου ή

ψημένου κρέατος και τελικά μαλάκωμα που οφείλεται στη συρρίκνωση και στη μερική μετατροπή του κολλαγόνου σε ζελατίνη (Belitz et al., 2004).

3.2.5 Μαρινάρισμα

Η διαδικασία του μαριναρίσματος αποτελεί μία παραλλαγή της συντήρησης σε άλμη, με τη διαφορά ότι το αλάτι αντικαθίσταται από ξύδι, κρασί ή μίγμα τους, χυμούς φρούτων ή εκχυλίσματα φυτών, ή από λάδι. Στη βιομηχανία οι μαρινάδες βασίζονται σε ασθενή οξέα όπως οξικό οξύ, γαλακτικό οξύ, κιτρικό οξύ, με την προσθήκη NaCl(50). Σύμφωνα με τη μελέτη των Yusop et al., 2010 κατά το μαρινάρισμα (διάρκειας 180 min) φιλέτου κοτόπουλου, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της παραμέτρου a του χρώματος με αντίστοιχη μείωση της παραμέτρου L . Παράλληλα, ο αυξανόμενος χρόνος μαριναρίσματος διαπιστώθηκε ότι παρήγαγε τελικά προϊόντα μεγαλύτερης αποδεκτότητας με αυξανόμενες βαθμολογίες για το χρώμα, το άρωμα και τη γεύση. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε μεταβολή του pH συναρτήσει του pH του διαλύματος μαριναρίσματος (Yusop et al., 2010).

3.3 Νέες μέθοδοι επεξεργασίας και συσκευασίας πουλερικών

3.3.1 Συσκευασία πουλερικών σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα

Η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (modified atmosphere packaging, MAP) έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής τις τελευταίες δεκαετίες ως μία μοντέρνα μη θερμική μέθοδος συντήρησης τροφίμων. Ο σωστός συνδυασμός των αερίων στην υπερκείμενη φάση των συσκευασιών έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση των αλλοιογόνων μικροοργανισμών ευπαθών προϊόντων οι οποίοι αναπτύσσονται υπό αερόβιες συνθήκες και τη διατήρηση των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών (Patsias et al., 2007). Η μικροβιακή ανάπτυξη, το χρώμα και η οξείδωση των λιπών αποτελούν σημαντικούς παράγοντες της διάρκειας ζωής του φρέσκου κρέατος και της αποδοχής του από του καταναλωτές. Τα συνήθη αέρια που χρησιμοποιούνται στη MAP είναι το CO₂ (για την αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης), το O₂ (για την αποφυγή της αναερόβιας ανάπτυξης και τη διατήρηση του χρώματος) και το N₂ (για την αποφυγή της οξείδωσης των λιπών και της κατάρρευσης της συσκευασίας). Αυτά τα αέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν το καθένα μόνο του ή σε συνδυασμό προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Οι εμπλουτισμένες σε CO₂ ατμόσφαιρες μπορούν να καταστείλουν τους αερόβιους αλλοιογόνους μικροοργανισμούς οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την υποβάθμιση της γεύσης και της οσμής του κρέατος πουλερικών. Οι κύριοι μικροοργανισμοί που παρεμποδίζονται από το σύστημα MAP είναι τα Gram-αρνητικά βακτήρια και οι ζύμες (Chouliara et al., 2006). Μία ελάχιστη συγκέντρωση σε CO₂ της τάξεως του 20-

30% είναι απαραίτητη προκειμένου να υπάρξει ένα ανασταλτικό αποτέλεσμα. Έπειτα, έχει παρατηρηθεί μία παρατεταμένη διάρκεια ζωής κρέατος πουλερικών κατά την αποθήκευση σε ατμόσφαιρα χαμηλής συγκέντρωσης σε O₂ και υψηλής σε CO₂ λόγω του ότι η αλλοίωση που προκαλείται από τα γαλακτικά βακτήρια συμβαίνει αργότερα συγκρινόμενη με εκείνη που προκαλείται από αερόβια βακτήρια όπως οι ψευδομονάδες, οι οποίες κυριαρχούν υπό αερόβιες συνθήκες (Patsias et al., 2007).

Σύμφωνα με μελέτη, η ολική μικροβιακή χλωρίδα των ψυγμένων στους 4°C και μη επεξεργασμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου έφτασε στην τιμή 7 logcfu/g μετά από 5-6 ημέρες, ενώ εκείνη των συσκευασμένων σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (N₂:70%,CO₂:30%) στην ίδια θερμοκρασία, έφτασε στην ίδια τιμή μετά από 10-12 ημέρες. Επίσης, σημαντικά μειώθηκε ο αριθμός των ψευδομονάδων, περίπου 2-4 logcfu/g, των MAP φιλέτων συγκρινόμενα με εκείνα τα οποία αποθηκεύτηκαν στον ατμοσφαιρικό αέρα. Όσον αφορά στην αποδεκτότητα των φιλέτων, το όριο αποδεκτότητας (score 5) επιτεύχθηκε μετά από 8 ημέρες για τα ψυγμένα σε αέρα φιλέτα, ενώ μετά από 9 ημέρες για τα συσκευασμένα σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα φιλέτα. Τέλος, η MAP δεν επηρέασε ιδιαίτερα τα χαρακτηριστικά του χρώματος των φιλέτων κατά την ψύξη τους (Patsias et al., 2007).

3.3.2 Βιοδιατήρηση

Η βιοδιατήρηση είναι μία καινοτόμα μέθοδος που χρησιμοποιείται για την επέκταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων και τη μείωση του μικροβιακού ρίσκου, αν και είναι λίγες οι αναφορές που υπάρχουν για την εφαρμογή της στα πουλερικά, και βασίζεται στον εμβολιασμό των τροφίμων με συγκεκριμένα στελέχη βακτηρίων, ικανών να αναστείλλουν τη ανάπτυξη ανεπιθύμητων βακτηρίων. Οι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί που προστίθενται στα τρόφιμα προκειμένου να παρεμποδίσουν τους παθογόνους μικροοργανισμούς ή να παρατείνουν το χρόνο ζωής του τροφίμου, επηρεάζοντας όσο το δυνατόν λιγότερο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του, ορίζονται ως προστατευτικές καλλιέργειες. Τα γαλακτικά βακτήρια μπορούν να θεωρηθούν μία ιδανική επιλογή για την εφαρμογή ως προστατευτικής καλλιέργειας καθώς είναι συχνά παρόντα στα τρόφιμα, έχουν μία μακρά ιστορία ασφαλούς χρήσης και αποτελούν τμήμα της μικροχλωρίδας του πεπτικού συστήματος ανθρώπων και ζώων. Ο ανταγωνισμός τους αφορά στα θρεπτικά συστατικά ή στην παραγωγή ενεργών αντιμικροβιακών μεταβολιτών. Οι βασικές απαιτήσεις προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα γαλακτικά βακτήρια ως προστατευτική καλλιέργεια περιλαμβάνουν τα ακόλουθα: α) θα πρέπει να είναι γενικώς αναγνωρισμένα ως ασφαλή, β) πρέπει να επιδεικνύουν ανταγωνιστική δραστηριότητα ενάντια σε παθογόνα βακτήρια, γ) δεν θα πρέπει να επιφέρουν επιζήμια αποτελέσματα στα οργανοληπτικά, χημικά και φυσικοχημικά

χαρακτηριστικά του εκάστοτε τροφίμου, δ) θα πρέπει να είναι ικανά να επιβιώνουν σε εχθρικό περιβάλλον και τέλος ε) θα πρέπει να διατηρούν τα ανασταλτικά τους χαρακτηριστικά ενάντια σε παθογόνα και αλλοιογόνα βακτήρια σε θερμοκρασίες ψύξης (Sakaridis et al, 2011). Οι Hugas et al.,1998, με την προσθήκη γαλακτοβάκιλων σε ωμό φιλέτο κοτόπουλου, συντηρημένου υπο ψύξη, πέτυχαν μείωση του πληθυσμού της *Listeria monocytogenes* κατά 1.5-3 logCFU/g.

3.3.3 Αντιμικροβιακοί παράγοντες

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ελέγχου Φαρμάκων και Τροφίμων (FDA), ως αντιμικροβιακά ορίζονται οι ουσίες που καθυστερούν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και συνεπώς την αλλοίωση των τροφίμων. Ο μηχανισμός δράσης των αντιμικροβιακών βασίζεται σε αντίδραση με τα συστατικά της μεμβράνης, σε αδρανοποίηση διάφορων ενζύμων, ή σε καταστροφή ή λειτουργική αδρανοποίηση του γενετικού υλικού. Η προσθήκη αντιμικροβιακών ουσιών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική παρεμπόδιση της μικροβιακής ανάπτυξης (βακτήρια, ζύμες, μύκητες) και συνεπώς στην επέκταση ζωής του τροφίμου. Εκτός της ανασχεσης της δράσης των αλλοιωγόνων μικροοργανισμών, αντιμικροβιακά συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί και για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών (Davidson et al.,2003).

Νισίνη

Η νισίνη είναι μία βακτηριοσίνη η οποία παράγεται από το στέλεχος *Lactococcus lactis*. Είναι δραστική ενάντια στα κατά Gram- θετικά βακτήρια συμπεριλαμβανομένων και των σπορίων, όμως δεν συμβαίνει το ίδιο ενάντια σε κατά Gram-αρνητικά βακτήρια, ζύμες και μύκητες. Η χρήση χηλικών ενώσεων μπορεί να μεταβάλλει τη διαπερατότητα της εξωτερικής μεμβράνης των Gram-αρνητικών βακτηρίων. Σε σχετική μελέτη (Cosby et al 1999), παρατηρήθηκε ότι η ολική μικροβιακή χλωρίδα φιλέτου κοτόπουλου, συντηρημένου σε ψύξη (4°C) και σε MAP συνθήκες (20% CO₂, 80% O₂), και επεξεργασμένου με διάφορους συνδυασμούς νισίνης- EDTA, έφτασε στις τιμές 7,8 και 7,1 cfu/g μετά από 21 ημέρες αποθήκευσης. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μεταξύ επεξεργασμένων και μη επεξεργασμένων με νισίνη, μαγειρεμένων φιλέτων κοτόπουλου (Tan and Ockerman, 2008).

Οργανικά οξέα

Η χρήση οργανικών οξέων στην επιφάνεια του κρέατος αποτελεί μία συνήθη διαδικασία. Οι όξινες επεξεργασίες είναι φθηνές, απλές και γρήγορες, ενώ παράλληλα επιδεικνύουν μεγάλη αποδοτικότητα. Επιπλέον, τα οργανικά οξέα θεωρούνται ασφαλή για τα προϊόντα κρέατος και τα περισσότερα από αυτά δεν περιορίζονται στην αποδεκτή ημερήσια δόση για τον άνθρωπο. Πολλές δοκιμές έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να ελεγχθεί η απόδοτικότητα των οργανικών οξέων, όμως θα πρέπει ταυτόχρονα να ληφθούν υπόψιν οι αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, γεύση και οσμή) του προϊόντος. Τα οργανικά οξέα και τα άλατά τους, θεωρούνται ασθενή οξέα πράγμα που σημαίνει ότι δεν διίστανται πλήρως στο νερό αλλά με τέτοιο τρόπο που επηρεάζουν το pH. Συνεπώς, η αντιμικροβιακή δράση των οργανικών οξέων ενισχύεται καθώς το pH του τροφίμου μειώνεται σε τιμή ίση ή χαμηλότερη εκείνης του pK_a του οξέος. Το pK_a ορίζεται ως η σταθερά διάστασης του οξέος. Η μείωση του pH έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πρωτονιωμένου οξέος, μειώνοντας την πολικότητα του μορίου και αυξάνοντας τη διάχυση του οξέος διαμέσου της μεμβράνης και του κυτταροπλάσματος. Τα οργανικά οξέα έχουν χρησιμοποιηθεί για την ελάττωση του μικροβιακού φορτίου του κρέατος βοδινού, χοιρινού και πουλερικών, σημαντικών βακτηρίων συμπεριλαμβανομένης της σαλμονέλλας.

Τα οργανικά οξέα θεωρείται ότι επηρεάζουν τη μικροβιακή δραστηριότητα με δύο κύριους μηχανισμούς: μέσω οξίνισης του κυτταροπλάσματος, και μέσω της συσσώρευσης των αδιάλυτων όξινων ανιόντων σε τοξικά επίπεδα. Η διάχυση ενός αδιάστατου οξέος διαμέσου της μικροβιακής μεμβράνης σε ένα τρόφιμο όπου το pH του κυτταροπλάσματος είναι υψηλότερο από εκείνο του εξωτερικού περιβάλλοντος, ευνοεί τη δημιουργία μίας διαμεμβρανικής βαθμίδωσης. Καθώς το πρωτονιωμένο οξύ διαχέεται διαμέσου της μεμβράνης, συναντάται ένα αλκαλικό περιβάλλον, ευνοώντας έτσι τη διάσταση του οξέος σε όξινο ανιόν και ελεύθερο πρωτόνιο. Το κύτταρο αντιδρά προσπαθώντας να αποβάλλει το πρωτόνιο, ανταλλάσσοντας το πρωτόνιο με άλλα κατιόντα (π.χ Na^+ , K^+). Αυτή είναι η βάση της χημειοσμωτικής θεωρίας. Επιπλέον, εκτός από τη μετατόπιση του εύρους του pH μέσα στο οποίο παρατηρείται η βέλτιστη ενζυμική δραστηριότητα, η παρουσία οργανικών οξέων σε αυξημένα επίπεδα επηρεάζει δυσμενώς τη σύνθεση των πρωτεϊνών και των DNA/RNA. Τα οργανικά οξέα είναι τα εξής:

1) Οξικό οξύ και οξικά άλατα

Το οξικό οξύ είναι ένα μονοκαρβοξυλικό οξύ με δριμύ οσμή και γεύση που περιορίζουν τη χρήση του στα τρόφιμα. Το οξικό οξύ θεωρείται γενικά ασφαλές για ποικίλες χρήσεις, ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται ως αντιμικροβιακός παράγοντας και διάφορες ουσίες που προέρχονται από αυτό. Ωστόσο, η μορφή

άλατος απαιτεί διαφορετικές διαδικασίες χειρισμού και χρησιμοποίησης από εκείνες του οξέος (Mani - Lopez et al., 2011).

2) Κιτρικό οξύ και κιτρικά άλατα

Το κιτρικό οξύ (hydroxyl tricarboxylic acid) παράγεται με φυσικό τρόπο από ποικίλα φυτά. Είναι υδατοδιαλυτό, αποδεκτό για άμεση προσθήκη σε πολλαπλά τρόφιμα, θεωρείται ασφαλές και ενδείκνυται για χρήση κατά την παραγωγή φρέσκων και επεξεργασμένων κρεάτων και πουλερικών σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις γι' αυτό το σκοπό. Το κιτρικό οξύ αναστέλλει τα κύτταρα μέσω συμπλοκοποίησης μετάλλων, και σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζει ενισχυμένη παρεμπόδιση των παθογόνων μικροοργανισμών σε αντιδιαστολή με τα μονοκαρβοξυλικά οξέα όπως το γαλακτικό οξύ. Τέλος, πολλές είναι οι μελέτες που αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα του κιτρικού οξέος και των αλάτων του σε διάφορα συστήματα προϊόντων (Mani- Lopez et al., 2011).

3) Γαλακτικό οξύ και άλατά του

Το γαλακτικό οξύ (2- hydroxypropanoic acid) είναι ένα μονοκαρβοξυλικό οξύ (pKa 3,79) το οποίο παράγεται κατά την ανοξική αναπνοή ή τη ζύμωση από πολλούς βακτηριακούς μικροοργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των γαλακτικών βακτηρίων. Ιφίσταται σε δύο ισομερείς μορφές (D-, L-) εκ των οποίων η L μορφή παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα ενάντια στους παθογόνους μικροοργανισμούς. Το άλας του χρησιμοποιείται ως γευστικός παράγοντας, σταθεροποιητής χρώματος και μπορεί να φανεί χρήσιμο για τα αποτελέσματά του στην επιβράδυνση της οξειδωσης των λιπαρών οξέων και την επακόλουθη ανάπτυξη δυσάρεστης οσμής. Η άμεση προσθήκη του σε μία ποικιλία προϊόντων είναι επιτρεπτή και θεωρείται ασφαλές (Mani - Lopez et al., 2011).

4) Προπιονικό οξύ

Το προπιονικό οξύ και τα άλατά του, θεωρούνται ασφαλείς ουσίες για ευρεία χρήση. Επιπρόσθετα, αποτελούν αντιμυκητιασικούς παράγοντες όταν μεταναστεύουν από το υλικό συσκευασίας. Δεν έχουν καθοριστεί ανώτατα όρια χρήσης αυτού του πρόσθετου εκτός από το ψωμί (Mani- Lopez et al., 2011).

5) Σουκινικό οξύ

Το σουκινικό οξύ είναι ένα μη υγροσκοπικό, δικαρβοξυλικό οξύ το οποίο εμφανίζει χαμηλή διαλυτότητα στο νερό, έχει πικρή γεύση και χρησιμοποιείται ως ενισχυτικό γεύσης. Το σουκινικό οξύ χρησιμοποιείται στην τροποποίηση της πλαστικότητας της ζύμης του ψωμιού και στην παραγωγή εδώδιμων λιπών. Μπορεί επίσης να ενσωματωθεί σε ζελατινοειδή επιδόρπια και σε αρτύματα κέικ. Θεωρείται ασφαλής ουσία για ευρεία χρήση και δεν έχουν τεθεί ανώτατα

όρια στην ημερήσια πρόσληψή του από τους καταναλωτές. Τέλος, έχει παρατηρηθεί ότι το σουκινικό οξύ μειώνει επιτυχώς το μικροβιακό φορτίο των σφάγιων πουλερικών, ωστόσο μία συγκέντρωση του οξέος της τάξεως του 3% ή 5% στους 60°C, βλάπτει την εικόνα του προϊόντος (Mani - Lopez et al., 2011).

6) Ταρταρικό οξύ, μαλικό οξύ, και τα άλατά τους.

Το ταρταρικό και το L-μαλικό οξύ είναι δικαρβοξυλικά οργανικά οξέα τα οποία βρίσκονται σε ποικίλα καρποφόρα φυτά και μούρα. Και τα δύο ενδείκνυνται για άμεση στα τρόφιμα, θεωρούνται ασφαλή και λειτουργούν ως αντιμικροβιακοί παράγοντες μέσω οξίνισης, αν και το δυναμικό αναστολής τους δεν είναι εξίσου μεγάλο με εκείνο των υπολοίπων οργανικών οξέων. Επίσης, εκτός από την αντιβακτηριδιακή τους δραστηριότητα, και τα δύο οξέα παρουσιάζουν ακόμη, αντιμυκητιασική δραστηριότητα (Mani - Lopez et al., 2011).

Τέλος, πολλές μελέτες υποδεικνύουν έναν ευνοϊκό ρόλο του λίπους που εμπεριέχεται στο κρέας των πουλερικών όσον αφορά στη μείωση του μικροβιακού φορτίου. Γενικά, τα κύτταρα που είναι προσκολλημένα στον λιπώδη ιστό, εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία απέναντι στα οξέα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο λιπώδης ιστός εμπεριέχει λιγότερη υγρασία (20%), σε σχέση με το υπόλοιπο ιστό (75%) και η μειωμένη ενεργότητα νερού μπορεί να ενισχύσει τα αντιμικροβιακά αποτελέσματα. Με λιγότερη επιφανειακή υγρασία, υπάρχει λιγότερο νερό για να αραιώσει το οξύ στη διεπιφάνεια ιστού/ρευστού. Είναι πιθανόν ότι η υγρασία στο άπαχο τμήμα του ιστού είτε έχει αραιώσει το οξύ, είτε έχει διαλυτοποιήσει συστατικά των κυττάρων του ιστού, τα οποία ρυθμίζουν το οξύ στην επιφάνεια. Εναλλακτικά, το οξύ ενδέχεται να απορροφηθεί με γρηγορότερο ρυθμό από τα κύτταρα του ιστού σε σχέση με τα βακτηριακά κύτταρα, το οποίο μπορεί να αποτελέσει την αιτία για την αυξημένη ανθεκτικότητά τους απέναντι στα οξέα (Mani - Lopez et al., 2011).

Αιθέρια έλαια

Ιδιαίτερη προσοχή έχει επικεντρωθεί τελευταία στα εκχυλίσματα βοτάνων και μπαχαρικών τα οποία χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και να επεκτείνουν το χρόνο ζωής των τροφίμων. Τα αιθέρια έλαια θεωρούνται ως ' φυσικά ' εναλλακτικά των χημικών συντηρητικών και η χρήση τους στα τρόφιμα συνάδει με την απαίτηση των καταναλωτών για ελαχίστως επεξεργασμένα προϊόντα. Η ρίγανη αποτελεί ένα χαρακτηριστικό μπαχαρικό της Μεσογειακής κουζίνας, το οποίο ανακτάται από την ξήρανση των φύλλων και

άνθων των φυτών *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, γνωστά για την αντιοξειδωτική και την αντιμικροβιακή τους δράση. Οι δύο φαινόλες, καρβακόλη και θυμόλη, οι οποίες αποτελούν τα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου ρίγανης, είναι υπεύθυνες για την αντιμικροβιακή του δράση (Chouliara et al., 2007). Ο τρόπος δράσης της καρβακόλης και της θυμόλης έχει αποσπάσει τη μέγιστη προσοχή των ερευνητών. Η θυμόλη είναι δομικά όμοια με την καρβακόλη, έχοντας την ομάδα του υδροξυλίου εντοπισμένη σε διαφορετική θέση στον φαινολικό δακτύλιο. Λόγω της υδρόφοβης φύσης τους, η καρβακόλη και η θυμόλη αλληλεπιδρούν με διπλοστιβάδα λιπιδίων των κυτταρικών μεμβρανών προκαλώντας απώλεια της ακεραιότητας και διαρροή του κυτταρικού υλικού όπως ιόντα, ATP και νουκλεϊκό οξύ (Mastromatteo et al., 2008). Γενικότερα, η έκφραση της αντιμικροβιακής δραστηριότητας είναι συνήθως ξεκάθαρη, όμως ο μηχανισμός της αντιμικροβιακής δράσης είναι ατελώς κατανοητός. Όσον αφορά στις φαινολικές ενώσεις, είναι γνωστή η ικανότητά τους να παρεμβαίνουν στον κυτταρικό μεταβολισμό μέσω ενός αριθμού μηχανισμών όπως η συμπλοκοποίηση του υποστρώματος, η διάρρηξη της κυτταρικής μεμβράνης, η ενζυμική αδρανοποίηση, η συμπλοκοποίηση μετάλλων καθώς και η ικανότητά τους να διαπερνούν τη μεμβράνη, οι οποίοι αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που αφορούν στην ευαισθησία ή την ανθεκτικότητα των εκτιθέμενων κυττάρων (Holley and Patel, 2004). Παρόλα αυτά, η πρακτική εφαρμογή αιθέριων ελαίων στα τρόφιμα είναι περιορισμένη λόγω της έντονης γεύσης που προσδίδουν και της αλληλεπίδρασής τους με κάποια συστατικά του τροφίμου. Γι' αυτούς τους λόγους το αποτέλεσμα της συντήρησης των τροφίμων με χρήση αιθέριων ελαίων μπορεί να επιτευχθεί με χαμηλές συγκεντρώσεις αιθέριων ελαίων σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες συντήρησης όπως η χαμηλή θερμοκρασία, η χαμηλή δόση ακτινοβολίας, η υψηλή υδροστατική πίεση και η συντήρηση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Σχετική μελέτη έδειξε ότι η ολική μικροχλωρίδα φιλέτου κοτόπουλου συντηρημένου στους 4°C έφτασε στην τιμή 7 logcfu/g (η οποία θεωρείτε το ανώτατο όριο για ένα καλής ποιότητας φρέσκο πουλερικό), μετά από 5-6 ημέρες για τα συσκευασμένα σε αέρα δείγματα, μετά από 6-7 ημέρες για τα δείγματα που εμπεριείχαν 0,1% έλαιο ρίγανης και μετά από 25 ημέρες για τα δείγματα που εμπεριείχαν 1% έλαιο ρίγανης. Η συγκέντρωση 1% του ελαίου είχε ως αποτέλεσμα την επέκταση του χρόνου ζωής του φιλέτου κατά 19-20 ημέρες, ενώ η συγκέντρωση 0,1% του ελαίου επέκτεινε το χρόνο ζωής μόλις 1-2 ημέρες. Επίσης, ο συνδυασμός 0,1% ελαίου ρίγανης και τροποποιημένης ατμόσφαιρας μείωσε τον αριθμό των ψευδομονάδων στην έννατη ημέρα αποθήκευσης κατά 1,4 logcfu/g ενώ ο αντίστοιχος συνδυασμός με περιεκτικότητα ελαίου ρίγανης 1%, μείωσε τον αριθμό των ψευδομονάδων κατά 4,4logcfu. Έπειτα, δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα ο βαθμός της οξείδωσης των λιπαρών οξέων, πράγμα που αποδίδεται στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του συγκεκριμένου ελαίου. Τέλος, η τιμή L του χρώματος, παρουσίασε σταδιακή μείωση μέχρι και τις 25 ημέρες αποθήκευσης (Chouliara et al., 2007).

Γλυκονο-δ-λακτόνη

1) Χαρακτηριστικά της γλυκονο-δ-λακτόνης

Η γλυκονο-δ-λακτόνη είναι εστέρας ο οποίος υδρολύεται αυθόρμητα σε γλυκονικό οξύ με κινητική αντίδρασης υδρόλυσης, πρώτης τάξης (Braga et al., 2005). Η υδρόλυση της γλυκονο-δ-λακτόνης σε γλυκονικό οξύ έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του pH. Η pK_a της (3,60) είναι παραπλήσια εκείνης του γαλακτικού οξέος (3,79) στους 25°C (Martin et al., 2009). Πρόκειται για μία λευκή άοσμη και άγευστη κρυσταλλική ένωση που έχει λάβει την έγκριση της Ευρωπαϊκής ένωσης για χρήση σε τρόφιμα με τον χαρακτηρισμό E575 ως πρόσθετο τροφίμων. Η αντιμικροβιακή δράση της γλυκονο-δ-λακτόνης έχει ερευνηθεί ιδιαίτερα για την παραγωγή προϊόντων κρέατος, από όπου προκύπτει έντονη δράση με χρήση της σε συγκεντρώσεις 0,125 ή 0,25% και σε συνδυασμό με 1,8% γαλακτικό νάτριο ή/και 0,25% διοξικό νάτριο (Barnpalia et al., 2005, Lemay et al., 2002).

2) Εφαρμογές της γλυκονο-δ-λακτόνης

α) Εφαρμογές της γλυκονο-δ-λακτόνης σε κόκκινο κρέας

Τα επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος υπόκεινται σε υποβάθμιση λόγω των οξειδωτικών διαδικασιών και των μικροβιακών δραστηριοτήτων κατά την αποθήκευση. Η οξυμογλοβίνη οξειδώνεται σε μεταμογλοβίνη η οποία προσδίδει μία χρωματική αλλαγή από έντονο κόκκινο χρώμα σε μη ελκυστικό καφέ το οποίο περιορίζει το χρόνο ζωής του κρέατος. Σε έρευνα που διεξήχθη, όσο πιο κόκκινο είναι ένα κρέας τόσο πιο πιθανό είναι να αγοραστεί από τους καταναλωτές. Η μικροβιακή ανάπτυξη αλλοιογόνων και παθογόνων βακτηρίων, αποτελεί έναν άλλο κρίσιμο παράγοντα της υποβάθμισης της ποιότητας των προϊόντων κρέατος. Και η μικροβιακή και η χρωματική υποβάθμιση στα προϊόντα κρέατος απασχολούν και τους παραγωγούς και τους καταναλωτές.

Η γλυκονο-δ-λακτόνη αποτελεί ένα μέσο οξίνισης το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για την επέκταση του χρόνου ζωής του κρέατος. Έχει χρησιμοποιηθεί σε λουκάνικα προκειμένου να αναστείλλει την ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes*. Σε προϊόντα βοδινού και χοιρινού κρέατος έχει μειώσει το ολικό μικροβιακό φορτίο. Σε συνδυασμό με άλατα γαλακτικού οξέος, αυξάνει το χρώμα και αναστέλλει την ανάπτυξη της *L.monocytogenes*. Ένας αριθμός μελετών έχει αποδείξει τη το συνεργηστικό αποτέλεσμα όταν η γλυκονο-δ-λακτόνη συνδυαστεί με άλλα οξέα. Μίγμα ερυθροβικού νατρίου και γλυκονο-δ-λακτόνης αναστέλλει την ανάπτυξη του

Bacillus cereus στο λουκάνικο συκωτιού σε μεγαλύτερο βαθμό απ'ότι το ερυθροβικό νάτριο από μόνο του.

Οι Barringer et al., 2004, πραγματοποίησαν ηλεκτροστατική επικάλυψη με χρήση 4g 3:1 μίγματος γλυκονο-δ-λακτόνης και ερυθροβικού νατρίου (GDL:SE) στην επιφάνεια ποικίλων προϊόντων κρέατος και τα σύγκριναν με τα αντίστοιχα μη προκατεργασμένα δείγματα. Το ολικό μικροβιακό φορτίο της επιφάνειας του κρέατος μετά από 9 ημέρες συντήρησής του υπο ψύξη ήταν χαμηλότερο από εκείνο του Control κατά 2logCFU/g. Η ανάμιξη γλυκονο-δ-λακτόνης και ερυθροβικού νατρίου προκάλεσαν όμοια μικροβιακή αναστολή με εκείνη που προκάλεσε το ερυθροβικό νάτριο από μόνο του. Επίσης, προσδιορίστηκε η μεταβολή του χρώματος των προκατεργασμένων και μη δειγμάτων κατά την αποθήκευση. Η τιμή a , ή ερυθρότητα, των μη προκατεργασμένων δειγμάτων μειώθηκε κατά την αποθήκευση καθώς το χρώμα του κρέατος κινούταν προς το καφέ. Αντίθετα, η παράμετρος a , δηλαδή η ερυθρότητα, αυξήθηκε κατά την αποθήκευση από την τιμή 12,5 στην τιμή 15,5. Αναγωγικοί παράγοντες όπως η γλυκονο-δ-λακτόνη και το ερυθροβικό νάτριο, παρεμποδίζουν τον σχηματισμό της μεταμυογλοβίνης από οξυμυογλοβίνη περισσότερο κόκκινο απ'ότι καφέ.

Η αμερικανική κυβέρνηση θέτει ως όριο περιεκτικότητας σε γλυκονο-δ-λακτόνη στα διαλύματα εμφάπτισης του κρέατος, την τιμή 0,3% (Code of federal Regulations, 2000), ενώ η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει ως όριο προσθήκης μέχρι 5g/kg κρέατος (Directive95/2/CE, 1995).

β) Εφαρμογή γλυκονο-δ-λακτόνης σε πουλερικά

Οι J.Yuste et al. μελέτησαν το συνδυαστικό αποτέλεσμα της επεξεργασίας με υπερευψηλή υδροστατική πίεση και προσθήκης νισίνης (0, 100, 200 ppm) και γλυκονο-δ-λακτόνης (0 και 1%) σε κρέας πουλερικών το οποίο συντηρήθηκε υπό ψύξη σε θερμοκρασία 2°C. Οι ψυχρόφιλοι μικροοργανισμοί φάνηκαν να είναι πιο ευαίσθητοι στα δείγματα που είχαν επεξεργαστεί με 100ppm νισίνης και γλυκονο-δ-λακτόνη σε πίεση 450MPa και το φορτίο τους έφτασε σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα. Ο συνδυασμός πίεσης 350MPa, 100ppm νισίνης και 1% γλυκονο-δ-λακτόνης ήταν αρκετός για να επεκτείνει το χρόνο ζωής του τροφίμου κατά τη συντήρησή του υπό ψύξη για 30ημέρες. Στη συγκεκριμένη μελέτη η προσθήκη 1% γλυκονο-δ-λακτόνης μείωσε το pH στην τιμή 5,42.

γ) Εφαρμογή γλυκονο-δ-λακτόνης σε γαλακτοκομικά προϊόντα

Η γλυκονο-δ-λακτόνη χρησιμοποιείται στη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων για την παραγωγή τυριού cottage, φέτας και tofu γιατί συμβάλλει στον έλεγχο και στην αναπαραγωγισιμότητα της μείωσης του pH, και μπορεί να προστεθεί στο γάλα σε οποιαδήποτε θερμοκρασία (Martin et al., 2009).

Πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των gels που προκύπτουν από την οξίνιση του γάλακτος από τη χρήση γλυκονο-δ-λακτόνης ή τη ζύμωση μέσω βακτηριακών καλλιέργειών. Έχει διαπιστωθεί ότι τα gels που προκύπτουν από τη χρήση γλυκονο-δ-λακτόνης διαφέρουν από εκείνα των βακτηρίων: η μείωση του pH ήταν ταχύτερη και ο διαχωρισμός του ορού γάλακτος μεγαλύτερος. Επίσης, τα gels που σχηματίστηκαν από τις καλλιέργειες βακτηρίων διαπιστώθηκε ότι έφεραν πυκνότερα συσσωματώματα συγκρινόμενα με εκείνα της γλυκονο-δ-λακτόνης (Martin et al., 2009).

3.3.4 Υπερυψηλή υδροστατική πίεση

Η υπερυψηλή πίεση (HHP) αποτελεί μία από τις πιο διερευνημένες μεθόδους παρά τη σχετικά μικρή της ιστορία. Η επεξεργασίες με υπερυψηλή πίεση μεταξύ 300 και 600 MPa μπορούν να αδρανοποιήσουν αλλοιωγόνους μικροοργανισμούς στο κρέας, αν και η πίεση ενδέχεται επίσης να επηρεάσει κάποια άλλα χαρακτηριστικά του τροφίμου όπως τρυφερότητα, χρώμα, οξείδωση των λιπών και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά (Rodriguez – Calleja et al., 2011). Η HHP δρα πρωτίστως στους μη ομοιοπολικούς δεσμούς, όπως ιοντικούς δεσμούς, δεσμούς υδρογόνου και υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις, και προωθεί αντιδράσεις κατά τις οποίες προκύπτει μία συνολική μείωση σε όγκο. Έπειτα, μπορεί να επιφέρει εμφανή αποτελέσματα σε δομικές και λειτουργικές πρωτεΐνες, αν και το αποτέλεσμα ποικίλει ανάλογα με τη δομή της πρωτεΐνης. Τα μη πρωτεϊνικά μακρομόρια μπορούν επίσης να επηρεαστούν τόσο ώστε για παράδειγμα τα αμυλούχα προϊόντα να αποκτούν γλυκύτερη γεύση λόγω των αλλαγών στο άμυλο οι οποίες επιτρέπουν στην αμυλάση του σιάλου μεγαλύτερη πρόσβαση. Τέλος, η κυτταρική μεμβράνη φαίνεται να αποτελεί επιπλέον έναν σημαντικό στόχο. Οι διπλοστιβάδες λιπιδίων έχει φανεί ότι συμπιέζονται κατά την HHP, πράγμα το οποίο μεταβάλλει τη διαπερατότητά τους (Adams and Moss, 2000). Η εφαρμογή της υπερυψηλής πίεσης έχει ερευνηθεί σε συνδυασμό με ακτινβολία και άλλες τεχνολογίες όπως θερμότητα, χαμηλό pH, αντιμικροβιακές ενώσεις, MAP και διοξείδιο του άνθρακα. Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι ο συνδυασμός αντιμικροβιακών με υπερυψηλή πίεση μπορεί να αυξήσει τη μικροβιακή αδρανοποίηση και να επεκτείνει το χρόνο ζωής των τροφίμων. Σύμφωνα με τη μελέτη των Rodriguez-Calleja *et al*, 2011, κατά την

οποία πραγματοποιήθηκε επεξεργασία φιλέτων στήθους κοτόπουλου με υπερηχηλή πίεση(300MPa), η ολική μικροβιακή χλωρίδα των δειγμάτων στον χρόνο t_0 , μειώθηκε στην τιμή $2,10\log\text{cfu/g}$ για τα δείγματα HP-MAP, και κάτω από το όριο ανίχνευσης για τα δείγματα HP-MAP επεξεργασμένων με διάλυμα οξικού-γαλακτικού οξέος, επεκτείνοντας το χρόνο ζωής τους μέχρι και 4 εβδομάδες κατά τη συντήρησή τους στους 4°C.Επίσης, η εφαρμογή της υπερηχηλής πίεσης επέφερε αλλαγές και στο χρώμα των δειγμάτων (αποχρωματισμός δειγμάτων), αυξάνοντας σημαντικά τις τιμές των L, a, b (Rodriguez-Calleja *et al*, 2011).

3.3.5 Ακτινοβολήση

Η επεξεργασία με ιοντίζουσα ακτινοβολία αποτελεί επιλογή όλο και περισσότερων χωρών προκειμένου να καταστήσουν τα τρόφιμα στείρα από μικροοργανισμούς. Είναι μία ασφαλής, αποτελεσματική, περιβαλλοντικά καθαρή και ενεργειακά αποδοτική διαδικασία, κυρίως ως μέθοδος επεξεργασίας τελικών προϊόντων (Badr, 2003). Διατροφικές μελέτες έχουν δείξει ότι χαμηλής δόσης ακτινοβολία δεν προκαλεί αξιοσημείωτες μειώσεις στη θρεπτική αξία των τροφίμων κι ότι μακρομόρια όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λίπη, παραμένουν σχετικά σταθερά. Επίσης, η αλλαγή στη θρεπτικότητα εξαρτάται και από άλλες παραμέτρους όπως το είδος του τροφίμου, οι συνθήκες επεξεργασίας και συσκευασίας όπως θερμοκρασία και έκθεση στον αέρα κατά τη διάρκεια της ακτινοβολήσης και ο χρόνος αποθήκευσης (Crawford and Ruff, 1996). Η ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί να επηρεάσει άμεσα τους μικροοργανισμούς αλληλεπιδρώντας με μόρια κλειδιά μέσα στο κύτταρο, ή έμμεσα μέσω ελευθέρων ριζών οι οποίες παράγονται κατά τη ραδιόλυση του νερού (Adams and Moss, 2000). Η ακτινοβολήση των πουλερικών σε δόσεις μέχρι 3kGy δεν επιφέρει δυσμενή αποτελέσματα στη θρεπτική αξία του προϊόντος. Υψηλές δόσεις ακτινοβολίας αποστειρώνουν το τρόφιμο, εξοντώνοντας όλους τους μικροοργανισμούς εκτός από τους ιούς. Τέλος, η δημιουργία ελευθέρων ριζών αν και προκαλεί ανησυχία για την ασφάλεια των ακτινοβολημένων τροφίμων, ωστόσο επιστημονικά τεστς τα τελευταία 30 χρόνια κατά τα οποία απομονώθηκαν προϊόντα ραδιόλυσης, δείχνουν ότι δεν βρέθηκε καμμία ουσία τοξικολογικής σημασίας που να παρουσιάζει μοναδικότητα στα ακτινοβολημένα τρόφιμα (Crawford and Ruff, 1996). Σύμφωνα με τους Grandinson and Jennings, 1993, κατόπιν ακτινοβολήσης με ακτινοβολία ηλεκτρονίων δειγμάτων κρέατος κοτόπουλου, το ολικό μικροβιακό φορτίο ακριβώς μετά την ακτινοβολήση δόσης 1kGy, μειώθηκε κατά $1\log\text{CFU/g}$.

3.3.6 Ωσμωτική αφυδάτωση

Η μερική αφυδάτωση των τροφίμων με τη χρήση μιας ωσμωτικής κατεργασίας ελκύει όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον ως μία μέθοδος προκατεργασίας για τη βελτίωση των θρεπτικών, οργανοληπτικών και λειτουργικών ιδιοτήτων του τροφίμου. Κατά την ωσμωτική αφυδάτωση, το νερό ρέει από το τρόφιμο προς το ωσμωτικό διάλυμα, ενώ οι ωσμωτικές διαλυμένες ουσίες μεταφέρονται από το διάλυμα στο τρόφιμο. Με τη μείωση της ενεργότητας νερού στο τρόφιμο μειώνεται ή παρεμποδίζεται η μικροβιακή ανάπτυξη. Επίσης, αυξανόμενο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατεργασία των τροφίμων σε ωσμωτικά διαλύματα υψηλότερων συγκεντρώσεων (60 ή 70 διαλυμένης ουσίας ανά 100g διαλύτη) προκειμένου να επιτευχθεί σημαντική αφαίρεση νερού μαζί με ελεγχόμενη ενσωμάτωση της διαλυμένης ουσίας. Σχετικές έρευνες έχουν διεξαχθεί σε φυτικούς ιστούς παρουσιάζοντας την προοπτική της επέκτασης της διάρκειας ζωής προϊόντων σε ψύξη ή κατεψυγμένων προϊόντων. Όσον αφορά όμως στα προϊόντα πουλερικών, υπάρχουν λίγες διαθέσιμες αναφορές, οι περισσότερες από τις οποίες εξετάζουν την επίδραση των διαφόρων διαλυμένων ουσιών ή/και του αλατιού (NaCl) στο ισοζύγιο και στη μεταφορά μάζας σε φιλέτα πουλερικών, ενώ περιορισμένος αριθμός αυτών εξετάζει την προοπτική της ωσμωτικής προκατεργασίας για την επέκταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων αυτών.

3.4 Η τεχνολογία εμποδίων (hurdle technology) στην επεξεργασία πουλερικών

Η τεχνολογία εμποδίων αποτελεί μία νέα προσέγγιση για την παραγωγή ασφαλών, σταθερών, θρεπτικών και οικονομικών τροφίμων. Πρόκειται για τη συνδυαστική εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων συντήρησης με σκοπό την επιβολή μίας σειράς παραμέτρων ανάσχεσης της αλλοίωσης, οι οποίες καλούνται εμπόδια (hurdles). Η εφαρμογή πολλαπλών εμποδίων συνεπάγεται ότι η δράση του καθενός θα στοχεύει σε διαφορετική δράση του κυττάρου. Ορισμένες τέτοιες παράμετροι όπως για παράδειγμα η παστερίωση, αποτελούν υψηλά εμπόδια για τους περισσότερους μικροοργανισμούς ενώ υπάρχουν εμπόδια, όπως το NaCl, που παρουσιάζουν πιο ασθενή δράση ή η δράση τους περιορίζεται σε ένα εύρος μικροοργανισμών. Ο στόχος της τεχνολογίας εμποδίων είναι η συνδυαστική εφαρμογή εμποδίων ώστε να αναστέλλεται η δράση της μικροχλωρίδας που περιέχεται στο συγκεκριμένο τρόφιμο (Leistner et al., 1995).

Εμπόδια που εφαρμόζονται είναι η προσθήκη άλατος, οξέων (μαριναρισμένα προϊόντα, πίκλες), η θερμοκρασία (υψηλή ή χαμηλή), η χρήση κάπνισης, μικροοργανισμοί ζύμωσης καθώς και η χρήση διαφόρων τύπων συσκευασίας

(συσκευασία υπό κενό). Η τεχνολογία εμποδίων επιτρέπει την παραγωγή σταθερών προϊόντων με συνδυαστική χρήση ήπιων μεθόδων επεξεργασίας. Λόγω της συνεργιστικής δράσης των επιμέρους παραμέτρων, τα εμπόδια μπορούν να εφαρμοστούν σε χαμηλότερη ένταση από ότι θα απαιτείτο στην περίπτωση που θα εφαρμόζονταν μεμονωμένα ως μέθοδοι διατήρησης. Η χρήση της τεχνολογίας εμποδίων θεωρείται επιτυχημένη, εαν ο συνδυασμός των εμποδίων αναστέλλει τη μικροβιακή ανάπτυξη στο τρόφιμο, σταθεροποιώντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη θρεπτικότητα του τροφίμου. Όσον αφορά στα προϊόντα πουλερικών, έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετοί συνδυασμοί επεξεργασιών προκειμένου να επιτευχθεί επέκταση του χρόνου ζωής τους, όπως συνδυασμού υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης-τροποποιημένης ατμόσφαιρας-αντιμικροβιακού (Rodriguez-Calleja et al,2001), τροποποιημένης ατμόσφαιρας- αιθέριου ελαίου ρίγανης (Chouliara et al,2007), τροποποιημένης ατμόσφαιρας και ακτινοβολίας (Grandinson and Jennings, 1993) και πολλών άλλων συνδυασμών.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ:

ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ

4.1 Πρόλογος

Στις βόρειες και στις νότιες χώρες, τα προϊόντα κρέατος (ζωϊκού κρέατος, ιχθύων και θαλασσινών), όταν δεν καταναλώνονται άμεσα, επεξεργάζονται με ένα φάσμα παραδοσιακών μεθόδων συμπεριλαμβανομένων του αλατίσματος, της αφυδάτωσης, της θερμικής επεξεργασίας, της κάπνισης και του μαρινάρισματος, ή ενός συνδυασμού αυτών των μεθόδων.

Αυτές οι εμπειρικές επεξεργασίες έχουν μεταφερθεί από γενιά σε γενιά. Είναι συχνά χρονοβόρες, φτωχά ελεγχόμενες και προκαλούν περιβαλλοντικά επιζήμια λύματα. Επιπρόσθετα, οι διατροφικές συνήθειες αλλάζουν και οι καταναλωτές τείνουν να αγοράζουν πιο ήπια τρόφιμα τα οποία δεν έχουν επεξεργαστεί ολοκληρωτικά και έτσι έχουν μικρότερο χρόνο ζωής από τα παραδοσιακά προϊόντα. Ο ανεπαρκής έλεγχος της επεξεργασίας ενισχύεται λόγω της ξαφνικής μετάβασης από την παραδοσιακή μικροκλίμακα στις μεγάλης κλίμακας παραγωγικές μονάδες.

Αυτές οι παραδοσιακές μέθοδοι (αλάτισμα, κάπνιση, μαρινάρισμα κ.τ.λ) συχνά διαθέτουν ένα κοινό βήμα κατά το οποίο το προϊόν (τεμάχια κρέατος ή ιχθύων) έρχεται σε επαφή με ένα διάλυμα συμπυκνωμένο με διαλυμένες ουσίες (σάκχαρα, αλάτι, οξέα, μπαχαρικά, κ.τ.λ). Αυτού του είδους χειρισμός ονομάζεται ωσμωτική επεξεργασία. Πολλές επιστημονικές μελέτες έχουν δημοσιευθεί όσον αφορά στην ωσμωτική επεξεργασία λαχανικών και φρούτων, όμως παρά το μεγάλο εύρος εφαρμογών, λίγες είναι οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί προκειμένου να αξιολογήσουν την ωσμωτική επεξεργασία προϊόντων κρέατος (Collignan et al., 2000).

4.2 Φαινόμενα μεταφοράς μάζας κατά την ωσμωτική αφυδάτωση

Η ωσμωτική αφυδάτωση αποτελεί μία τεχνική αφαίρεσης μέρους νερού μέσω της εμβάπτισης τεμαχίων τροφίμων σε υπερτονικά διαλύματα. Κατά την ωσμωτική αφυδάτωση παρατηρούνται τρεις διαδικασίες μεταφοράς μάζας: 1) διάχυση νερού από το τρόφιμο στο περιβάλλον ωσμωτικό μέσο λόγω της βαθμίδας συγκέντρωσης

μεταξύ αυτών, 2) διάχυση διαλυμένης ουσίας από το ωσμωτικό διάλυμα στο τρόφιμο, και 3) έκπλυση των φυσικών διαλυμένων ουσιών από το τρόφιμο. Αυτή η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί ως ένα ενδιάμεσο στάδιο αφυδάτωσης πριν από τις περαιτέρω πρακτικές αφυδάτωσης όπως η ξήρανση μέσω θερμού αέρα, η ξήρανση με κατάψυξη, η ξήρανση υπό κενό κ.τ.λ. Η ωσμωτική αφυδάτωση έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή εδώ και πολύ καιρό λόγω των πιθανών πλεονεκτημάτων της, τα οποία περιλαμβάνουν: 1) την καλύτερη διατήρηση χρώματος και γεύσης, 2) την καλύτερη της επιλεκτικότητας της κυτταρικής μεμβράνης, και 3) τη μικρότερη απαίτηση σε ενέργεια συγκριτικά με την ξήρανση μέσω θερμού αέρα. Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματά της, οι εμπορικές εφαρμογές της είναι αρκετά περιορισμένες. Προβλήματα που συνδέονται με δυσκολίες ελέγχου της πρόσληψης μεγάλων ποσοτήτων διαλυμένων ουσιών από το τρόφιμο, ανακύκλωσης και μικροβιακής σταθερότητας των ωσμωτικών διαλυμάτων, αποτελούν τους βασικούς λόγους για την περιορισμένη βιομηχανική εφαρμογή. Η υψηλή πρόσληψη διαλυμένων ουσιών τείνει να προκαλέσει μία ελάττωση του ρυθμού αφυδάτωσης λόγω της μειωμένης βαθμίδας ωσμωτικής πίεσεως στη διεπιφάνεια προϊόντος-μέσου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση και τις υπόλοιπες ξηρές επεξεργασίες. Επιπρόσθετα, η υψηλή πρόσληψη διαλυμένων ουσιών επιφέρει αρνητικό αποτέλεσμα στο θρεπτικό προφίλ του προϊόντος. Λίγες προσπάθειες έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να μειωθεί η πρόσληψη διαλυμένων ουσιών, χρησιμοποιώντας εδώδιμες ύλες επίστρωσης πριν την ωσμωτική αφυδάτωση. Αν και η επίστρωση προσφέρει ένα επιπλέον εμπόδιο στη μεταφορά μάζας κατά την ωσμωτική αφυδάτωση, εκτιμάται ότι και η πρόσληψη διαλυμένων ουσιών και η απώλεια νερού, θα μειωθούν και οι δύο στα επιστρωμένα τρόφιμα. Ωστόσο, έχει βρεθεί ότι οι περισσότερες επιστρωτικές ύλες μπορούν να αποτρέψουν την υψηλή πρόσληψη διαλυμένων ουσιών χωρίς να επηρεάσουν ιδιαίτερα την απώλεια νερού. Ύλες επίστρωσης αποτελούν τα υδατικά διαλύματα αμύλου πατάτας, αμύλου καλαμποκιού, αλγινικού νατρίου, χαμηλού μοριακού βάρους μεθοξυλικής πηκτίνης, υψηλού μοριακού βάρους πηκτίνης, χιτοζάνη, αιθυλικής κυτταρίνης, καρβοξυλικής μεθυλικής κυτταρίνης και μαλτοδεξτρίνης (Khin et al., 2006).

Η μεταφορά μάζας που πραγματοποιείται σε δείγματα στήθους κοτόπουλου, εμβαπτισμένων σε διάλυμα χλωριούχου νατρίου, ποσοτικοποιείται με τον προσδιορισμό της απώλειας νερού (water loss, WL) και της πρόσληψης άλατος (salt gain, SG) κατά την ωσμωτική επεξεργασία (Schmidt et al., 2007). Οι αριθμητικές τιμές των WL και SG είναι:

$$1) \text{ WL} = [(M_0 - m_0) - (M - m)] / m_0$$

$$2) \text{ SG} = (m - m_0) / m_0$$

όπου M_0 είναι η αρχική μάζα του φρέσκου τροφίμου, M είναι η μάζα του τροφίμου μετά από χρόνο t ωσμωτικής επεξεργασίας, m είναι η ξηρή μάζα του τροφίμου μετά από χρόνο t ωσμωτικής επεξεργασίας και m_0 είναι η ξηρή μάζα του φρέσκου προϊόντος (Goula and Lazarides, 2012). Άπο τους Schmidt *et al*, 2007 πραγματοποιήθηκε εμβάπτιση τεμαχίων φιλέτων στήθους κοτόπουλου σε διαλύματα NaCl συγκέντρωσης από 5 έως 20% σε θερμοκρασία 5°C προκειμένου να προσδιοριστεί η πρόσληψη άλατος και η απώλεια νερού από τα δείγματα. Ωστόσο, δεν αναφέρονται στοιχεία για τις μικροβιολογικές και οργανοληπτικές μεταβολές που υφίσταται το τρόφιμο (Schmidt *et al.*, 2007).

Τα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί για την περιγραφή της ωσμωτικής αφυδάτωσης βασίζονται σε δύο προσεγγίσεις της επεξεργασίας, τη μακροσκοπική και τη μικροσκοπική θεώρηση. Σύμφωνα με τη μακροσκοπική θεώρηση, δεν λαμβάνονται υπόψη μηχανισμοί που παρατηρούνται σε κυτταρικό επίπεδο καθώς γίνεται παραδοχή ότι ο ιστός του τροφίμου είναι ομοιογενής και το φαινόμενο της ώσμωσης προσεγγίζεται μέσα από μακροσκοπικές-φαινομενολογικές σχέσεις που εκφράζουν μακροσκοπικά μεγέθη, όπως η απώλεια νερού και η πρόσληψη στερεών. Αντίθετα, σύμφωνα με τη μικροσκοπική θεώρηση του φαινομένου λαμβάνεται η ετερογενής φύση του ιστού και η ιδιαιτερότητα του εκάστοτε κυτταρικού συστήματος, καθιστώντας αυτό ιδιαίτερα πολύπλοκο αν και ακριβέστερο.

Η πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδος προσέγγισης των φαινομένων μεταφοράς μάζας, βάση της μακροσκοπικής προσέγγισης του φαινομένου, βασίζεται στον 2^ο νόμο διάχυσης του Fick, που περιγράφει τη διάχυση σε μη μόνιμη κατάσταση. Η σχέση αυτή στην περίπτωση της γεωμετρίας πλάκας περιγράφεται από την εξής εξίσωση:

$$\partial C/\partial t = D_e (\partial^2 C/\partial x^2)$$

όπου C είναι η συγκέντρωση, D_e είναι ο συντελεστής διάχυσης, x είναι η χαρακτηριστική απόσταση της διάχυσης και t είναι ο χρόνος. Το φαινόμενο αφορά στη μεταφορά διαλυτών υλικών από τον περιβάλλοντα χώρο, και αντιστρόφως. Συνεπώς, εφόσον τα τρόφιμα μπορούν να θεωρηθούν ως πορώδη στερεά, ο νόμος του Fick μπορεί να παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αρχικά υπολογίζεται η συγκέντρωση των στερεών και του νερού για κάθε χρονική στιγμή και ακολουθεί ολοκλήρωση στις οριακές συνθήκες. Η λύση της παραπάνω γενικευμένης εξίσωσης εξαρτάται από τη γεωμετρία του τροφίμου και καταλήγει στον προσδιορισμό των συντελεστών διάχυσης του νερού και των στερεών, D_{ew} και D_{es} , αντίστοιχα. Σκοπός της περιγραφής των φαινομένων μεταφοράς νερού και στερεών μέσω των συντελεστών διάχυσης D_{ew} και D_{es} , είναι να συσχετίσει τα φαινόμενα αυτά με εύκολα μετρήσιμα μεγεθη όπως η συγκέντρωση και η θερμοκρασία του ωσμωτικού διαλύματος και να προσδιορίσει τελικές συνθήκες για τη διεργασία

όπως το χρόνο διεργασίας και το επιθυμητό ποσοστό αφυδάτωσης (Nsonzi et al., 1998)

Σε υδατικά τριμερή διαλύματα που εμπεριέχουν άλας και σάκχαρο, έχει διαπιστωθεί το υψηλό ανταγωνιστικό αποτέλεσμα στην πρόσληψη διαλυμένων ουσιών. Η πρόσληψη άλατος περιορίζεται σημαντικά από την παρουσία του σακχάρου. Αυτό το παρεμποδιστικό αποτέλεσμα του σακχάρου στη διείδυση του άλατος έχει αποδειχθεί σε προϊόντα φρούτων και λαχανικών και προϊόντα ζωικής προελεύσεως. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στο σχηματισμό επίστρωσης στο τρόφιμο, υψηλής συγκέντρωσης σε σάκχαρο. Το σάκχαρο σε αυτή την επίστρωση μειώνει σημαντικά τον συντελεστή διάχυσης του NaCl. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ανάπτυξη ισχυρών αλληλεπιδράσεων NaCl/σακχαρόζης οι οποίες αύξησαν σημαντικά το ιξώδες τέτοιου είδους μιγμάτων. Υπάρχει μία κρίσιμη συγκέντρωση στην οποία η συγκέντρωση του σακχάρου δεν επηρεάζει πλέον την πρόσληψη άλατος. Η απώλεια νερού επίσης σταθεροποιείται σε μία τιμή πάνω από 900g/kg λόγω των περιοριστικών εξωτερικών φαινομένων μεταφοράς.

Αρκετές μελέτες έχουν αξιολογήσει τον ρόλο των ενδογενών παραγόντων των προϊόντων κρέατος στη μεταφορά μάζας. Μελέτη έδειξε ότι φιλέτα κρέατος και ιχθύων με τις ίδιες διαστάσεις και περιεχόμενα λιπαρά, αν και αυτά τα δύο προϊόντα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στο είδος των πρωτεϊνών τους, εμφάνισαν ταυτόσημη (ποιοτική και ποσοτική) συμπεριφορά όσον αφορά στη μεταφορά μάζας. Αντιστρόφως, στα προϊόντα κρέατος, το περιεχόμενο σε λιπαρά αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα ο οποίος μπορεί να τροποποιήσει τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας. Παράλληλες δοκιμές σε φιλέτα ιχθύων με διαφορετικό περιεχόμενο σε λιπαρά έδειξαν ότι η απώλεια νερού και η πρόσληψη άλατος μειώθηκε με την αύξηση του περιεχομένου σε λιπαρά (Dalla Rosa and Giroux, 2000).

4.3 Παράμετροι διεργασίας ωσμωτικής αφυδάτωσης

Η ωσμωτική προκατεργασία θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε προϊόντα πουλερικών με στόχο τη βελτιστοποίηση των παραδοσιακών τεχνικών συντήρησης καθώς επίσης και την ανάπτυξη νέων διεργασιών και προϊόντων. Η ελάττωση της ενεργότητας του νερού (a_w) μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ελάττωση της μικροβιακής ανάπτυξης και συνεπώς επέκταση της διατηρησιμότητας του τροφίμου (Pigott et al., 1994). Επιπλέον η επεξεργασία με ωσμωτικά διαλύματα μπορεί να οδηγήσει σε ελάττωση του μικροβιακού φορτίου, καθώς κατά την επεξεργασία λαμβάνει χώρα απομάκρυνση των μικροοργανισμών από τη διεπιφάνεια προϊόντος/διαλύματος (Collignan et al., 2001). Μία άλλη σημαντική συνέπεια της ωσμωτικής προκατεργασίας, με άμεσο αντίκτυπο στη σταθερότητα του τροφίμου, είναι η μετατόπιση της θερμοκρασιακής περιοχής της υαλώδους

μετάπτωσης του μερικώς άμορφου συστήματος προς υψηλότερες θερμοκρασίες, εξαιτίας της αύξησης των στερεών του τροφίμου και της ελάττωσης της περιεχόμενης υγρασίας του (Kerr et al., 1994).

Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν τα αποτελέσματα της διεργασίας της ωσμωτικής αφυδάτωσης αφορούν σε χαρακτηριστικά του τροφίμου και του ωσμωτικού μέσου, παραμέτρους της διεργασίας (συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος, αναλογία βάρους ωσμωτικού διαλύματος προς βάρος τροφίμου, χρόνος και θερμοκρασία διεργασίας) καθώς και ταυτόχρονη εφαρμογή άλλων τεχνολογιών (υπέρηχοι, υπερυψηλή υδροστατική πίεση, παλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο υψηλής έντασης)

Η αύξηση της συγκέντρωσης του ωσμωτικού διαλύματος οδηγεί σε αύξηση τόσο της απώλειας νερού όσο και της πρόσληψης των στερεών, αφού οι διεργασίες μεταφοράς μάζας γίνονται σαφώς εντονότερες. Το βάθος της προσρόφησης του ωσμωτικού μέσου είναι μεγαλύτερο όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του ωσμωτικού διαλύματος. Το μοριακό βάρος του ωσμωτικού μέσου είναι εξάλλου σημαντική παράμετρος της ωσμωτικής διεργασίας, καθώς επηρεάζει το ρυθμό απώλειας νερού και πρόσληψης στερεών. Αύξηση του μοριακού βάρους, άρα και του μεγέθους των μορίων, επιφέρει ελάττωση στην πρόσληψη στερεών και ενισχύει την απώλεια νερού (Raoult – Wack, 1994). Σάκχαρα χαμηλού μοριακού βάρους, όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη και η σορβιτόλη, ευνοούν την πρόσληψη σακχάρου από το προϊόν, εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας διείσδυσης των μορίων. Συνεπώς το κυρίαρχο αποτέλεσμα της ωσμωτικής επεξεργασίας στην περίπτωση αυτή είναι ο επιλεκτικός εμπλουτισμός σε στερεά και όχι τόσο η αφυδάτωση του τροφίμου.

Η θερμοκρασία κατά την επεξεργασία αποτελεί σημαντική παράμετρο της ωσμωτικής διεργασίας. Αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε εντονότερη απώλεια νερού και πρόσληψη ωσμωτικού μέσου στους ιστούς του προϊόντος. Ωστόσο σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (> 40°C) λαμβάνουν χώρα φαινόμενα υποβάθμισης της ποιότητας του επεξεργαζόμενου προϊόντος όπως ενζυμικό μαύρισμα ή υποβάθμιση του αρώματος (Lenart et al., 1984).

Τέλος, η χρονική διάρκεια της διεργασίας αποτελεί επίσης σημαντική παράμετρο σχεδιασμού, εφόσον ρυθμίζεται από την επιθυμητή τιμή της υγρασίας στο τρόφιμο, καθώς και από το βαθμό πρόσληψης στερεών που είναι ανεκτός για το εκάστοτε προϊόν, ανάλογα και με τον προορισμό του. Θεωρητικά, η ωσμωτική αφυδάτωση συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ των ενεργοτήτων νερού του διαλύματος και του τροφίμου (Raoult – Wack, 1994, Torreggiani, 1995), σε πρακτικό όμως επίπεδο το χρονικό διάστημα της διεργασίας επιλέγεται πολύ πριν την ισορροπία, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι ποιοτικές μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη μακροχρόνια ωσμωτική επεξεργασία τροφίμων. Σε περιπτώσεις που ο ρυθμός μεταφοράς μάζας είναι μικρός, η ωσμωτική αφυδάτωση

μπορεί να συνδυαστεί με ταυτόχρονη εφαρμογή κανού, υπερήχων, παλλόμενου ηλεκτρικού πεδίου υψηλής έντασης ή υπερηψηλής υδροστατικής πίεσης προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία και να αποφευχθούν τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα μιας χρονοβόρας αφυδάτωσης. Η αποτελεσματικότητα των παραπάνω εφαρμογών έχει διαπιστωθεί κυρίως σε φυτικούς ιστούς (Yongsawatdigul *et al.*, 1996, Moreno *et al.*, 2000, Erle *et al.*, 2001, Rastogi *et al.*, 2002).

4.4 Κριτήρια επιλογής ωσμωτικού μέσου

Τα κριτήρια επιλογής του ωσμωτικού μέσου περιλαμβάνουν παραμέτρους που αφορούν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, το κόστος και το μοριακό βάρος της ουσίας. Συγκεκριμένα, ένα επιτυχημένο ωσμωτικό μέσο θα πρέπει να επιφέρει αποτελεσματική ώσμωση, δηλαδή ταχύ ρυθμό απώλειας νερού (WL) και χαμηλή τελική τιμή ενεργότητας νερού (a_w), να προσδίδει καλές φυσικοχημικές και λειτουργικές ιδιότητες στο τρόφιμο, βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και καλές διατροφικές ιδιότητες (π.χ όχι έντονη γλυκύτητα, να μην επιβαρύνει σε θερμίδες) και να έχει αποδεκτό κόστος.

Οι μαλτοδεξτρίνες είναι άγλυκοι πολυσακχαρίτες, οι οποίοι αποτελούνται από μόρια D λυκόζης ενωμένα κυρίως με α 1-4 δεσμούς. Αποτελεί μερικώς υδrolυμένο προϊόν αμύλου και χαρακτηρίζεται κυρίως από το βαθμό υδρόλυσης, ο οποίος εκφράζεται ως ισοδύναμο δεξτρόζης (dextrose Equivalent, DE), δηλαδή το επί τοις εκατό ποσοστό των αναγωγικών σακχάρων, υπολογιζόμενο ως βάρος δεξτρόζης επί ξηρού βάρους. Υψηλές τιμές DE παρέχουν αυξημένη λειτουργικότητα, που οδηγεί σε ταπείνωση του σημείου κατάψυξης, ανύψωση του σημείου βρασμού, της ενεργότητας νερού και άλλες ιδιότητες όπως για παράδειγμα υγροσκοπικότητα, γλυκύτητα, διαλυτότητα και ιξώδες. Οι μαλτοδεξτρίνες χρησιμοποιούνται για την υποκατάσταση λιπών και ως μέσα ελέγχου της κατάψυξης για την αποφυγή ανακρυστάλλωσης (Herrera *et al.*, 2000).

4.5 Διαχείριση ωσμωτικού διαλύματος

Μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους που επηρεάζουν και αναστέλλουν την ευρύτερη εφαρμογή της ωσμωτικής διεργασίας είναι η διαχείριση του χρησιμοποιούμενου διαλύματος της ώσμωσης (Romero Barranco *et al.*, 2001). Μετά το πέρας της ωσμωτικής επεξεργασίας, λόγω της μετακίνησης μάζας νερού από το εσωτερικό του τροφίμου προς το διάλυμα, το ωσμωτικό διάλυμα αραιώνει, αυξάνει η μάζα του και έχει μειωμένη δυνατότητα απομάκρυνσης νερού. Επιπλέον κατά την ωσμωτική αφυδάτωση επηρεάζεται η γεύση και το άρωμα του διαλύματος λόγω της μετακίνησης συστατικών από το τρόφιμο, η έκταση της οποίας εξαρτάται από

τον τύπο του τροφίμου. Προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθεί το ωσμωτικό διάλυμα, συχνά κρίνεται απαραίτητη η απαλλαγή του διαλύματος από τα σωματίδια τα οποία πιθανώς διασπείρονται από το τρόφιμο στο διάλυμα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συνεχή διήθηση κυρίως για τρόφιμα που χάνουν μικρά τεμάχια ιστού τους κατά την ωσμωτική διεργασία. Ένα ζήτημα που τίθεται είναι η ανάκτηση του διαλύματος και οι μέθοδοι που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν είναι η εξάτμιση (ατμοσφαιρική σε υψηλή θερμοκρασία ή υπό κενό σε μέτρια θερμοκρασία), η προσθήκη διαλυτών συστατικών, η συμπύκνωση με τη βοήθεια μεμβρανών και η κρουοσυμπύκνωση που περιλαμβάνει μεταβολή φάσης (Rastogi et al., 2002). Από τις παραπάνω προτεινόμενες τεχνικές, η εξάτμιση είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος στη βιομηχανική πρακτική, και προκειμένου να γίνει ορθή εκτίμηση του συνολικού κόστους, πρέπει να συνεκτιμηθεί το κόστος αυτής. Η προσθήκη διαλυτών ουσιών από την άλλη ή η ανάμιξη με συμπυκνωμένο διάλυμα με σκοπό την ανάκτηση του σιροπιού, ελαττώνει την απαιτούμενη ενέργεια, αλλά επιπλέον μειώνει και τις απαιτήσεις σε εξοπλισμό. Το βασικότερο μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι η αύξηση της μάζας του διαλύματος

Από μία τέτοια όμως επεξεργασία προκύπτουν ερωτήματα που αφορούν στην επίδραση της συνεχούς επανασυμπύκνωσης και ανακύκλωσης του ωσμωτικού διαλύματος, στα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία τροφίμου, καθώς και το ενδεχόμενο μικροβιακής επιμόλυνσης (Torreggiani, 1995). Κατά την ωσμωτική αφυδάτωση τεμαχίων τομάτας, η επαναχρησιμοποίηση του ωσμωτικού διαλύματος τουλάχιστον 10 διαδοχικές φορές ήταν δυνατή χωρίς να προκαλέσει ανεπιθύμητες μεταβολές (Dermesonliouglou, 2008).

Ερευνητική εργασία είχε πραγματοποιηθεί από τους Szymczak et al., 1998, όσον αφορά στο αποτέλεσμα της επαναλαμβανόμενης χρήσης διαλύματος σακχάρου κατά την επεξεργασία κερασιών. Η ανακύκλωση του διαλύματος είχε ως αποτέλεσμα την απόκτηση σκούρου χρώματος μετά από αρκετές ανακυκλώσεις. Η εκτίμηση του χρώματος έδειξε μία μείωση της τιμής της παραμέτρου L του χρώματος. Κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης των κερασιών, μέρος των ανθοκυανικών πιγμέντων μεταφέρθηκαν στο διάλυμα, το οποίο απέκτησε κόκκινο χρώμα, πράγμα που επιβεβαιώθηκε με την αύξηση της τιμής της παραμέτρου a του χρώματος. Μετά από την πρώτη και τη δεύτερη χρήση του διαλύματος η αύξηση της τιμής του a ήταν η πιο εμφανής. Αρνητικές τιμές του χρώματος του διαλύματος ίσως να ήταν αποτέλεσμα οξειδωτικής ενζυματικής δραστηριότητας, κυρίως της πολυφαινολοξειδάσης, η οποία ευθύνεται για το μαύρισμα του ιστού των φρούτων, και μη ενζυματικού μαυρίσματος αντιδράσεις (Szymczak et al., 1998).

Σε κάθε περίπτωση, είναι υποχρεωτική η εφαρμογή συστήματος HACCP, προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα εξυγίανσης στη διαχείριση του διαλύματος, ενώ εξίσου απαραίτητη είναι μία ολοκληρωμένη οικονομική μελέτη

προκειμένου να διαφανεί η σκοπιμότητα της εισαγωγής επιπλέον σταδίων στη διεργασία.

4.6 Ωσμωτική αφυδάτωση και τεχνολογία εμποδίων

Η ωσμωτική αφυδάτωση, εκτός από την περίπτωση της κρυστάλλωσης με ζάχαρη (candying), δεν αποτελεί διαδικασία συντήρησης από μόνη της, αλλά πρέπει να θεωρείται ως προκατεργασία πριν από την κυρίως επεξεργασία του τροφίμου. Καταρχήν, δεν αξίζει συνήθως να πραγματοποιηθεί ωσμωτική κατεργασία για τη μείωση βάρους σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% εξαιτίας της μείωσης του ρυθμού ώσμωσης με το χρόνο. Το βασικό σημείο της διαδικασίας και ο λόγος της χρησιμότητάς της ως προκατεργασία σχετίζεται με τη μεταβολή της χημικής σύστασης του τροφίμου που επιτυγχάνεται μέσω της ταυτόχρονης απώλειας νερού και πρόσληψης διαλυτών στερεών. Το τρόφιμο θα μπορούσε να μετατραπεί σε νέα προϊόντα με διαφορετικές αναλογίες μεταξύ νερού και διαλυτών στερεών, μεταξύ διαλυτών στερεών και αδιάλυτων στερεών, μεταξύ σακχάρων, μεταξύ σακχάρων και αλάτων, και μεταξύ σακχάρων και οξέων (Torreggiani,1995).

Ο σκοπός της εφαρμογής της ωσμωτικής κατεργασίας πριν από την εφαρμογή μιας παραδοσιακής μεθόδου συντήρησης, όπως είναι η ξήρανση, η κατάψυξη, η κονσερβοποίηση ή ένας συνδυασμός μεθόδων, είναι η βελτίωση κάποιων θρεπτικών, οργανοληπτικών και λειτουργικών ιδιοτήτων ή η μεγαλύτερη σταθερότητα του προϊόντος κατά την αποθήκευση (Torreggiani,1995)

Επιπλέον, αυτά τα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με μειωμένη εισροή ενέργειας σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές ξήρανσης. Το βήμα κατά το οποίο, κυρίως, καταναλώνεται η ενέργεια είναι η ανασύσταση του αραιωμένου ωσμωτικού διαλύματος το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με συμπύκνωση χρησιμοποιώντας συστοιχία εξατμιστήρων ή με την προσθήκη σακχάρων. Στην πρώτη περίπτωση, απαιτείται μόνο περίπου 25% της ενέργειας για την απομάκρυνση του νερού σε σύγκριση με τη συμβατική ξήρανση με θερμό αέρα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, το κόστος επανακτάται στο τελικό προϊόν ως πρόσληψη στερεών (Torreggiani,1995).

Όσον αφορά στην εφαρμογή της ωσμωτικής προκατεργασίας για την παρεμπόδιση της μικροβιακής αλλοίωσης στα τρόφιμα, οι περισσότερες διαδικασίες αφυδάτωσης βασίζονται σε εμπόδια τα οποία επηρεάζουν τις συνθήκες στις οποίες μπορούν να αναπαραχθούν οι μικροοργανισμοί. Αυτές οι αλλαγές, στη συνέχεια, οδηγούν στην απενεργοποίηση των μικροοργανισμών που δεν αποτελούν απειλή για την υγεία, εκτός και αν αποκατασταθούν οι κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης. Κάποια από αυτά τα εμπόδια περιλαμβάνουν την ήπια θερμική κατεργασία, τη ρύθμιση του pH, της θερμοκρασίας αποθήκευσης και της

ενεργότητας νερού (a_w), το δυναμικό οξειδοαναγωγής καθώς και την παρουσία συντηρητικών. Έτσι, με βάση την αρχική ποσότητα και το είδος των μικροοργανισμών επιλέγονται οι παράγοντες που θα χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό της διαδικασίας σε συνδυασμό με την ωσμωτική αφυδάτωση. Τελικά, παράγονται προϊόντα τα οποία είναι μικροβιολογικά σταθερά, έχοντας υποστεί ελάχιστη επεξεργασία, μειώνοντας το pH και την ενεργότητα του νερού, εφαρμόζοντας μία ήπια θερμική επεξεργασία, και προσθέτοντας μικρές ποσότητες αντιμικροβιακών παραγόντων (Barbosa-Canovas and Vega-Mercado,1996).

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Υλικά και μέθοδοι

5.1 Εισαγωγή

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε στα Κεφάλαια 1-4 της παρούσας εργασίας, σχετικά με τις μεθόδους επεξεργασίας και τη μεταβολή της ποιότητας των νωπών πουλερικών, αναδεικνύονται προοπτικές για περαιτέρω μελέτη των επιμέρους θεμάτων. Η ανάγκη για ανάπτυξη νέων μεθόδων επεξεργασίας των πουλερικών αναφέρεται συχνά και ως λύση στο πρόβλημα του περιορισμένου χρόνου διατήρησης των προϊόντων αυτών. Για το λόγο αυτό παρουσιάζεται η εναλλακτική μέθοδος της ωσμωτικής επεξεργασίας με και χωρίς προσθήκη αντιμικροβιακού. Ωστόσο αναφορικά με τη χρήση της ωσμωτικής αφυδάτωσης, οι περισσότερες εφαρμογές της σε προϊόντα πουλερικών επικεντρώνονται στα φαινόμενα μεταφοράς μάζας κατά την επεξεργασία, ενώ δεν αναφέρονται στη βιβλιογραφία μελέτες που να αξιολογούν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και τη δυνατότητα χρήσης της επεξεργασίας αυτής ως μέσο για την επέκταση της διατηρησιμότητας νωπών προϊόντων πουλερικών.

Η διενέργεια συστηματικών μελετών για την ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των παραπάνω επεξεργασιών στη διατήρηση της ποιότητας των πουλερικών, κρίνεται αναγκαία. Η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων που θα επιτρέπουν την πρόρρηση της διατηρησιμότητας των πουλερικών για δεδομένες συνθήκες προκατεργασίας θα αποτελούσε ένα χρήσιμο εργαλείο. Επίσης, η χρήση σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας για την επέκταση του χρόνου ζωής των προϊόντων πουλερικών μελετάται συνήθως σε περιορισμένο εύρος θερμοκρασιών συντήρησης και τις περισσότερες φορές καλύπτουν τις ιδανικές συνθήκες ψύξης για τα πουλερικά (4°C). Το γεγονός αυτό δεν επιτρέπει την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της εκάστοτε μεθόδου σε συνθήκες μεταβαλλόμενης θερμοκρασίας που λαμβάνουν συχνά χώρα στη διάρκεια της ψύξης. Έπειτα, οι περισσότερες μελέτες σχετικά με τις μεθόδους επεξεργασίας των νωπών πουλερικών εστιάζουν στη μικροβιακή ανάπτυξη που λαμβάνει χώρα και ευθύνεται για την αλλοίωση των προϊόντων αυτών. Η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων που προκύπτουν από τη συστηματική κινητική μελέτη των επιμέρους ποιοτικών δεικτών (μικροβιολογικών, οργανοληπτικών) επιτρέπουν την πληρέστερη

περιγραφή των μηχανισμών αλλοίωσης και της ποιοτικής υποβάθμισης των προϊόντων πουλερικών, επιτρέποντας τη βέλτιστη διαχείριση της ψυκτικής αλυσίδας.

Αντικείμενο της μελέτης αποτελεί η διερεύνηση της εφαρμογής ωσμωτικής επεξεργασίας σε φιλέτο στήθους κοτόπουλου με και χωρίς προσθήκη αντιμικροβιακού, σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες ψύξης. Σκοπός είναι η παραγωγή προϊόντων με βελτιωμένη διατηρησιμότητα και με ελάχιστη επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νωπού προϊόντος. Πραγματοποιείται μικροβιολογικός έλεγχος και μέτρηση pH του νωπού προϊόντος, καθώς και οργανοληπτικός έλεγχος στο νωπό και μαγειρεμένο προϊόν. Τέλος, η συστηματική προσέγγιση της επίδρασης των επιμέρους παραμέτρων στη διατηρησιμότητα του παραγόμενου προϊόντος αποσκοπεί στην ανάπτυξη και επιβεβαίωση μαθηματικών μοντέλων που θα επιτρέπουν τον υπολογισμό της διατηρησιμότητας για δεδομένες συνθήκες συντήρησης.

5.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Στόχος του πειράματος αποτελεί η ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των μεταβολών, οι οποίες αφορούν στα μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τεμαχισμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου, μη επεξεργασμένου και επεξεργασμένου με δύο διαφορετικά ωσμωτικά διαλύματα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν υδατικά διαλύματα 50% μαλτοδεξτρίνης υψηλού ισοδύναμου δεξτρόζης (HDM, Glucidex 47, Syrope de glucose Dehydrate, Roquette, France), 5% NaCl, και 0,5% αντιμικροβιακού γλυκονο-δ-λακτόνη (delta Gluconolacton, Acros Organics, New Jersey, USA). Η μαλτοδεξτρίνη επιλέχθηκε ως ωσμωτικό μέσο καθώς παρουσιάζει αμελητέα γλυκύτητα και σχετικά μικρό μοριακό βάρος (περίπου 300), οδηγώντας σε ικανοποιητική αφυδάτωση με ικανοποιητική αναλογία απώλειας νερού/πρόσληψη στερεών. Η χρήση άλατος (NaCl) στο ωσμωτικό διάλυμα αποσκοπεί τόσο στην αύξηση της απόδοσης της ωσμωτικής διεργασίας όσο και τη βελτίωση της οργανοληπτικής αποδοχής του τελικού ωσμωτικά επεξεργασμένου προϊόντος, εξισορροπώντας τη γλυκύτητα των υδατανθράκων (Lenart et al., 1984). Η περιεκτικότητα της αντιμικροβιακής ουσίας βασίστηκε τόσο σε βιβλιογραφικά δεδομένα όσο και στα όρια που καθορίζονται από τους κανονισμούς για χρήση προσθέτων στα τρόφιμα. Η αναλογία βάρους των δειγμάτων προς το ωσμωτικό διάλυμα είναι 1:5. Τέλος, η συντήρηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε υπό ψύξη σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες των 0, 5, 10 και 15°C.

5.3 Μεταφορά και προετοιμασία δειγμάτων

Εμπορικές συσκευασίες φιλέτου στήθους κοτόπουλου της εταιρείας ΜΙΜΙΚΟΣ, παρελήφθησαν από κατάστημα λιανικής. Οι συσκευασίες συντηρούνταν υπό ψύξη κατά τη μεταφορά τους από το εργοστάσιο παραγωγής τους στη Στενή Ευβοίας, αλλά και κατά την παραμονή τους στο κατάστημα. Το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την παραλαβή των συσκευασιών από το supermarket μέχρι τη μεταφορά τους στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π ήταν περίπου 20 min. Οι υπόλοιπες συσκευασίες αποθηκεύθηκαν σε θερμοκρασία 4°C έως ότου χρησιμοποιηθούν.

Τα δείγματα τα οποία προέκυψαν κατά τον τεμαχισμό του φιλέτου είχαν διαστάσεις 2x2x2 cm³ και βάρος 10 ± 1g, ενώ η ζύγισή τους πραγματοποιήθηκε σε ζυγό του οποίου η επιφάνεια είχε καλυφθεί με αποστειρωμένη σακούλα, η εσωτερική πλευρά της οποίας ερχόταν σε επαφή με τα δείγματα, προκειμένου να αποφευχθεί η επιμόλυνση των δειγμάτων από την επιφάνεια του ζυγού. Η κοπή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε παρουσία λύχνου προκειμένου να αποφευχθεί η επιμόλυνσή τους από αιωρούμενους παράγοντες. Η λογική της χρήσης του λύχνου στηρίζεται στο γεγονός ότι το στρώμα αέρα κοντά στο λύχνο, αποκτά μικρότερη πυκνότητα λόγω θέρμανσής του, με συνέπεια να προκαλείται ανακύκλωση του αέρα πάνω από τον λύχνο και με αυτόν τον τρόπο να αποφεύγεται η επαφή του με το τρόφιμο. Επιπλέον, μέρος του μικροβιακού φορτίου του αέρα καταστρέφεται όταν έρχεται σε επαφή με τη φλόγα.

Η κοπή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση νυστεριού και τσιμπίδας, αποστειρωμένων πρώτα μέσω εμβάπτισής τους σε οινόπνευμα και επαφής τους με τη φλόγα του λύχνου. Όσον αφορά στην ονοματολογία των δειγμάτων, στα μη επεξεργασμένα δείγματα δόθηκε η ονομασία Control, στα επεξεργασμένα με ωσμωτικό διάλυμα η ονομασία OD, ενώ στα επεξεργασμένα με ωσμωτικό διάλυμα με προσθήκη αντιμικροβιακού, η ονομασία ODa. Όλες οι σειρές δειγμάτων συσκευάστηκαν αερόβια και συντηρήθηκαν στους 0, 5, 10 και 15°C, σε θαλάμους Sanyo MIR 153 (Sanyo electric, Japan).

5.4 Ωσμωτική επεξεργασία δειγμάτων κοτόπουλου

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ωσμωτική επεξεργασία των δειγμάτων κοτόπουλου, χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά ωσμωτικά διαλύματα, τα οποία αντιστοιχούσαν ουσιαστικά σε δύο διαφορετικές επεξεργασίες. Η σύσταση των ωσμωτικών διαλυμάτων ήταν η εξής:

- 50% HDM και 5% NaCl
- 50% HDM, 5% NaCl και 0,5% γλυκονο-δ-λακτόνη

Η επεξεργασία διεξήχθη με εμβάπτιση των δειγμάτων στα παραπάνω διαλύματα και παράλληλη παραμονή τους για 30 min στους 15°C, ενώ το συνολικό βάρος του κάθε διαλύματος ήταν το πενταπλάσιο εκείνου του συνόλου των δειγμάτων που αντιστοιχούσαν στην κάθε επεξεργασία.

5.5 Στάδια διεξαγωγής μικροβιολογικού ελέγχου

1) Αποστείρωση υποστρωμάτων και εξοπλισμού μικροβιολογίας

Ανάλογα με τον αριθμό των προς εξέταση δειγμάτων, παρασκευάζονται και οι αντίστοιχες ποσότητες υποστρωμάτων στα οποία θα αναπτυχθούν και οι μικροοργανισμοί. Επιπλέον, για τη διεξαγωγή του μικροβιακού ελέγχου είναι απαραίτητη η χρήση σιφωνιού των 10ml αλλά και η χρήση μικρού και μεγαλύτερου μεγέθους tips. Τέλος, απαραίτητη είναι και η χρήση ορού Ringer, δηλαδή ισοτονικού διαλύματος ως προς το κυτταρόπλασμα του μικροβιακού πληθυσμού, ο οποίος προορίζεται για τις διαδοχικές αραιώσεις των δειγμάτων.

Για να χρησιμοποιηθεί ο συνολικός εξοπλισμός για μικροβιολογικό έλεγχο, υποβάλλεται σε συνθήκες αποστείρωσης ώστε να καταστεί στείρος μικροοργανισμών. Στο εν λόγω πείραμα, η αποστείρωση πραγματοποιούταν σε αυτόκλειστο της εταιρείας Sanyo, LabAutoclave στους 121°C για 15min. Μετά την αποστείρωση, ο ορός Ringer αφήνεται να ψυχθεί μέσω διαβροχής της φιάλης με ψυχρό νερό, ενώ τα υποστρώματα διατηρούνται σε ρευστή μορφή σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 60°C ώστε να μην επέλθει η στερεοποίησή τους.

Για την καλλιέργεια του ολικού μικροβιακού πληθυσμού χρησιμοποιήθηκε το μη επιλεκτικό υπόστρωμα Plate Count agar (PCA, Merck, Germany). Για την καλλιέργεια των ψευδομονάδων χρησιμοποιήθηκε το επιλεκτικό υπόστρωμα Centrimide agar (CFC, Merck, Germany), ενώ για την καλλιέργεια των γαλακτικών βακτηρίων το επιλεκτικό υπόστρωμα de Mann, Rogosa and Sharpe's (MRS agar, Merck, Germany). Η συχνότητα του μικροβιακού ελέγχου ήταν συνάρτηση της επεξεργασίας και της θερμοκρασίας αποθήκευσης των δειγμάτων.

2) Δειγματοληψία

Κατά τη δειγματοληψία, τοποθετείται στον ζυγό ποτήρι ζέσεως, μέσα στο οποίο έχει τοποθετηθεί και ανοιχθεί αποστειρωμένη σακούλα ενώ στη συνέχεια μηδενίζεται ο ζυγός προκειμένου να ζυγιστεί το δείγμα που προστίθεται μέσα στη σακούλα. Κατόπιν ζύγισης του δείγματος και μηδενισμού εκ νέου του ζυγού, προστίθεται ορός Ringer στη σακούλα, βάρους 9 φορές εκείνου του δείγματος, έτσι ώστε να προκύψει αραιώση 1 προς 10 ή 10^{-1} . Η όλη διαδικασία της δειγματοληψίας πραγματοποιείται δίπλα σε λύχνο για τη διατήρηση ασηπτικών συνθηκών. Χρησιμοποιούνται σακούλες, μοντέλου L και όγκου 400 ml. Έπειτα η σακούλα κλείνεται πρόχειρα, προσέχοντας να μην έχει εγκλωβίσει αέρα και τοποθετείται σε ομογενοποιητή (BagMixer Interscience) όπου και πραγματοποιείται ομογενοποίηση για 1 min. Με την ομογενοποίηση, το μικροβιακό φορτίο του δείγματος διαχέεται στον ορό Ringer, δεδομένου ότι για να πραγματοποιηθεί ο μικροβιολογικός έλεγχος, το δείγμα θα πρέπει να βρίσκεται σε υγρή μορφή.

3) Τεχνική διαδοχικών αραιώσεων

Με την πάροδο του χρόνου και καθώς το τρόφιμο υποβαθμίζεται ποιοτικά, το μικροβιακό του φορτίο αυξάνεται μέχρι ενός σημείου. Γι' αυτό το λόγο η καλλιέργεια του δείγματος που προέκυψε από την πρώτη αραιώση με την προσθήκη ορού Ringer στη σακούλα η οποία εμπεριέχει το στερεό δείγμα, δεν εξυπηρετεί την απαρίθμηση του μικροβιακού πληθυσμού, ιδιαίτερα όταν η αλλοίωση του τροφίμου βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο.

Επομένως, για να διευκολυνθεί η εκτίμηση του μικροβιακού φορτίου του δείγματος, πραγματοποιούνται διαδοχικές αραιώσεις 10^{-2} , 10^{-3} έως και 10^{-9} όταν το μικροβιακό φορτίο έχει αυξηθεί σημαντικά. Κατά τη διαδικασία των διαδοχικών αραιώσεων, τοποθετούνται στη σειρά δοκιμαστικοί σωλήνες ο ένας δίπλα στον άλλον, οι οποίοι έχουν πληρωθεί ο καθένας με 9 ml ορού Ringer με χρήση σιφωνιού.

Αρχικά, προστίθεται στον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα 1ml δείγματος από τη σακούλα και ο δοκιμαστικός σωλήνας ανακινείται καλά προκειμένου να ομογενοποιηθεί το διάλυμα. Η αραιώση η οποία προκύπτει είναι 1 προς 100 ή αλλιώς 10^{-2} αφού 1 ml του δοκιμαστικού σωλήνα περιέχει 0,01 ml του αρχικού δείγματος. Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία λαμβάνοντας τώρα 1 ml από τον δοκιμαστικό σωλήνα που αντιστοιχεί στη δεύτερη αραιώση και προστίθεται στον αμέσως επόμενο σε σειρά δοκιμαστικό σωλήνα, ο οποίος ανακινείται και προκύπτει αραιώση 1 προς

1000 ή 10^{-3} αφού ανά ml εμπεριέχονται 0,001 ml του αρχικού δείγματος κ.τ.λ. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονισθεί ότι κατά τη μετάβαση από μία μικρότερη σε μία μεγαλύτερη αραιώση, θα πρέπει να πραγματοποιείται αλλαγή του tip ώστε να μην υπάρξει επιμόλυνση του δείγματος. Η όλη διαδικασία, εξακολουθεί να υφίσταται παρουσία λύχνου και κατόπιν απολύμανσης των χεριών και του χώρου διεξαγωγής του πειράματος με οινόπνευμα.

4) Εμβολιασμός δείγματος σε επιλεκτικό και μη επιλεκτικό υπόστρωμα

Στο εν λόγω πείραμα, πραγματοποιήθηκαν δύο τύπου καλλιέργειες: καλλιέργεια υπό αερόβιες συνθήκες και καλλιέργεια υπό αναερόβιες συνθήκες. Υπο αερόβιες συνθήκες αναπτύχθηκε το ολικό μικροβιακό φορτίο του δείγματος και οι ψευδομονάδες, ενώ υπό αναερόβιες συνθήκες το φορτίο σε γαλακτικά βακτήρια.

Όσον αφορά στην ανάπτυξη του ολικού μικροβιακού πληθυσμού, χρησιμοποιήθηκε το μη επιλεκτικό υπόστρωμα PCA αφότου αφέθηκε να στερεοποιηθεί μετά τη διανομή του στα τρυβλία. Σε κάθε τρυβλίο προστίθενται 100ml δείγματος με χρήση tip ενώ στη συνέχεια το δείγμα απλώνεται στην επιφάνεια του στερεοποιημένου υποστρώματος με χρήση ελαστικού πολυμερικού ραβδίου (στυλεό), το οποίο φέρει κυκλική απόληξη.

Τα δείγματα λαμβάνονται από 3 διαδοχικές αραιώσεις. Σε κάθε αραιώση αντιστοιχούν 2 τρυβλία για την επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων. Μετά το πέρας του εμβολιασμού, τα τρυβλία στοιβάζονται ανάποδα μέσα σε σακούλα και αφήνονται να επωαστούν για 2 ημέρες στους 25°C.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την καλλιέργεια ψευδομονάδων, με τη διαφορά ότι στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται το επιλεκτικό υπόστρωμα CFC και η επώαση στους 25°C διαρκεί 3 ημέρες.

Τέλος, για την καλλιέργεια των προαιρετικά αναερόβιων γαλακτικών βακτηρίων χρησιμοποιείται το επιλεκτικό υπόστρωμα MRS agar. Η διαφορά της αερόβιας καλλιέργειας από την αναερόβια, έγκειται στο γεγονός ότι πρώτα πραγματοποιείται η εισαγωγή του δείγματος στο τρυβλίο και στη συνέχεια προστίθεται το υπόστρωμα, ώστε να ενσωματωθεί στη μάζα του ο μεγαλύτερος αριθμός των μικροοργανισμών που έχουν επιλεχθεί. Η κίνηση του τρυβλίου ευνοεί τη διασπορά των μικροοργανισμών μέσα στο υπόστρωμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην εν λόγω περίπτωση, η ποσότητα του δείγματος που εμβολιάζεται είναι 1 ml και όχι 100ml. Μετά τη στερεοποίηση της πρώτης στρώσης του MRS agar, προστίθεται και δεύτερη προκειμένου να καλυφθούν τυχόν επιφανειακά γαλακτικά βακτήρια. Εδώ χρειάζεται να τονισθεί ότι το MRS agar κατά τη διανομή του θα πρέπει να

έχει χαμηλή θερμοκρασία, ώστε να αποφευχθεί η θανάτωση γαλακτικών βακτηρίων, αλλά όχι και ιδιαίτερα χαμηλή δεδομένου ότι το συγκεκριμένο υπόστρωμα στερεοποιείται πολύ εύκολα. Γι' αυτό και κατά την αναμονή από το τέλος της πρώτης μέχρι και την έναρξη της δεύτερης διανομής του υποστρώματος, το MRS θα πρέπει να διατηρείται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 60°C. Η επώαση των γαλακτικών βακτηρίων στους 25°C διαρκεί 5 ημέρες.

5) Καταμέτρηση αποικιών και υπολογισμός μικροβιακού φορτίου του δείγματος

Μετά την επώαση των μικροοργανισμών, μετρώνται οι αποικίες οι οποίες έχουν προκύψει στο κάθε τρυβλίο. Τα τρυβλία που αντιστοιχούν σε μικρότερες αραιώσεις εμφανίζουν μεγαλύτερο αριθμό αποικιών, όπως είναι άλλωστε αναμενόμενο, ενώ εκείνα τα οποία αντιστοιχούν σε εμφανίζουν μικρότερο αριθμό αποικιών. Η καταμέτρηση των αποικιών διευκολύνεται όταν επιλέγονται τρυβλία τα οποία περιέχουν 20-200 αποικίες.

Στη συνέχεια ο αριθμός των αποικιών που μετρήθηκε σε κάθε τρυβλίο, ανάγεται στην αραιώση 0 προκειμένου να εκτιμηθεί το μικροβιακό φορτίο ανά γραμμάριο δείγματος.

Τέλος, για τη διευκόλυνση της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων ο αριθμός των αποικιών που προέκυψε, λογαριθμίζεται με χρήση δεκαδικού λογαρίθμου και τα αποτελέσματα των μετρήσεων που λαμβάνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, αναπαρίστανται σε μορφή διαγράμματος το οποίο ακολουθεί την τυπική καμπύλη ανάπτυξης μικροοργανισμών.

5.6 Μέτρηση pH

Η μέτρηση των τιμών του pH πραγματοποιήθηκε με χρήση ηλεκτρονικού pH-μέτρου (WTW pH 522, Germany). Προκειμένου να μετρηθεί το pH, πραγματοποιούταν εμβάπτιση του ηλεκτρονικού pH – μέτρου στο ομογενοποιημένο διάλυμα δείγματος – ορού Ringer 1/10 (w/w) κατόπιν του μικροβιολογικού ελέγχου.

5.7 Μέτρηση χρώματος

Η μέτρηση του χρώματος των δειγμάτων κοτόπουλου συντελέστηκε με τη χρήση της συσκευής Minolta CR – 200 (Minolta Company, Chuo – Ku, Osaka, Japan), με χρήση των παραμέτρων χρώματος CIE (Comission International de l' Eclairage) Lab (CIE 1978). Πριν τη διεξαγωγή της μέτρησης, πραγματοποιείται βαθμονόμηση στην

επιφάνεια λευκής πλάκας (Calibration plate CR-200, L= 97,5 ,α= -0,31 , b= -3,83). Το άκρο του χρωματομέτρου φέρει οπή διαμέτρου 8mm.

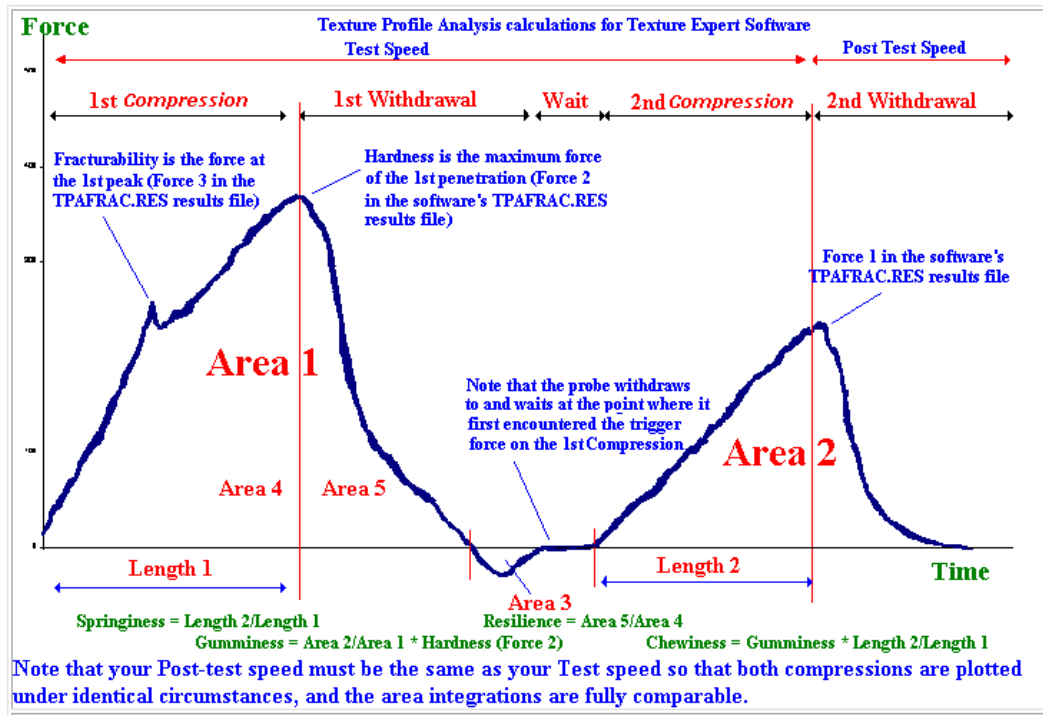
Το σύστημα μέτρησης χρώματος CIELAB (Commission Internationale de l' Eclairage, 1986) χρησιμοποιείται ευρέως για την εκτίμηση του χρώματος των τροφίμων. Οι τιμές L, α και b περιγράφουν έναν ενιαίο τρισδιάστατο χρωματικό χώρο, όπου το L είναι ο κάθετος άξονας και ορίζει τη φωτεινότητα, και τα α και b είναι οι οριζόντιοι άξονες που ορίζουν την κόκκινη-πράσινη απόχρωση και την μπλε-κίτρινη απόχρωση αντίστοιχα. Ο θετικός ημιάξονας του α δηλώνει το κόκκινο χρώμα ενώ ο αρνητικός το πράσινο, και ο θετικός ημιάξονας του b δηλώνει το κίτρινο χρώμα ενώ ο αρνητικός το μπλε. Το L μπορεί να κυμαίνεται από 0 έως 100, ενώ τα α και b ποικίλουν μεταξύ -60 και +60. Κάτι το οποίο επίσης ορίζεται σε αυτό το σύστημα είναι η γωνία hue (H) και το χρώμα (C), υπολογισμένα ως $H = \arctan b/\alpha$ (degrees) και $C = [(\alpha)^2 + (b)^2]^{0.5}$ (Martinez et al., 1995). Τέλος, όσον αφορά στα δείγματα πουλερικών, μπορεί να υπολογιστεί η συνολική διαφορά χρώματος ως εξής:

$$\Delta E = [(L - L_0)^2 + (\alpha - \alpha_0)^2 + (b - b_0)^2]^{0.5}$$

όπου L_0 , α_0 , b_0 οι τιμές αναφοράς που αντιστοιχούν στα δείγματα πουλερικών κατά την έναρξη της αποθήκευσής τους (χρόνος 0) στις διάφορες θερμοκρασίες (Liu et al., 2002).

5.8 Ανάλυση υφής

Για την ανάλυση της υφής χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υφής TA.XT2i Stable Micro Systems. Το εκάστοτε δείγμα υποβλήθηκε σε εφαρμογή συμπίεσης μέσω κυλινδρικού εξαρτήματος διαμέτρου 20mm, του οποίου η ταχύτητα κίνησης και το βάθος διείδυσης ήταν εξαρχής προκαθορισμένα. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με χρήση κατάλληλου λογισμικού μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Κατά την εκτίμηση της υφής, τα δείγματα υποβλήθηκαν σε δύο κύκλους συμπίεσης, προσομοιώνοντας έτσι τη διαδικασία της μάσησης. Στη συνέχεια απεικονίζεται το γράφημα (Σχήμα 5.1) που προκύπτει κατά τη μέτρηση της υφής των τροφίμων (Tzia et al., 2007).



Σχήμα 5.1: Τυπικό διάγραμμα ανάλυσης υφής.

Τα χαρακτηριστικά υφής που υπολογίστηκαν με βάση το παραπάνω γράφημα ήταν τα εξής:

1. Hardness (Σκληρότητα) (g ή kg)
2. Cohesiveness (Συνεκτικότητα)= Area 2/ Area 1
3. Springiness (Ελαστικότητα)= Length 2/Length 1
4. Chewiness (Μασητικότητα)= Hardness * Cohesiveness * Springiness

Οι έννοιες των παραπάνω όρων συνοψίζονται παρακάτω:

- Σκληρότητα: Η απαιτούμενη δύναμη για να συμπιεστεί ένα τρόφιμο μεταξύ των γομφίων του στόματος.
- Ελαστικότητα: Το πόσο ένα συμπιεσμένο τρόφιμο επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση, όταν πάψει να υφίσταται το φορτίο.
- Συνεκτικότητα: Η δύναμη των δεσμών που συγκροτούν ένα τρόφιμο.
- Μασητικότητα: Η ενέργεια που απαιτείται για να μασηθεί ένα τρόφιμο μέχρι να είναι ικανό για κατάποση (Tzia et al., 2007).

5.9 Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων

Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικούς τύπους δειγμάτων, δηλαδή σε νωπά δείγματα κοτόπουλου και σε δείγματα τα οποία υποβλήθηκαν σε θερμική επεξεργασία στους 180°C για 25 min, τυλιγμένα σε φύλλο αλουμινίου, προκειμένου να διατηρηθεί το άρωμά τους. Στα νωπά δείγματα, προσδιορίστηκαν η όψη φρέσκου προϊόντος, η οσμή και το χρώμα, ενώ στα θερμικά επεξεργασμένα δείγματα, η σκληρότητα, η προσκολλησιμότητα, η υφή, η γεύση, η μετάγευση και η συνολική εντύπωση. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων βαθμολογήθηκαν σε κλίμακα εύρους από το 1 έως το 9, στην οποία οι τιμές από το 6 και κάτω δηλώνουν χαμηλής ποιότητας τρόφιμο και μη αποδεκτό, ενώ τιμές άνω του 6 δηλώνουν τρόφιμο καλύτερης ποιότητας και αποδεκτό. Εξαιρέση αποτελούν τα χαρακτηριστικά οσμή φρέσκου προϊόντος, σκληρότητα και προσκολλησιμότητα όσον αφορά στα δείγματα κοτόπουλου, των οποίων η ανοδική πορεία φανερώνει ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος (ένταση, 1=μικρότερη, 9=μεγαλύτερη). Η οργανοληπτική εκτίμηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε από έμπειρη ομάδα δοκιμαστών (6-8 άτομα). Στη συνέχεια παρατίθεται το έντυπο οργανοληπτικής δοκιμής φιλέτων στήθους κοτόπουλου.

ΕΝΤΥΠΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΦΙΛΕΤΩΝ ΚΟΤΟΠΟΥΛΟΥ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

ΩΜΟ ΠΡΟΪΟΝ

Όψη φρέσκου προϊόντος (ποιότητα, 1= χαμηλότερη, 9=υψηλότερη):

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●

Παρατηρήσεις:.....

Χρώμα (αρέσκεια: 1=χαμηλότερη, 9= υψηλότερη):

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●

Παρατηρήσεις:.....

Όσμή (ένταση, 1= μικρότερη, 9= μεγαλύτερη):

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●

Παρατηρήσεις:.....

ΜΑΓΕΙΡΕΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ

Σκληρότητα (ένταση, 1= μικρότερη, 9= μεγαλύτερη):

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●
	●	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	●

Παρατηρήσεις:.....

Προσκολλησιμότητα (ένταση, 1= μικρότερη, 9= μεγαλύτερη):

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●

Παρατηρήσεις:.....

Υφή (ποιότητα, 1= χαμηλότερη, 9= υψηλότερη):

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●

Παρατηρήσεις:.....

Γεύση (ποιότητα, 1= χαμηλότερη, 9= υψηλότερη)::

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●

Παρατηρήσεις:.....

Μετάγευση (ποιότητα, 1= χαμηλότερη, 9= υψηλότερη)::

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●

Παρατηρήσεις:.....

Συνολική εντύπωση προϊόντος (ποιότητα, 1= χαμηλότερη, 9= υψηλότερη):

Δείγμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●
	●	_____							●

Παρατηρήσεις:.....

5.10 Στατιστική επεξεργασία

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων όσον αφορά στην επίδραση της εφαρμογής διαφορετικών μεθόδων προκατεργασίας στις ποιοτικές παραμέτρους του τροφίμου κατά τη συντήρηση, πραγματοποιείται ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με χρήση πολλών παραμέτρων, ώστε να εκτιμηθεί η σημαντικότητα των διαφόρων παραμέτρων της συνολικής διεργασίας (συνθήκες προκατεργασίας και θερμοκρασία αποθήκευσης).

6° Κεφάλαιο

Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

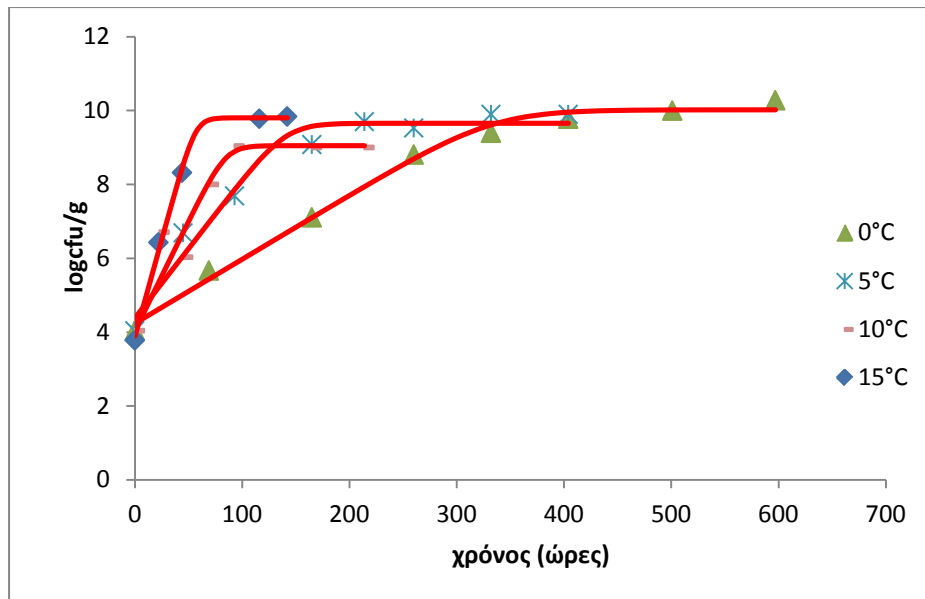
6.1 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε νωπά μη επεξεργασμένα και ωσμωτικά επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδοι, πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του μικροβιακού φορτίου των νωπών, μη επεξεργασμένων (control) και ωσμωτικά επεξεργασμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου (με και χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, ODa και OD αντίστοιχα), συντηρημένων υπό ψύξη και στον ατμοσφαιρικό αέρα. Μετρήθηκαν το ολικό μικροβιακό φορτίο, ο πληθυσμός των ψευδομονάδων και των γαλακτικών βακτηρίων.

6.1.1 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε μη επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα της καμπύλης ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων. Από αυτά προκύπτει η επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης, καθώς και του χρόνου συντήρησης των δειγμάτων στο μικροβιακό φορτίο των μη επεξεργασμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου. Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε η προσαρμογή των μετρήσεων στο μοντέλο Baranyi, από το οποίο προέκυψαν οι εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Οι καμπύλες ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου για τα μη επεξεργασμένα (Control) δείγματα, παρατίθενται στο διάγραμμα 6.1.1. Τα σημεία αποτελούν τις πειραματικές μετρήσεις και οι συνεχείς καμπύλες προκύπτουν από την προσαρμογή στο μοντέλο Baranyi.



Διάγραμμα 6.1.1: Καμπύλη ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας των δειγμάτων Control συναρτήσει του χρόνου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C με χρήση του μοντέλου Baranyi.

Από το διάγραμμα γίνεται εμφανές ότι η αυξημένη θερμοκρασία συντήρησης των Control δειγμάτων, συνεπάγεται τον ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου. Από την προσομοίωση των μετρήσεων στο μοντέλο Baranyi προέκυψαν οι εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας στα ανεπεξέργαστα (Control) δείγματα φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένα σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C. Οι ρυθμοί αυτοί ορίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = k \cdot t$$

όπου N ο αριθμός των μικροοργανισμών σε χρόνο t και N_0 το αρχικό μικροβιακό φορτίο. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίδονται στον πίνακα 6.1.1.

Πίνακας 6.1.1: Εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε δείγματα ανεπεξέργαστου (Control) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, και 15°C.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός ανάπτυξης k (d ⁻¹) ολικής μικροχλωρίδας
0	0,01739 ±0,0011
5	0,03755 ±0,0066
10	0,05934 ±0,0231
15	0,10499 ±0,0071

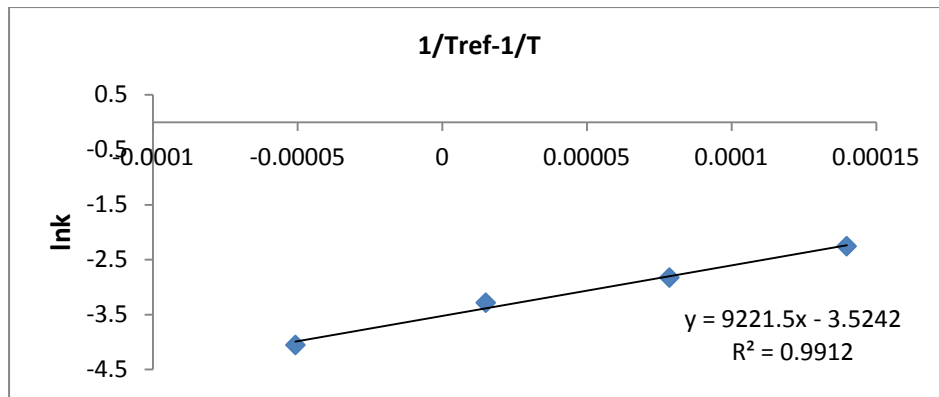
Τα παραπάνω αποτελέσματα προσαρμόστηκαν σε εξίσωση της μορφής $y = ax + b$, δηλαδή σε γραμμική εξίσωση προκειμένου να υπολογιστεί η ενέργεια ενεργοποίησης και η σταθερά ρυθμού στη θερμοκρασία αναφοράς της αντίδρασης. Η παραπάνω εξίσωση αντιστοιχήθηκε με τη γραμμικοποιημένη μορφή της εξίσωσης Arrhenius:

$$\ln k = \ln k_{\text{ref}} + \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_{\text{ref}}} - \frac{1}{T} \right)$$

όπου: k η σταθερά ρυθμού ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας, k_{ref} η αντίστοιχη σταθερά στη θερμοκρασία αναφοράς, E_a η ενέργεια ενεργοποίησης, R η παγκόσμια σταθερά των αερίων (8,314 J/mol·K) και T, η απόλυτη θερμοκρασία (K).

Ως θερμοκρασία αναφοράς τέθηκε η τιμή 4°C.

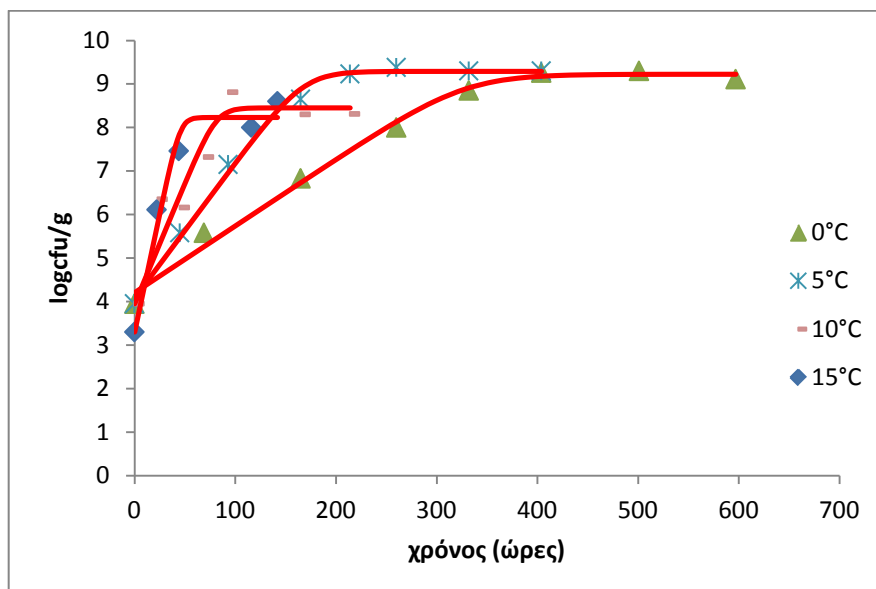
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας στα δείγματα ανεπεξέργαστου (Control) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, δίδονται στο διάγραμμα 6.1.2.



Διάγραμμα 6.1.2: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε δείγματα ανεπεξέργαστου νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C.

Από το διάγραμμα 6.1.2 προέκυψε η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης για τα μη επεξεργασμένα (Control) φιλέτα στήθους κοτόπουλου για τους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας. Η τιμή που υπολογίστηκε ήταν 76,7 kJ/mol και ο ρυθμός ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας k_{ref} στη θερμοκρασία αναφοράς υπολογίστηκε ίσος με $0,029 \text{ d}^{-1}$.

Στο διάγραμμα 6.1.3 δίδονται οι καμπύλες ανάπτυξης των ψευδομονάδων για τα δείγματα μη επεξεργασμένου (Control) φιλέτου στήθους κοτόπουλου, ενώ στον πίνακα 6.1.2 παρουσιάζονται οι αντίστοιχοι ρυθμοί εκθετικής ανάπτυξης.



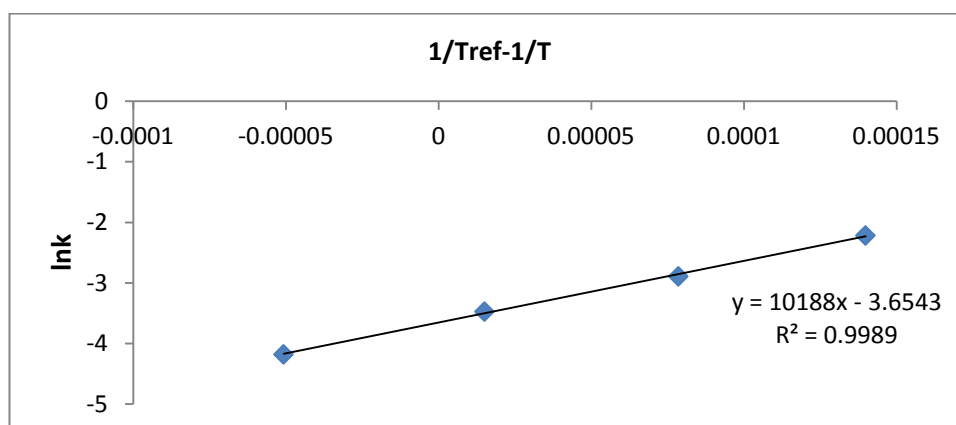
Διάγραμμα 6.1.3: Καμπύλη ανάπτυξης ψευδομονάδων των δειγμάτων Control συναρτήσεως του χρόνου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C με χρήση του μοντέλου Baranyi.

Από το διάγραμμα μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επίσης, παρατηρείται ότι ο αριθμός των ψευδομονάδων που εντοπίζονται στα δείγματα Control, δεν απέχει ιδιαίτερα από το ύψος του ολικού μικροβιακού φορτίου που παρουσιάστηκε νωρίτερα, στις ίδιες συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι το κυρίαρχο είδος μικροοργανισμών στα δείγματα Control, αποτελούν οι ψευδομονάδες.

Πίνακας 6.1.2: Εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης ολικής ψευδομονάδων σε δείγματα ανεπεξέργαστου (Control) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, και 15°C.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός ανάπτυξης k (d^{-1}) ψευδομονάδων
0	0,01532 ±0,0011
5	0,03105 ±0,0019
10	0,05556 ±0,0219
15	0,10912 ±0,0468

Στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 6.1.4) παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης των ψευδομονάδων στα μη επεξεργασμένα δείγματα νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου.



Διάγραμμα 6.1.4: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης των ψευδομονάδων σε δείγματα ανεπεξέργαστου νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C.

Από το διάγραμμα 6.1.4 προέκυψε η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης για τα μη επεξεργασμένα (Control) φιλέτα στήθους κοτόπουλου για τους ρυθμούς ανάπτυξης των ψευδομονάδων. Η τιμή που υπολογίστηκε ήταν 84,7 kJ/mol και ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων k_{ref} στη θερμοκρασία αναφοράς υπολογίστηκε ίσος με $0,026 d^{-1}$.

Ο χρόνος ζωής των δειγμάτων φιλέτου κοτόπουλου, δηλαδή το όριο της οργανοληπτικής αποδοχής, συσχετίστηκε με το όριο των 8 logCFU/g όσον αφορά στον πληθυσμό των ψευδομονάδων. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 6.1.3) παρουσιάζεται ο χρόνος ζωής των μη επεξεργασμένων (Control) δειγμάτων νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C με βάση τη μικροβιακή αλλοίωση.

Πίνακας 6.1.3: Χρόνοι ζωής μη επεξεργασμένων (Control) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου σε θερμοκρασίες συντήρησης 0, 5, 10, 15°C με βάση τη μικροβιακή αλλοίωση ($\log CFU_{\psi\epsilon\upsilon\delta\omicron\mu\omicron\alpha\delta\epsilon\varsigma/g}=8$).

Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος ζωής (ημέρες)
0	11
5	5
10	3
15	2

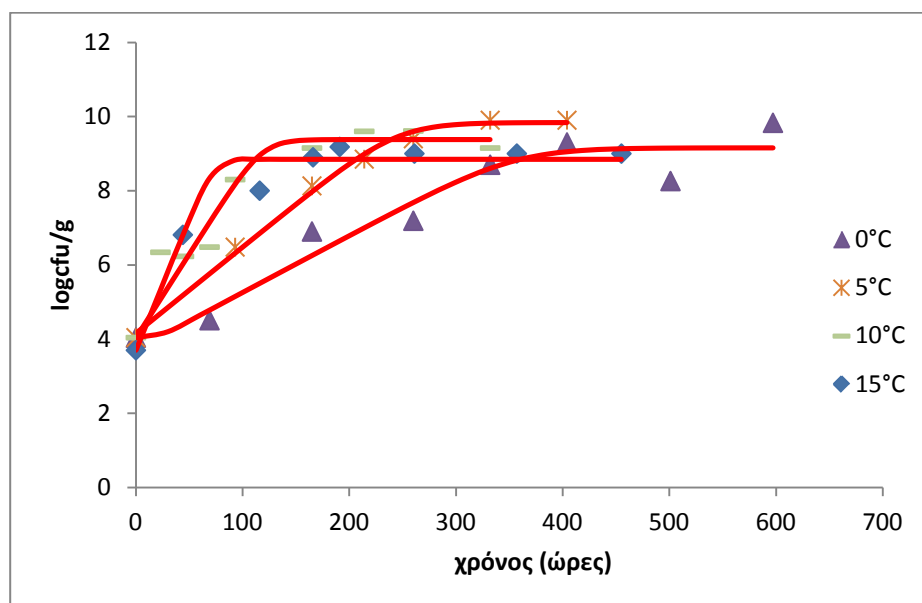
Από τα αποτελέσματα του πίνακα 6.1.3, είναι προφανές ότι ο χρόνος ζωής του μη επεξεργασμένου (Control) στήθους κοτόπουλου, μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

6.1.2 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε φιλέτα στήθους κοτόπουλου επεξεργασμένα με ωσμωτικό διάλυμα

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα της καμπύλης ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων. Από αυτά προκύπτει η επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης, καθώς και του χρόνου συντήρησης των δειγμάτων στο μικροβιακό φορτίο των ωσμωτικά επεξεργασμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου. Το ωσμωτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε είχε περιεκτικότητα 50% σε μαλτοδεξτρίνη και 5% σε NaCl. Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων,

πραγματοποιήθηκε η προσαρμογή των μετρήσεων στο μοντέλο Baranyi, από το οποίο προέκυψαν οι εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Οι καμπύλες ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου για τα ωσμωτικά επεξεργασμένα (OD) δείγματα, παρατίθενται στο διάγραμμα 6.1.5. Τα σημεία αποτελούν τις πειραματικές μετρήσεις και οι συνεχείς καμπύλες προκύπτουν από την προσαρμογή στο μοντέλο Baranyi.



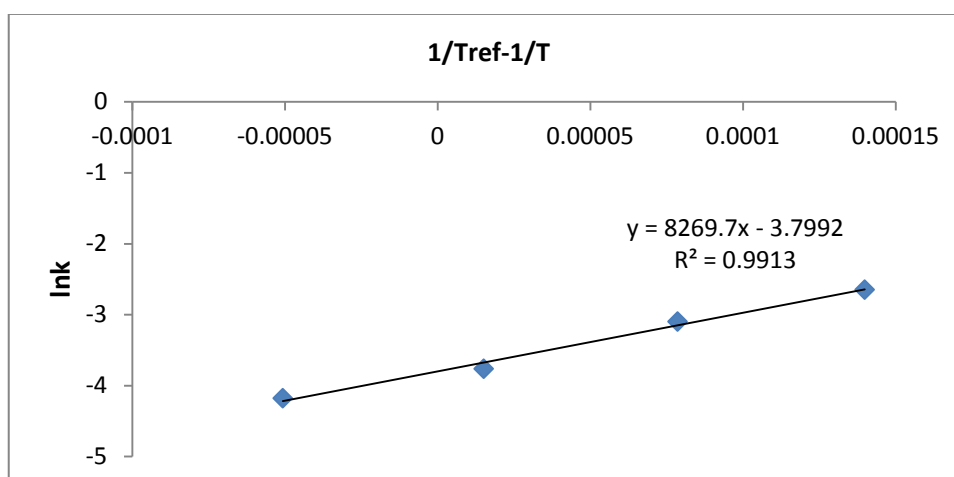
Διάγραμμα 6.1.5: Καμπύλη ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας των δειγμάτων OD συναρτήσει του χρόνου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C με χρήση του μοντέλου Baranyi.

Από το διάγραμμα μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι όπως και στα Control δείγματα, έτσι και στα OD δείγματα, ο ρυθμός ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου, ακολουθεί την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι ρυθμοί ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου των OD δειγμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου Baranyi, αναπαρίστανται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1.4: Εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου (OD) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, και 15°C.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός ανάπτυξης k (d^{-1}) ολικής μικροχλωρίδας
0	0,01532 ±0,0038
5	0,02321 ±0,0012
10	0,04524 ±0,0124
15	0,07082 ±0,02477

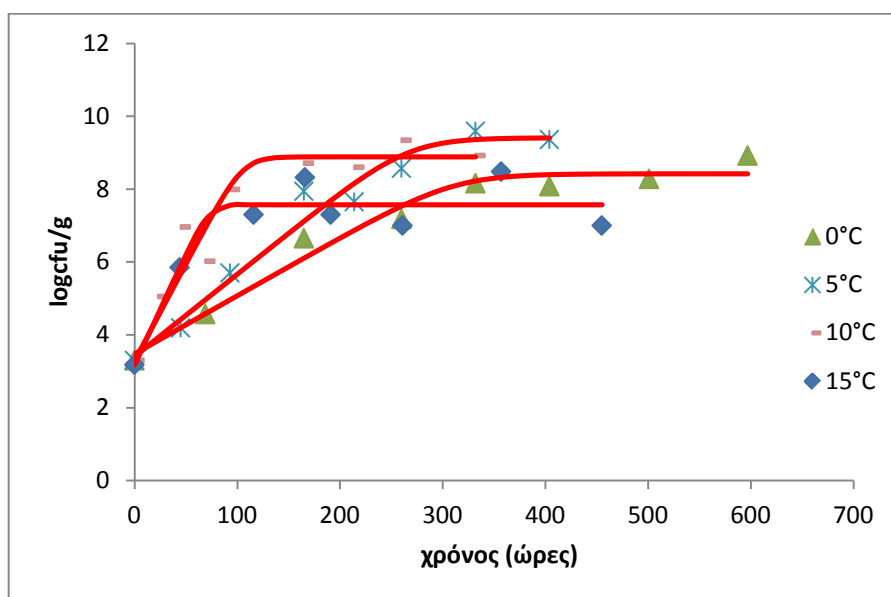
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας στα δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου (OD) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, δίδονται στο διάγραμμα 6.1.6.



Διάγραμμα 6.1.6: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C.

Από το διάγραμμα 6.1.6 προέκυψε η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης για τα ωσμωτικά επεξεργασμένα (OD) φιλέτα στήθους κοτόπουλου για τους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας. Η τιμή που υπολογίστηκε ήταν 68,8 kJ/mol και ο ρυθμός ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας k_{ref} στη θερμοκρασία αναφοράς υπολογίστηκε ίσος με 0,022 d^{-1} .

Στο διάγραμμα 6.1.7 δίδονται οι καμπύλες ανάπτυξης των ψευδομονάδων για τα δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου (OD) φιλέτου στήθους κοτόπουλου, ενώ στον πίνακα 6.1.5 παρουσιάζονται οι αντίστοιχοι ρυθμοί εκθετικής ανάπτυξης.



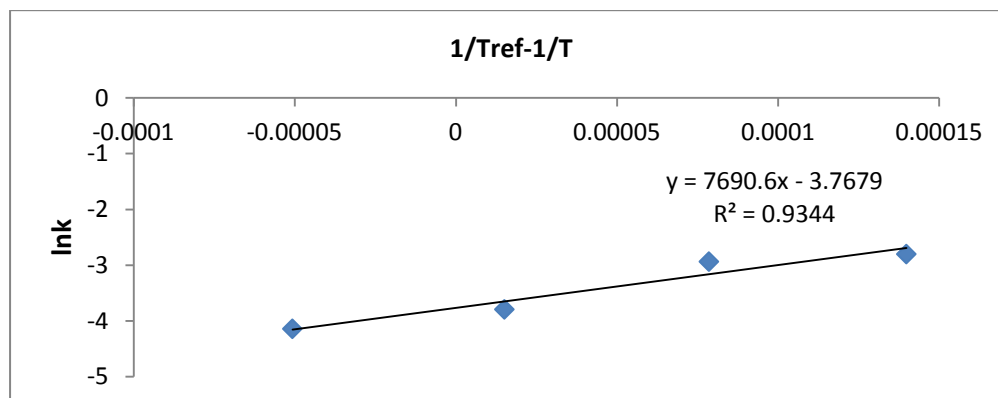
Διάγραμμα 6.1.7: Καμπύλη ανάπτυξης ψευδομονάδων των δειγμάτων OD συναρτήσεως του χρόνου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C με χρήση του μοντέλου Baranyi.

Από το διάγραμμα μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επίσης, παρατηρείται ότι ο αριθμός των ψευδομονάδων που εντοπίζονται στα δείγματα OD, με εξαίρεση την καμπύλη του διαγράμματος 6.1.7 που αντιστοιχεί στους 15°C, δεν απέχει ιδιαίτερα από το ύψος του ολικού μικροβιακού φορτίου που παρουσιάστηκε νωρίτερα, στις ίδιες συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι το κυρίαρχο είδος μικροοργανισμών στα δείγματα OD στις θερμοκρασίες 0, 5 και 10°C, αποτελούν οι ψευδομονάδες. Οι ρυθμοί ανάπτυξης ψευδομονάδων των OD δειγμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου Baranyi, αναπαρίστανται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1.5: Εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης ψευδομονάδων σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου (OD) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, και 15°C.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός ανάπτυξης k (d^{-1}) ψευδομονάδων
0	$0,01592 \pm 0,0022$
5	$0,02255 \pm 0,0028$
10	$0,05314 \pm 0,0156$
15	$0,06083 \pm 0,0216$

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης ψευδομονάδων στα δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου (OD) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, δίδονται στο διάγραμμα 6.1.8.



Διάγραμμα 6.1.8: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης των ψευδομονάδων σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C.

Από το διάγραμμα 6.1.8 προέκυψε η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης για τα ωσμωτικά επεξεργασμένα (OD) φιλέτα στήθους κοτόπουλου για τους ρυθμούς ανάπτυξης των ψευδομονάδων. Η τιμή που υπολογίστηκε ήταν 63,9 kJ/mol και ο ρυθμός ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας k_{ref} στη θερμοκρασία αναφοράς υπολογίστηκε ίσος με $0,023 \text{ d}^{-1}$.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 6.1.6) παρουσιάζεται ο χρόνος ζωής των ωσμωτικά επεξεργασμένων (OD) δειγμάτων νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C με βάση τη μικροβιακή αλλοίωση.

Πίνακας 6.1.6: Χρόνοι ζωής ωσμωτικά επεξεργασμένων (OD) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου σε θερμοκρασίες συντήρησης 0, 5, 10, 15°C με βάση τη μικροβιακή αλλοίωση ($\log \text{CFU}_{\text{ψευδομονάδες/g}}=8$).

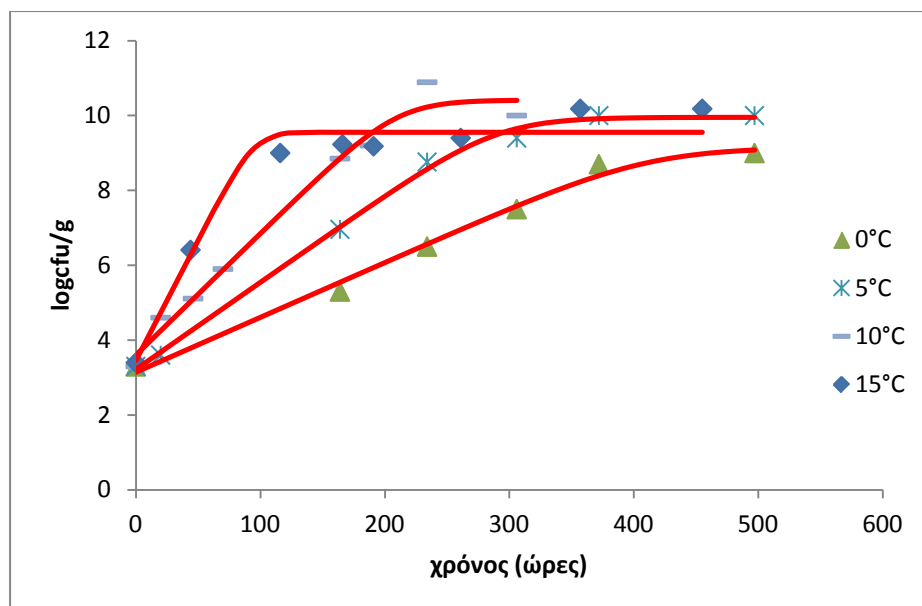
Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος ζωής (ημέρες)
0	13
5	7
10	4
15	3

Δεδομένου ότι δεν υπήρξε σημείο της καμπύλης ανάπτυξης των ψευδομονάδων στους 15°C, το οποίο να είχε την τιμή 8 logcfu/g, ο χρόνος ζωής αυτών των δειγμάτων προσδιορίστηκε από σημείο της καμπύλης Baranyi, το οποίο βρισκόταν λίγο πριν από τη φάση στασιμότητας. Από τα αποτελέσματα του πίνακα 6.1.6, είναι προφανές ότι ο χρόνος ζωής του ωσμωτικά επεξεργασμένου (OD) στήθους κοτόπουλου, μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

6.1.3 Μέτρηση μικροβιακού φορτίου σε φιλέτα στήθους κοτόπουλου επεξεργασμένα με ωσμωτικό διάλυμα και προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης ως αντιμικροβιακό

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα της καμπύλης ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων. Από αυτά προκύπτει η επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης, καθώς και του χρόνου συντήρησης των δειγμάτων στο μικροβιακό φορτίο των ωσμωτικά επεξεργασμένων με προσθήκη αντιμικροβιακού, φιλέτων στήθους κοτόπουλου. Το ωσμωτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε είχε περιεκτικότητα 50% σε μαλτοδεξτρίνη, 5% σε NaCl και 0,5% σε γλυκονο-δ-λακτόνη. Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε η προσαρμογή των μετρήσεων στο μοντέλο Baranyi, από το οποίο προέκυψαν οι εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Οι καμπύλες ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου για τα ωσμωτικά επεξεργασμένα με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) δείγματα, παρατίθενται στο διάγραμμα 6.1.9. Τα σημεία αποτελούν τις πειραματικές μετρήσεις και οι συνεχείς καμπύλες προκύπτουν από την προσαρμογή στο μοντέλο Baranyi.



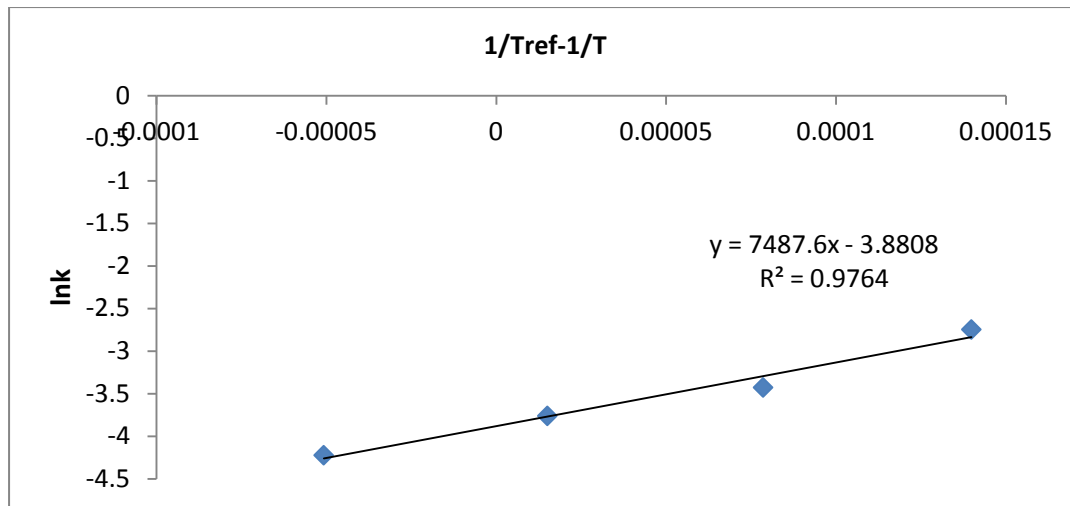
Διάγραμμα 6.1.9: Καμπύλη ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας των δειγμάτων ODa συναρτήσει του χρόνου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C με χρήση του μοντέλου Baranyi.

Από το διάγραμμα μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι όπως στα Control και OD δείγματα, έτσι και στα ODa δείγματα, ο ρυθμός ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου, ακολουθεί την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι ρυθμοί ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου των ODa δειγμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου Baranyi, αναπαρίστανται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1.7: Εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου με χρήση αντιμικροβιακού (ODa) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, και 15°C.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός ανάπτυξης k (d^{-1}) ολικής μικροχλωρίδας
0	0,01466 ±0,0015
5	0,02327 ±0,0009
10	0,03249 ±0,0029
15	0,06421 ±0,0160

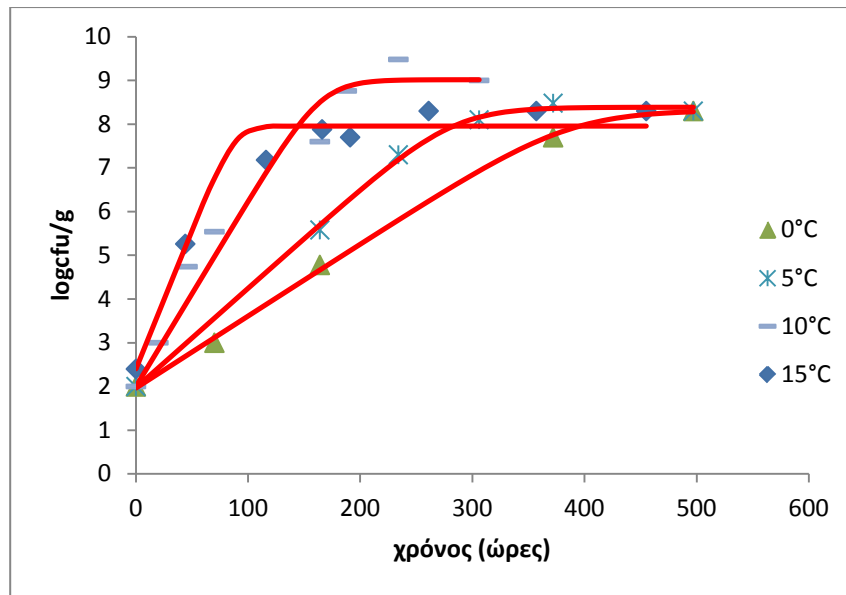
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας στα δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, δίδονται στο διάγραμμα 6.1.10.



Διάγραμμα 6.1.10: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C.

Από το διάγραμμα 6.1.10 προέκυψε η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης για τα ωσμωτικά επεξεργασμένα με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου για τους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας. Η τιμή που υπολογίστηκε ήταν 62,3 kJ/mol και ο ρυθμός ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας k_{ref} στη θερμοκρασία αναφοράς υπολογίστηκε ίσος με 0,021 d⁻¹.

Στο διάγραμμα 6.1.11 δίδονται οι καμπύλες ανάπτυξης των ψευδομονάδων για τα δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) φιλέτου στήθους κοτόπουλου, ενώ στον πίνακα 6.1.8 παρουσιάζονται οι αντίστοιχοι ρυθμοί εκθετικής ανάπτυξης.



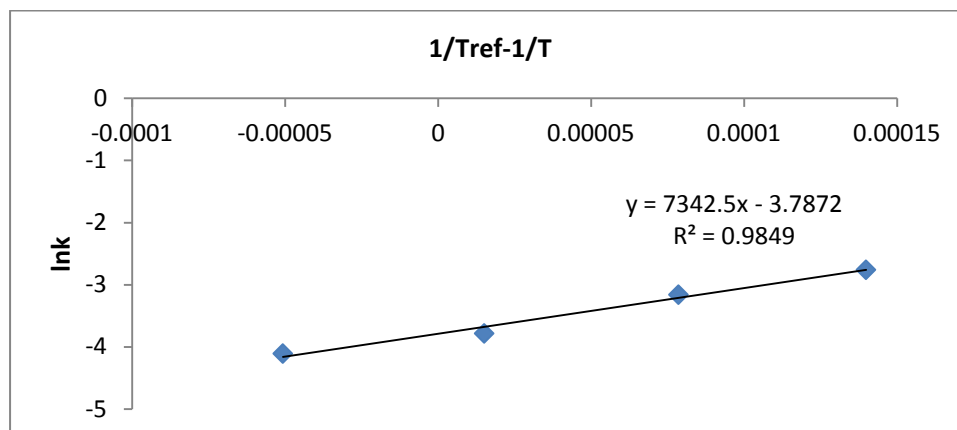
Διάγραμμα 6.1.11: Καμπύλη ανάπτυξης ψευδομονάδων των δειγμάτων ODa συναρτήσεως του χρόνου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C με χρήση του μοντέλου Baranyi.

Από το διάγραμμα 6.1.11, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων ακολουθεί την αυξημένη θερμοκρασία συντήρησης των ODa δειγμάτων. Δεδομένου ότι ο πληθυσμός των ψευδομονάδων και στις 4 θερμοκρασίες αποθήκευσης προσεγγίζει το ύψος του ολικού μικροβιακού φορτίου, μπορεί να θεωρηθεί ότι το κυρίαρχο είδος μικροοργανισμών στα ODa δείγματα, αποτελούν οι ψευδομονάδες. Οι ρυθμοί ανάπτυξης ψευδομονάδων των ODa δειγμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου Baranyi, αναπαρίστανται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1.8: Εκθετικοί ρυθμοί ανάπτυξης ψευδομονάδων σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, και 15°C.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός ανάπτυξης k (d^{-1}) ψευδομονάδων
0	0,01646 ±0,0007
5	0,02976 ±0,0008
10	0,04246 ±0,0093
15	0,06337 ±0,1786

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης ψευδομονάδων στα δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, δίδονται στο διάγραμμα 6.1.12.



Διάγραμμα 6.1.12: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς ανάπτυξης των ψευδομονάδων σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C.

Από το διάγραμμα 6.1.12 προέκυψε η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης για τα ωσμωτικά επεξεργασμένα με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου για τους ρυθμούς ανάπτυξης των ψευδομονάδων. Η τιμή που υπολογίστηκε ήταν 61 kJ/mol και ο ρυθμός ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας k_{ref} στη θερμοκρασία αναφοράς υπολογίστηκε ίσος με 0,023 d⁻¹.

Σύμφωνα με τις τιμές των E_a όλων των παραπάνω δειγμάτων, οι οποίες προέκυψαν από την προσαρμογή Arrhenius προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα. Ο ρυθμός ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και ακόμη περισσότερο ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων στα δείγματα Control, παρουσιάζει μεγάλη εξάρτηση από τη θερμοκρασία. Το ίδιο παρατηρείται και για τον ρυθμό ανάπτυξης των ψευδομονάδων στα Control δείγματα.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 6.1.9) παρουσιάζεται ο χρόνος ζωής των ωσμωτικά επεξεργασμένων με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) δειγμάτων νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10, 15°C με βάση τη μικροβιακή αλλοίωση.

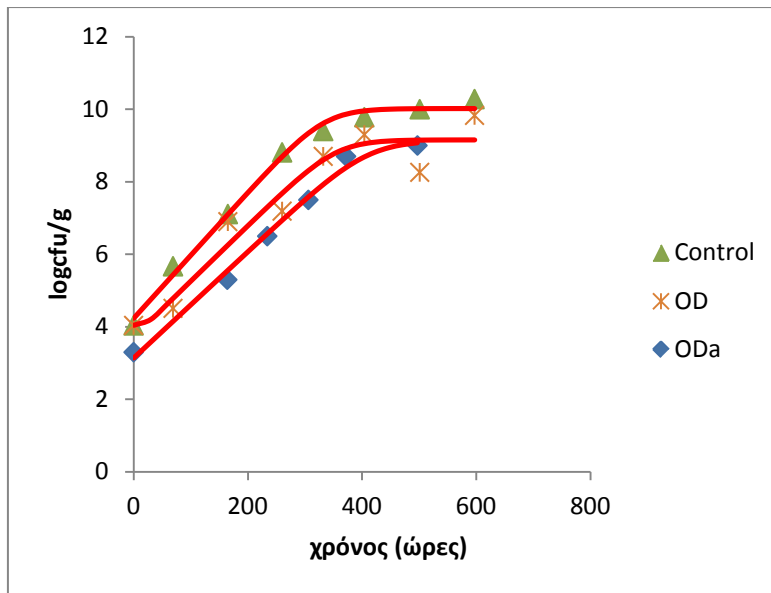
Πίνακας 6.1.9: Χρόνοι ζωής ωσμωτικά επεξεργασμένων με χρήση αντιμικροβιακού (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου σε θερμοκρασίες συντήρησης 0, 5, 10, 15°C με βάση τη μικροβιακή αλλοίωση ($\log CFU_{\text{ψευδομονάδες/g}}=8$).

Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος ζωής (ημέρες)
0	17
5	8
10	6
15	4

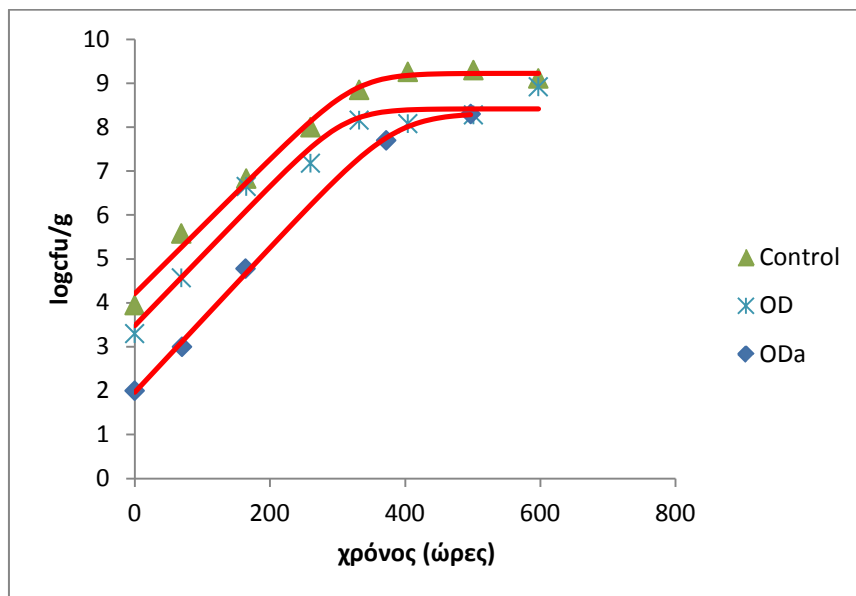
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 6.1.9, γίνεται εμφανές ότι ο χρόνος ζωής του ωσμωτικά επεξεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) στήθους κοτόπουλου, μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

Από την ανάλυση διακύμανσης που πραγματοποιήθηκε (two-way ANOVA) στους ρυθμούς ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων έγινε εμφανής ($p<0,05$) η επίδραση της θερμοκρασίας στους ρυθμούς ανάπτυξης.

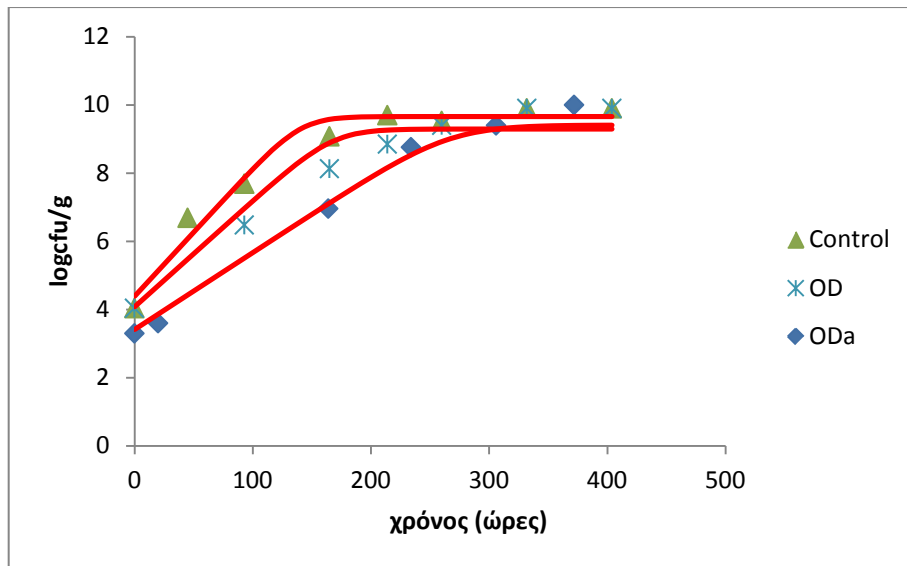
Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα των καμπυλών ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων στους 0, 5, 10 και 15°C για τα μη επεξεργασμένα (Control), τα ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και τα ωσμωτικά επεξεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) δείγματα φιλέτου στήθους κοτόπουλου. Από τα παρακάτω διαγράμματα γίνεται εμφανής η επίδραση της ωσμωτικής προκατεργασίας, καθώς και του συνδυασμού της με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης στο ωσμωτικό διάλυμα, στη μικροβιακή ανάπτυξη.



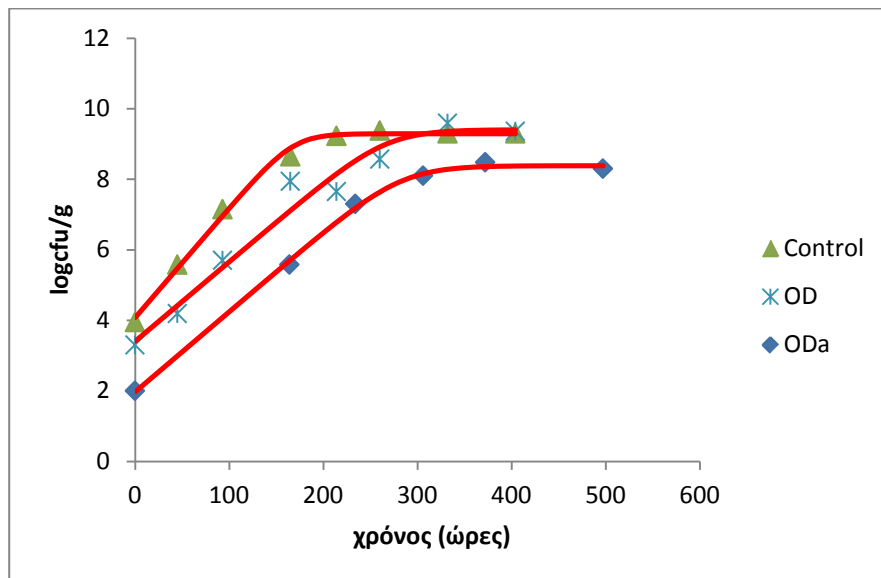
Διάγραμμα 6.1.13: Καμπύλες ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.



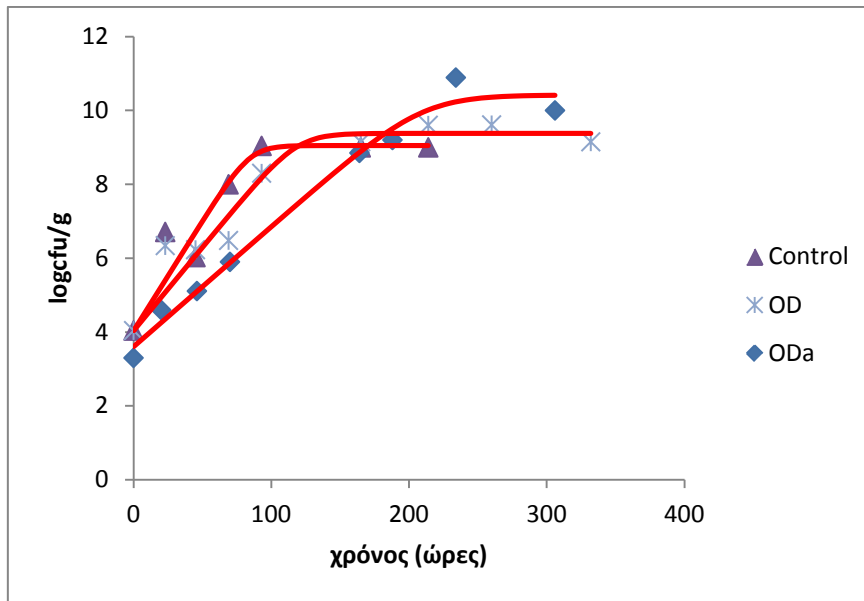
Διάγραμμα 6.1.14: Καμπύλες ανάπτυξης ψευδομονάδων σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.



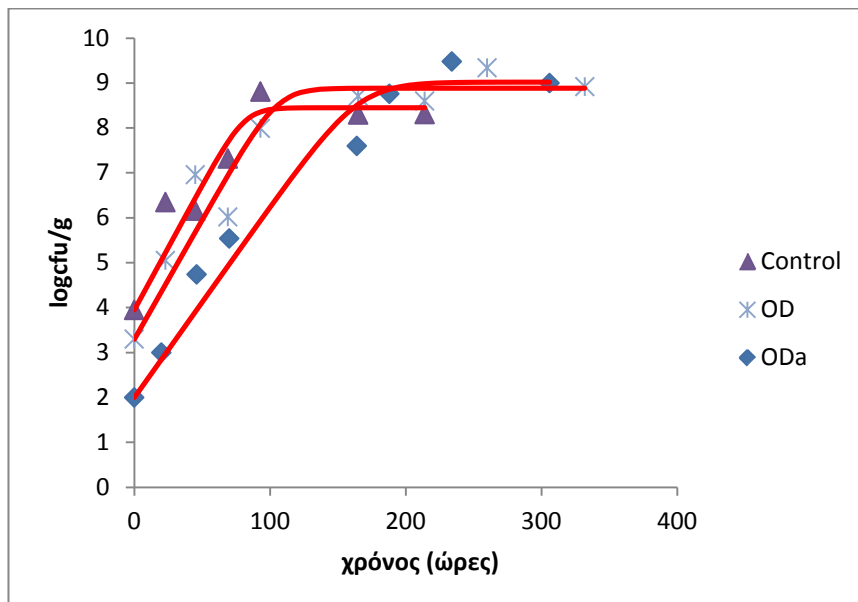
Διάγραμμα 6.1.15: Καμπύλες ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.



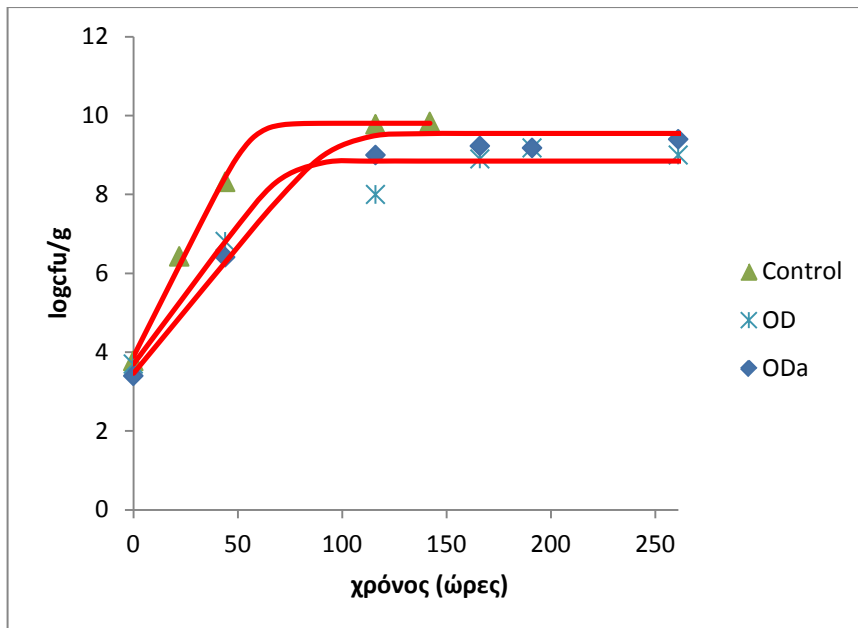
Διάγραμμα 6.1.16: Καμπύλες ανάπτυξης ψευδομονάδων σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.



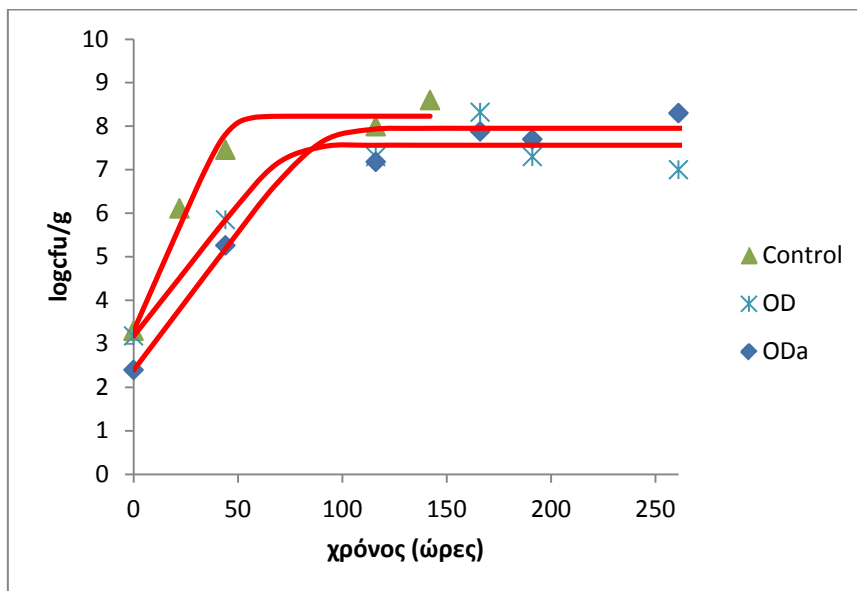
Διάγραμμα 6.1.17: Καμπύλες ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.



Διάγραμμα 6.1.18: Καμπύλες ανάπτυξης ψευδομονάδων σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.



Διάγραμμα 6.1.19: Καμπύλες ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.



Διάγραμμα 6.1.20: Καμπύλες ανάπτυξης ψευδομονάδων σε ανεπεξέργαστα (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένα (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C, με χρήση του μοντέλου Baranyi.

Από τα διαγράμματα 6.1.13 – 6.1.20 προκύπτει ότι το αρχικό ολικό μικροβιακό φορτίο των OD δειγμάτων μειώθηκε κατά 0.20-0.23 logCFU/g και των ODa δειγμάτων κατά 0.95-1.17 logCFU/g. Αντίστοιχα το φορτίο των ψευδομονάδων των OD δειγμάτων μειώθηκε κατά 0.65-0.7 logCFU/g και των ODa δειγμάτων κατά 1.95-2.2 logCFU/g.

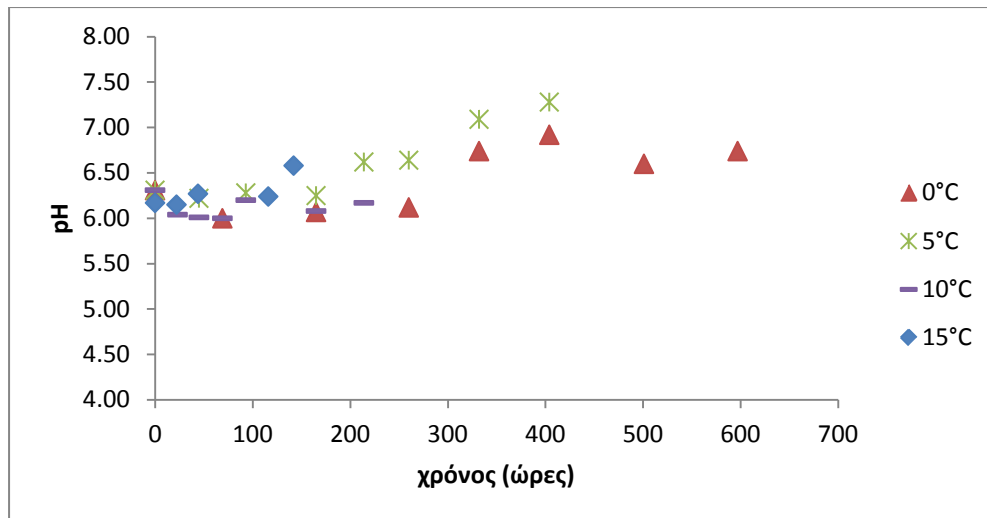
6.1.4 Μέτρηση φορτίου γαλακτικών βακτηρίων σε μη επεξεργασμένα και ωσμητικά επεξεργασμένα, με ή χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, δείγματα φιλέτου στήθους κοτόπουλου.

Σε αντίθεση με το ολικό μικροβιακό φορτίο και το φορτίο σε ψευδομονάδες, δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του φορτίου των γαλακτικών βακτηρίων. Συγκεκριμένα, το φορτίο τους κυμάνθηκε από 2.0 έως 4,5 logCFU/g για τα δείγματα Control και από 1,3 - 4 logCFU/g για τα δείγματα OD και ODa, κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

6.2 Μέτρηση pH

6.2.1 Μέτρηση pH σε νωπά μη επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου

Στο διάγραμμα 6.2.1 δίνεται η μεταβολή του pH με το χρόνο σε δείγματα μη επεξεργασμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C. Το pH συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη μικροοργανισμών λόγω των μεταβολικών ουσιών που παράγονται κατά την ανάπτυξή τους. Συγκεκριμένα οι ψευδομονάδες παράγουν κυρίως βασικά προϊόντα (διάφορα αμινοξέα) που οδηγούν σε αύξηση του pH, ενώ τα γαλακτικά βακτήρια παράγουν κυρίως γαλακτικό οξύ οδηγώντας σε ελάτωση του pH του δείγματος κατά την εξέλιξη της ανάπτυξής τους (Gram and Huss, 1996).

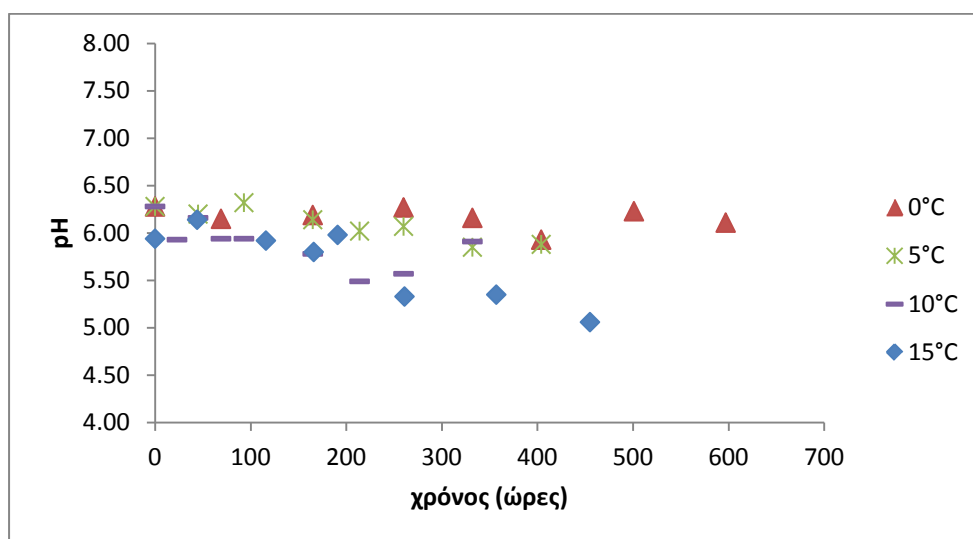


Διάγραμμα 6.2.1: Μεταβολή του pH σε ανεπεξεργαστα (Control) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.3.1, το pH των Control δειγμάτων στις θερμοκρασίες 0, 5, και 15°C παρουσιάζει αυξητική τάση με το χρόνο ενώ δεν εμφανίζει σαφή τάση στους 10°C. Αυτό ενδέχεται να οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι οι ψευδομονάδες αποτελούν την επικρατέστερη μικροχλωρίδα συγκεκριμένου τροφίμου, οι οποίες παράγουν αλκαλικά μεταβολικά προϊόντα (Bunkova et al., 2009).

6.2.2 Μέτρηση pH σε ωσμωτικά επεξεργασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου

Στο διάγραμμα 6.2.2 δίνεται η μεταβολή του pH με το χρόνο σε δείγματα ωσμωτικά προκατεργασμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

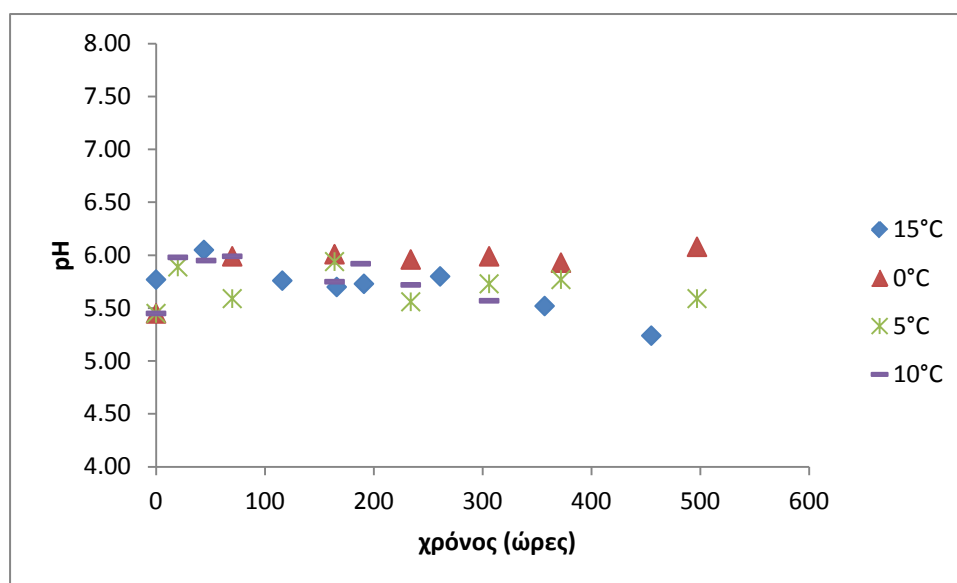


Διάγραμμα 6.2.2: Μεταβολή του pH σε ωσμωτικά επεξεργασμένα (OD) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Από το διάγραμμα 6.2.2 παρατηρείται μία σταδιακή μείωση του pH των OD δειγμάτων με την πάροδο του χρόνου στις θερμοκρασίες 5, 10 και 15°C η οποία γίνεται εντονότερη με την αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης, ενώ στους 0°C δεν παρατηρείται σαφής τάση.

6.2.3 Μέτρηση pH σε φιλέτα στήθους κοτόπουλου ωσμωτικά επεξεργασμένα με χρήση γλυκονο-δ-λακτόνης

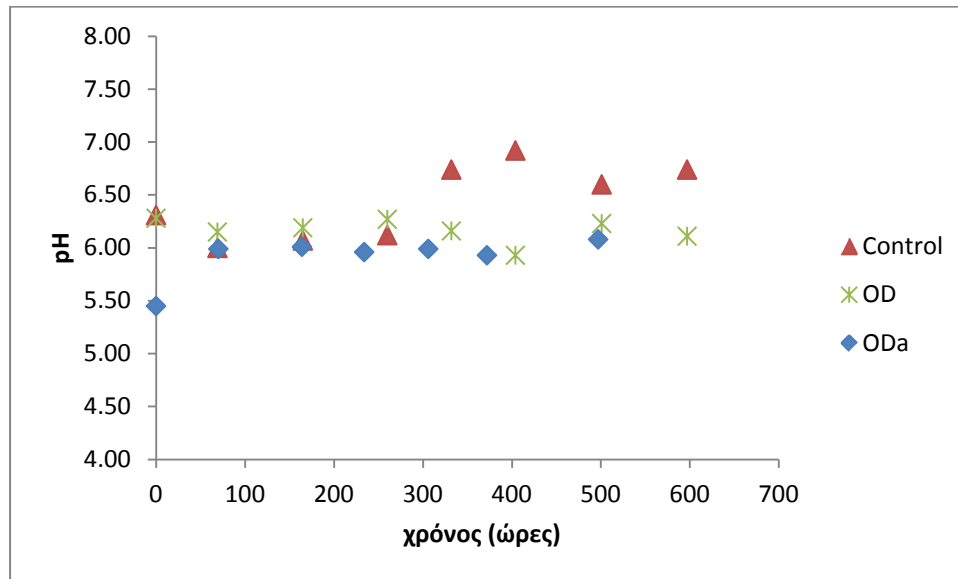
Στο διάγραμμα 6.2.3 δίνεται η μεταβολή του pH με το χρόνο σε δείγματα ωσμωτικά προκατεργασμένου με προσθήκη αντιμικροβιακού φιλέτου στήθους κοτόπουλου, συντηρημένου σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.2.3: Μεταβολή του pH σε ωσμωτικά επεξεργασμένα με προσθήκη αντιμικροβιακού (ODa) φιλέτα στήθους κοτόπουλου, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

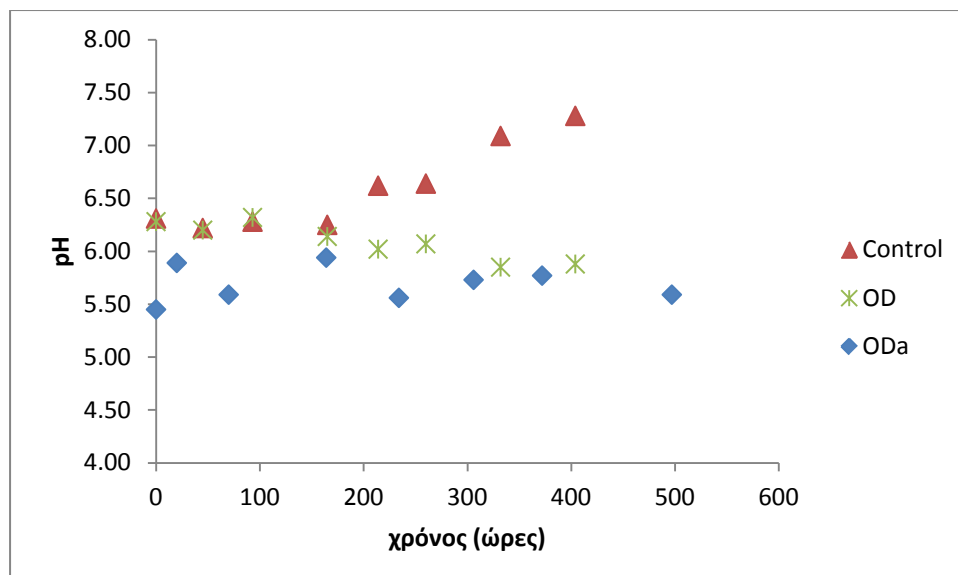
Αντίστοιχα με το διάγραμμα 6.2.2, από το διάγραμμα 6.2.3 παρατηρείται η σταδιακή μείωση του pH με το χρόνο στις θερμοκρασίες 5, 10 και 15°C για τα ODa δείγματα, ενώ στους 0°C δεν παρατηρείται κάποια σαφής τάση. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα δείγματα ODa στους 15°C σε προχωρημένο στάδιο αλλοίωσής τους, είχαν αναπτυχθεί μύκητες στην επιφάνειά τους, κάτι το οποίο δεν παρατηρήθηκε σε κανένα άλλο είδος δείγματος και θερμοκρασία. Στη συνέχεια παρατίθενται τα

διαγράμματα μεταβολής του pH των δειγμάτων με το χρόνο συναρτήσει της επεξεργασίας, σε κοινή θερμοκρασία.



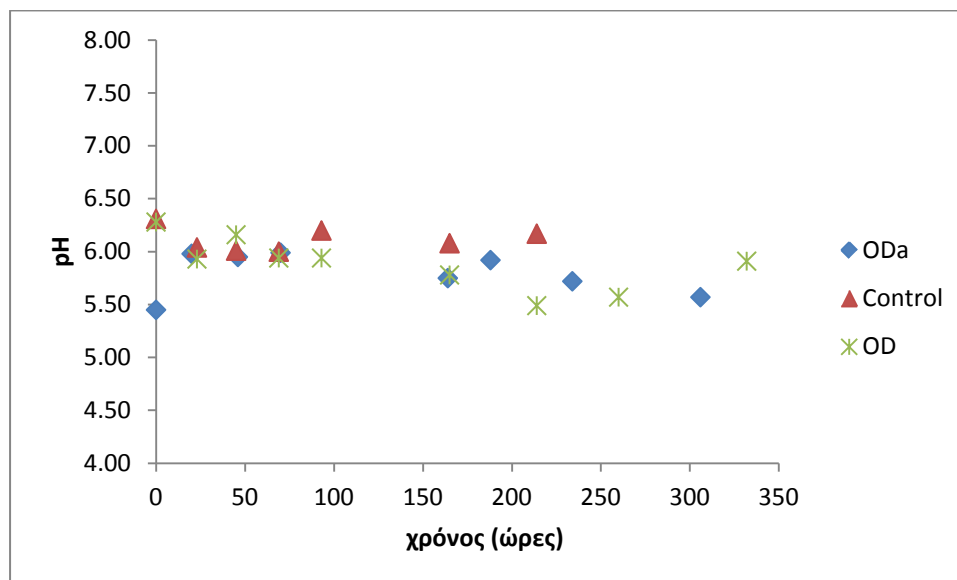
Διάγραμμα 6.2.4: Μεταβολή του pH με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία συντήρησης 0°C.

Από το διάγραμμα 6.2.4 γίνεται εμφανής η ανοδική τάση του pH για τα Control δείγματα, ενώ για τα δείγματα OD και ODa δεν παρουσιάζεται κάποια σαφής εξέλιξη του pH.



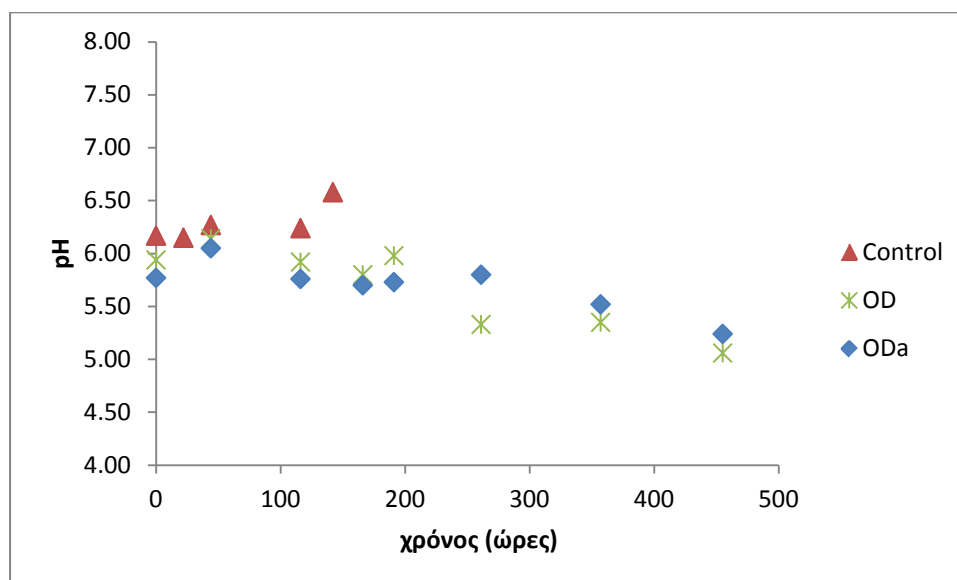
Διάγραμμα 6.2.5: Μεταβολή του pH με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία συντήρησης 5°C.

Συγκριτικά με το διάγραμμα 6.2.4, στο διάγραμμα 6.2.5, δεδομένης της υψηλότερης θερμοκρασίας αποθήκευσης, υπάρχει μία πιο εμφανής τάση της μεταβολής του pH για τα δείγματα OD, η οποία είναι πτωτική. Εν αντιθέσει με τα OD και ODa δείγματα, το pH των Control δειγμάτων εξακολουθεί να παρουσιάζει αυξητική τάση ενώ το pH των ODa δειγμάτων δεν εμφανίζει σαφή εξέλιξη.



Διάγραμμα 6.2.6: Μεταβολή του pH με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία συντήρησης 10°C.

Από το διάγραμμα 6.2.6 παρατηρείται μία ασαφής τάση του pH των Control και ODa δειγμάτων και μία πτωτική εξέλιξη εκείνου των OD δειγμάτων.

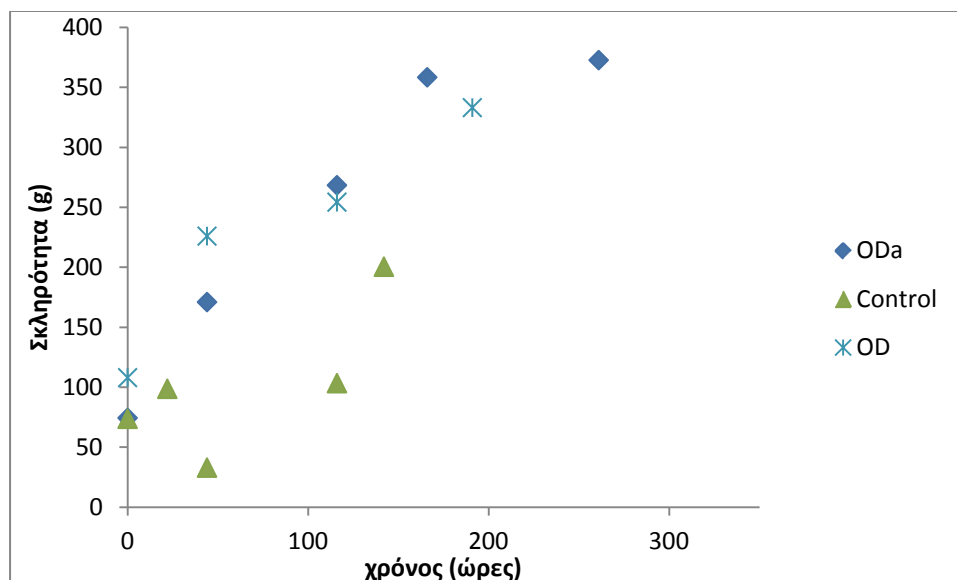


Διάγραμμα 6.2.7: Μεταβολή του pH με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία συντήρησης 15°C.

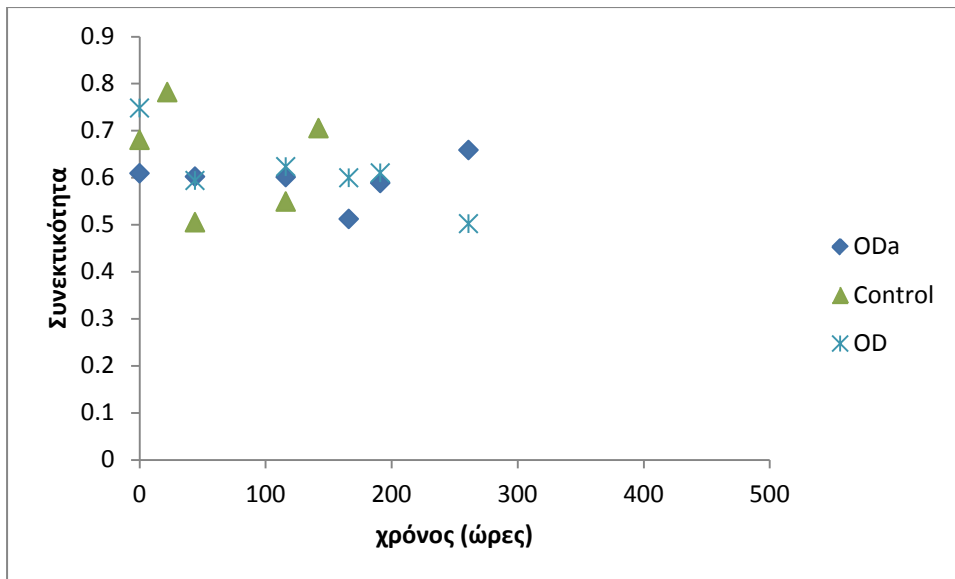
Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.2.7 το pH των Control δειγμάτων ακολουθεί αυξητική τάση, με τιμές ανώτερες εκείνου των υπολοίπων δειγμάτων, ενώ το pH των OD και ODa δειγμάτων ακολουθεί πτωτική πορεία. Εκείνο όμως το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον όσον αφορά στα δείγματα OD και ODa είναι οι τιμές pH τις οποίες λαμβάνουν. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι μέχρι και την πέμπτη σε σειρά δειγματοληψία, το pH των ODa δειγμάτων λαμβάνει τιμές χαμηλότερες εκείνου των OD δειγμάτων, ενώ στις υπόλοιπες τρεις δειγματοληψίες λαμβάνει τιμές υψηλότερες σε σχέση με το pH των OD δειγμάτων. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει την πιθανή παραγωγή αλκαλικών μεταβολικών προϊόντων από τους μύκητες που αναπτύχθηκαν στο τρόφιμο στο προχωρημένο στάδιο της αλλοίωσής του (Adams and Moss, 2000). Φαίνεται ότι η θερμοκρασία των 15°C σε συνδυασμό με το χαμηλό μικροβιακό φορτίο σε ψευδομονάδες των ODa δειγμάτων συνετέλεσαν στον πολλαπλασιασμό μυκήτων.

6.3 Ανάλυση υφής

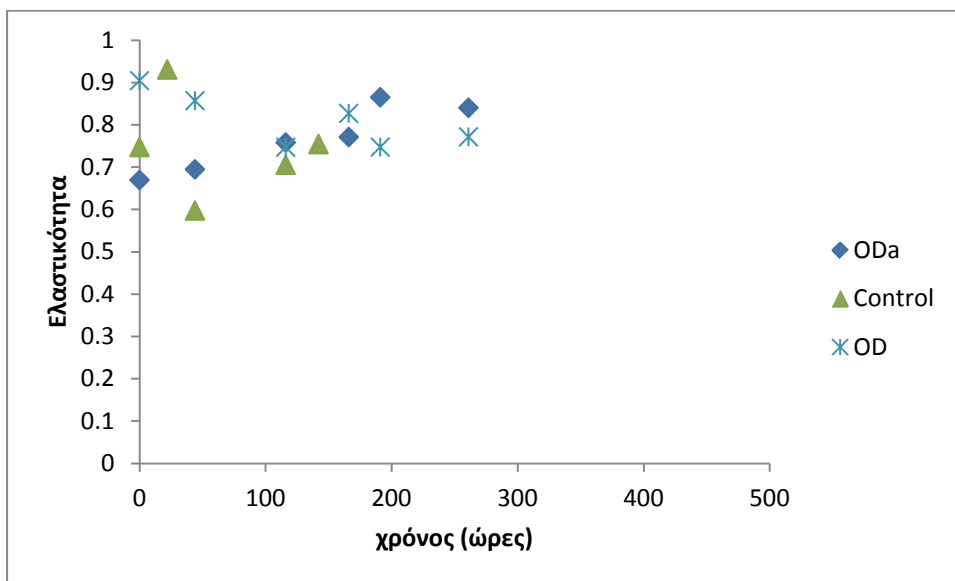
Κατά την ανάλυση της υφής με την πάροδο του χρόνου, διαπιστώθηκε ότι η υφή δεν αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο προσδιορισμού της ποιότητας του φιλέτου στήθους κοτόπουλου δεδομένου ότι τα προς μέτρηση δείγματα χαρακτηρίζονται από ποικιλομορφία. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα μεταβολής της σκληρότητας, της συνεκτικότητας, της ελαστικότητας και της μασητικότητας για τα δείγματα Control, OD και ODa στους 15°C.



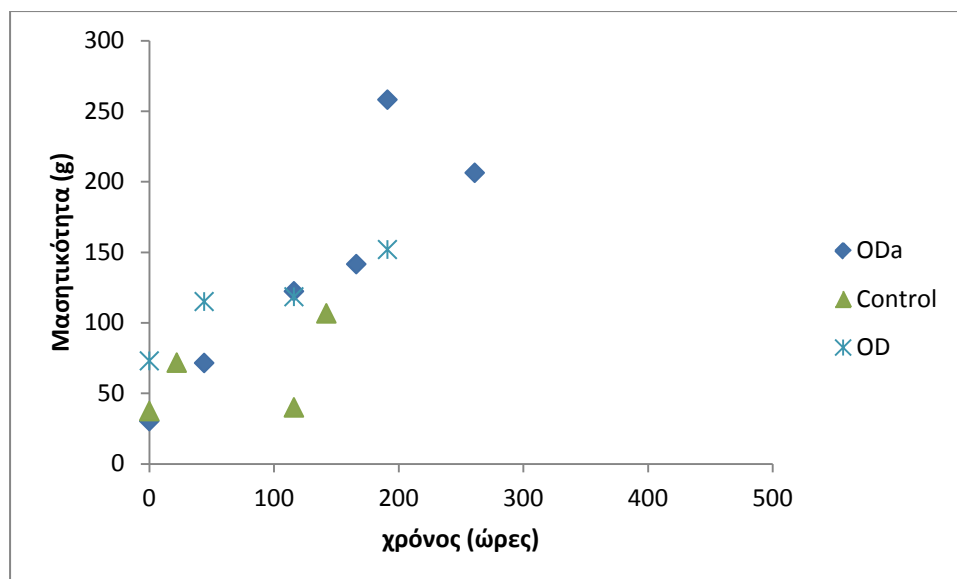
Διάγραμμα 6.3.1: Μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων Control, OD και ODa με τον χρόνο σε θερμοκρασία αποθήκευσης 15°C.



Διάγραμμα 6.3.2: Μεταβολή της συνεκτικότητας των δειγμάτων Control, OD και ODa με τον χρόνο σε θερμοκρασία αποθήκευσης 15°C.



Διάγραμμα 6.3.3: Μεταβολή της ελαστικότητας των δειγμάτων Control, OD και ODa με τον χρόνο σε θερμοκρασία αποθήκευσης 15°C.



Διάγραμμα 6.3.4: Μεταβολή της μασητικότητας των δειγμάτων Control, OD και ODa με τον χρόνο σε θερμοκρασία αποθήκευσης 15°C.

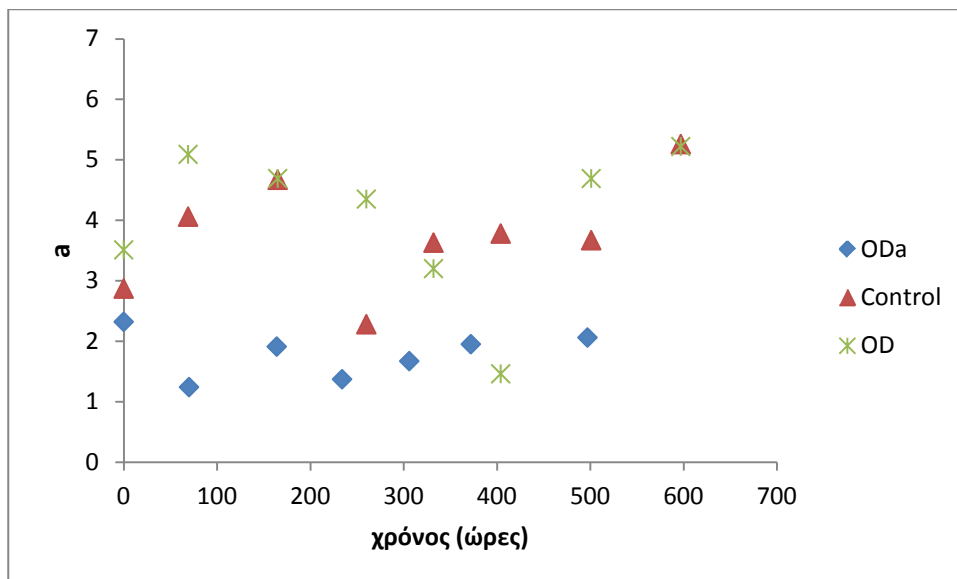
Από το διάγραμμα 6.3.1 παρατηρείται η αυξητική τάση της σκληρότητας με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa. Τα δείγματα OD και ODa εμφανίζουν υψηλότερες τιμές σκληρότητας συγκριτικά με τα Control δείγματα, πράγμα το οποίο αποδίδεται στη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας τους λόγω της ωσμωτικής προκατεργασίας. Στη συνέχεια, σύμφωνα με το διάγραμμα 6.3.2 δεν παρατηρείται σαφής τάση της συνεκτικότητας για όλα τα δείγματα που εξετάστηκαν. Από το διάγραμμα 6.3.3 παρατηρείται μία αυξητική τάση της ελαστικότητας για τα Control και ODa δείγματα, ενώ μία πτωτική τάση για τα OD δείγματα. Τέλος, από το διάγραμμα 6.3.4, γίνεται εμφανής η αυξητική τάση της μασητικότητας με το χρόνο, και για τα τρία είδη δειγμάτων.

6.4 Μέτρηση χρώματος

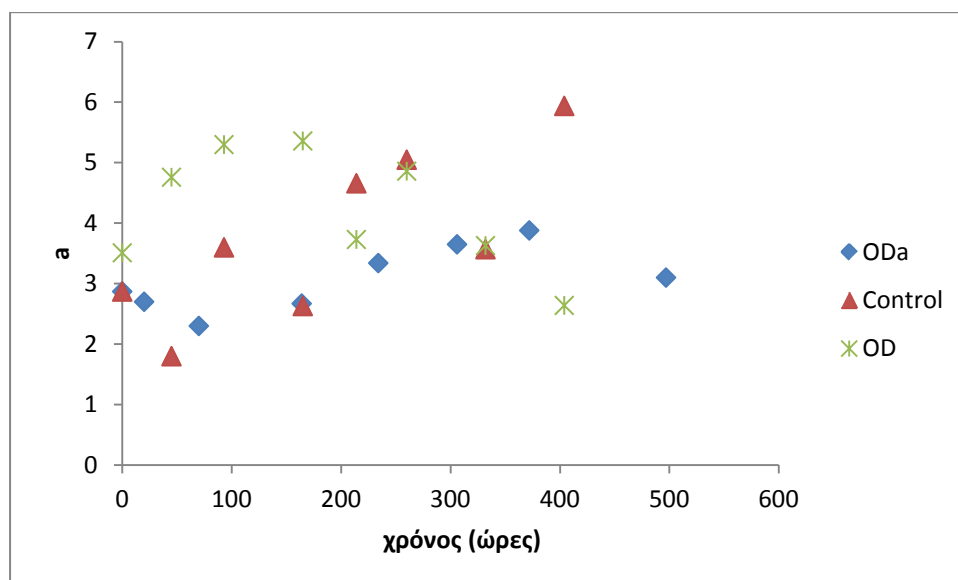
6.4.1 Μελέτη της μεταβολής της παραμέτρου χρώματος a (ερυθρότητα)

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρώματος, προέκυψε ότι η παράμετρος a αποτελεί προσδιορισμού της ποιότητας των Control, OD και ODa δειγμάτων. Συγκεκριμένα, η ερυθρότητα ακολουθεί πτωτική πορεία στα OD δείγματα και ανοδική στα Control και ODa δείγματα. Η ανοδική πορεία της παραμέτρου a στα ODa δείγματα εξηγείται λόγω της παρουσίας του αντιμικροβιακού. Αναγωγικοί παράγοντες όπως η γλυκονο-δ-λακτόνη αναστέλλουν τον σχηματισμό της μετα-μυογλοβίνης από οξυμυογλοβίνη, διατηρώντας το κρέας

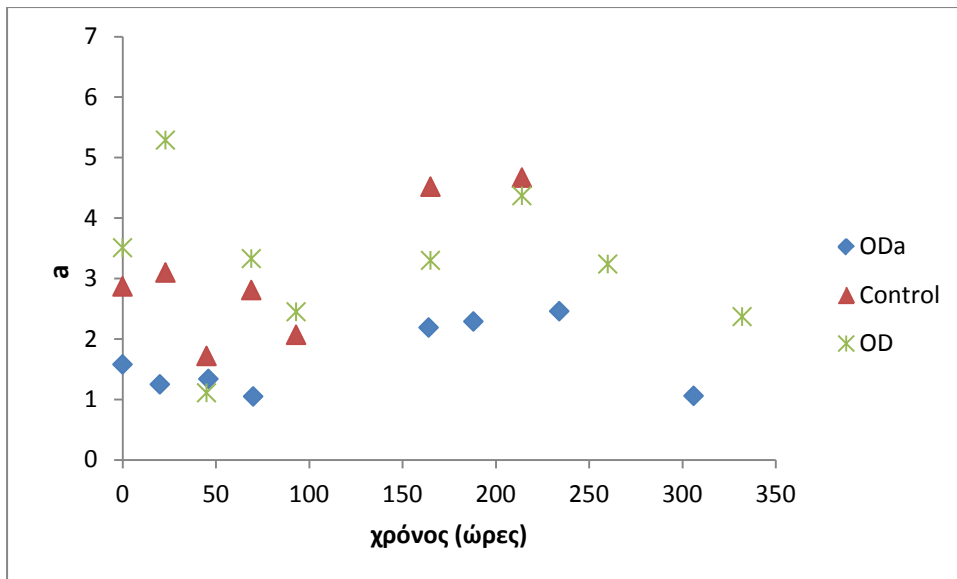
κόκκινο (Barringer et al., 2004). Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα μεταβολής της ερυθρότητας για τα δείγματα Control, OD και ODa.



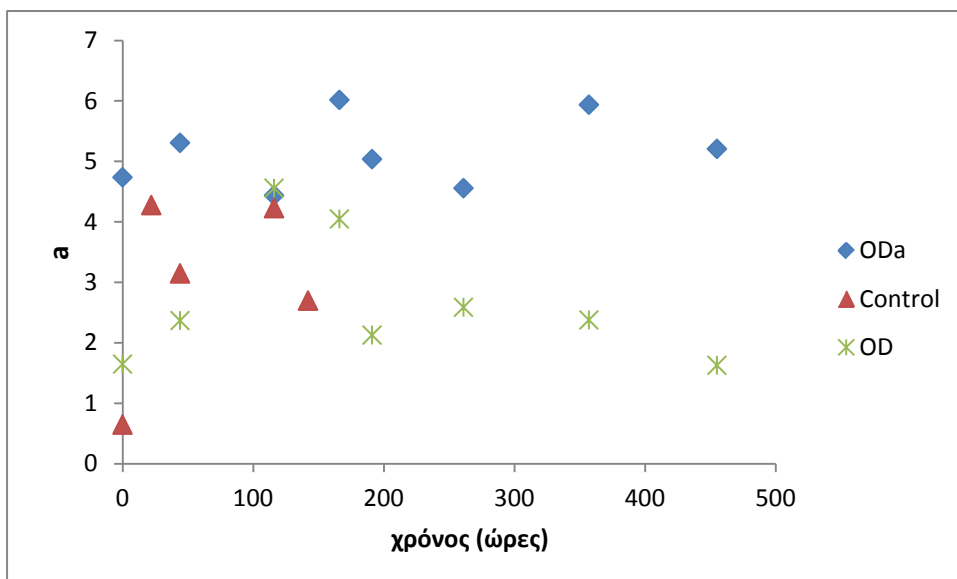
Διάγραμμα 6.4.1: Μεταβολή της παραμέτρου α με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία 0°C.



Διάγραμμα 6.4.2: Μεταβολή της παραμέτρου α με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία 5°C.



Διάγραμμα 6.4.3: Μεταβολή της παραμέτρου α με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία 10°C.

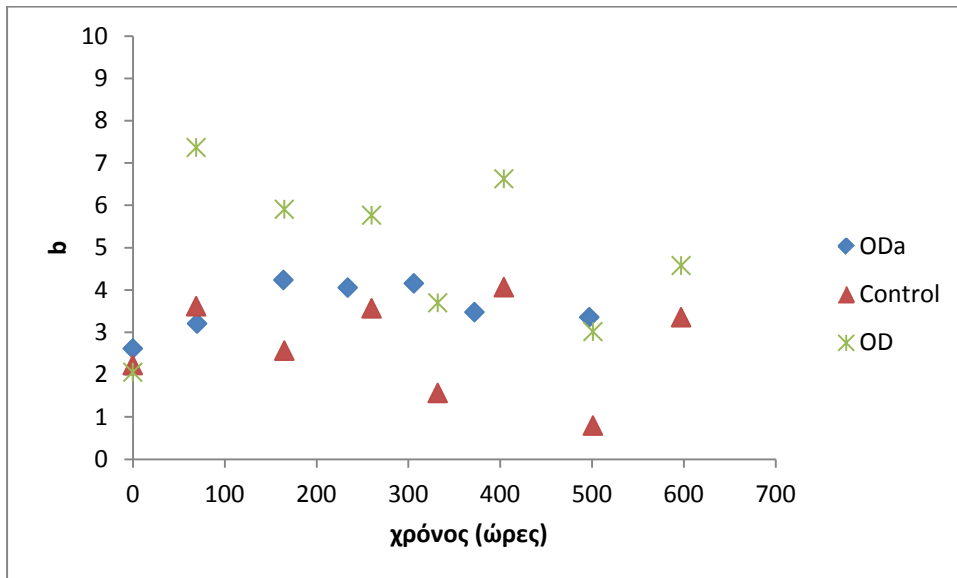


Διάγραμμα 6.4.4: Μεταβολή της παραμέτρου α με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία 15°C.

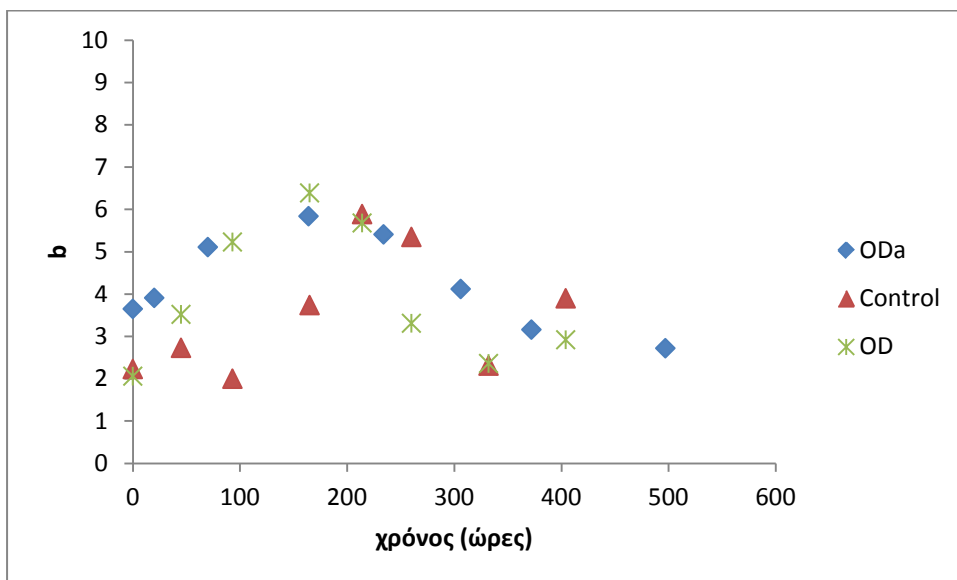
6.4.2 Μέτρηση της μεταβολής της παραμέτρου χρώματος b (κίτρινο χρώμα)

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η παράμετρος b δεν αποτελεί παράμετρο που χαρακτηρίζει την ποιότητα του φιλέτου στήθους

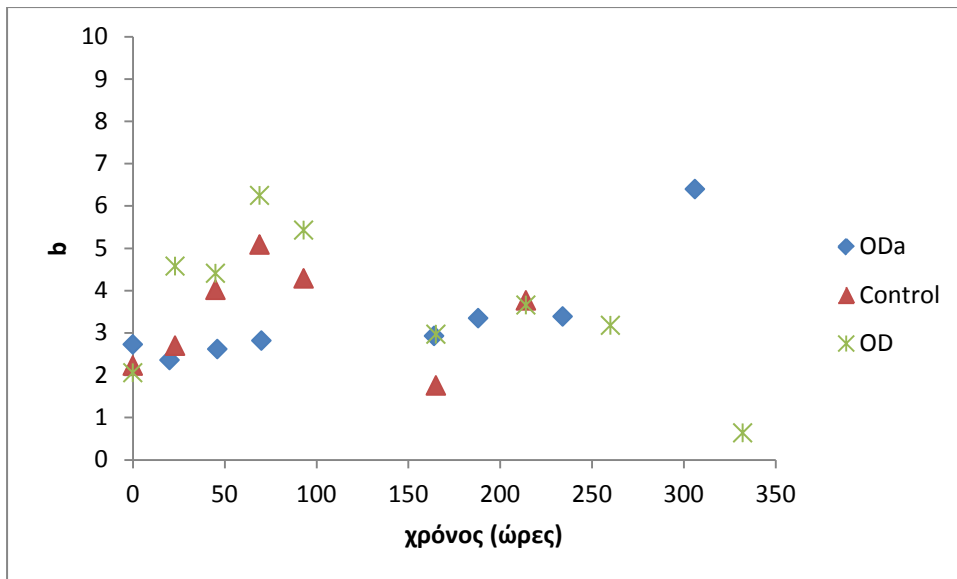
κοτόπουλου. Στη συνέχεια παρατίθεται τα διαγράμματα μεταβολής της παραμέτρου b με τον χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασίες αποθήκευσης 0, 5, 10 και 15°C.



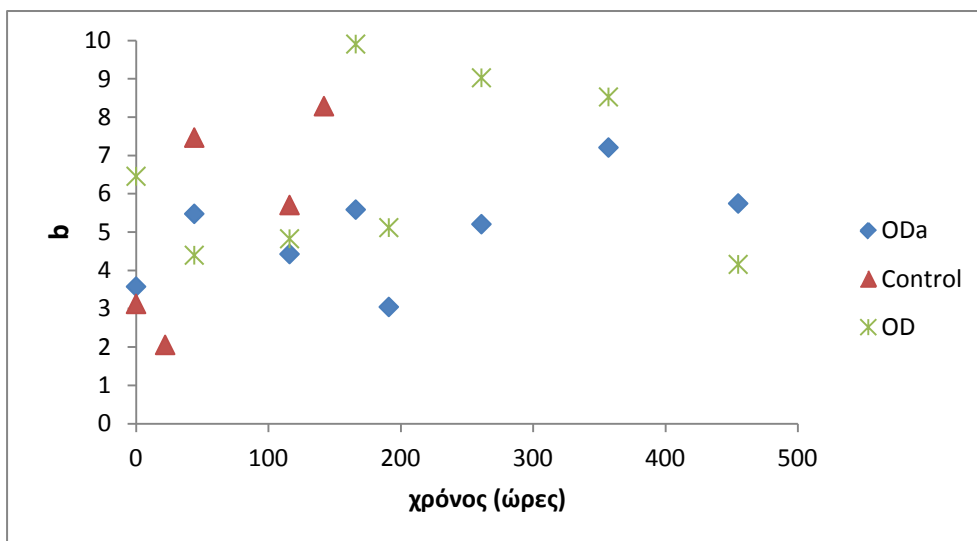
Διάγραμμα 6.4.5: Μεταβολή της παραμέτρου b με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 0°C.



Διάγραμμα 6.4.6: Μεταβολή της παραμέτρου b με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 5°C.



Διάγραμμα 6.4.7: Μεταβολή της παραμέτρου b με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 10°C.

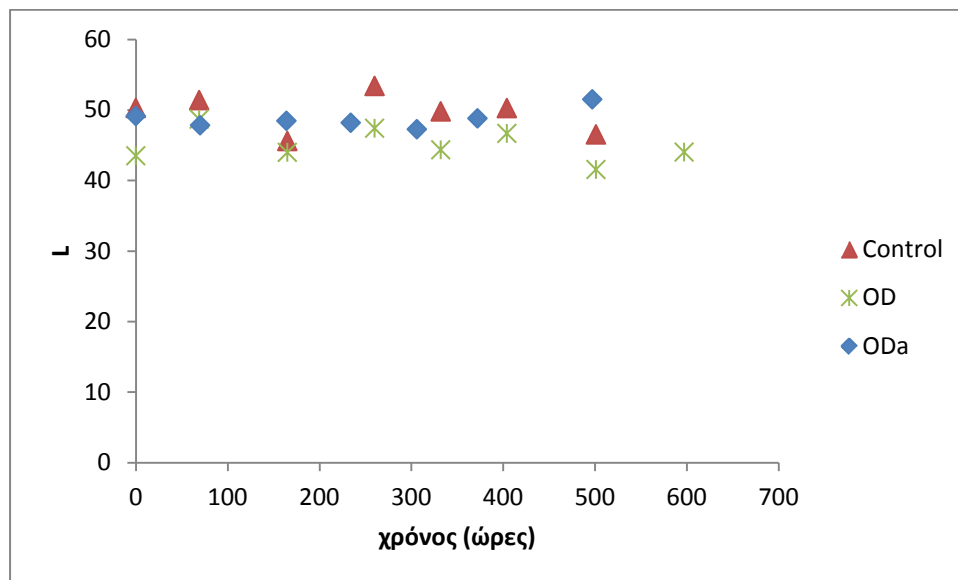


Διάγραμμα 6.4.8: Μεταβολή της παραμέτρου b με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 15°C.

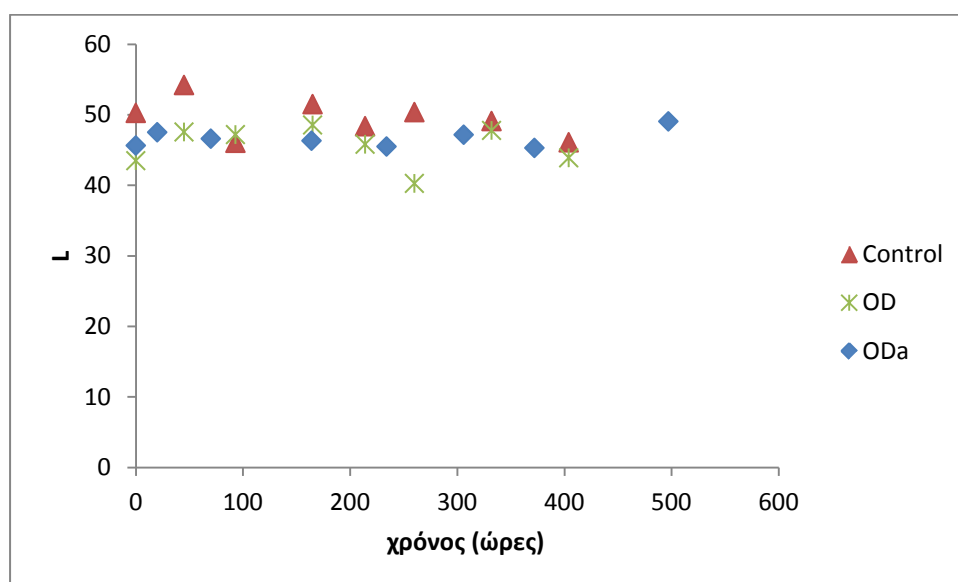
Από το διάγραμμα 6.4.1 παρατηρείται η αυξητική τάση του κίτρινου χρώματος στα δείγματα Control, OD και ODa.

6.4.3 Μέτρηση της μεταβολής της παραμέτρου χρώματος L (φωτεινότητα)

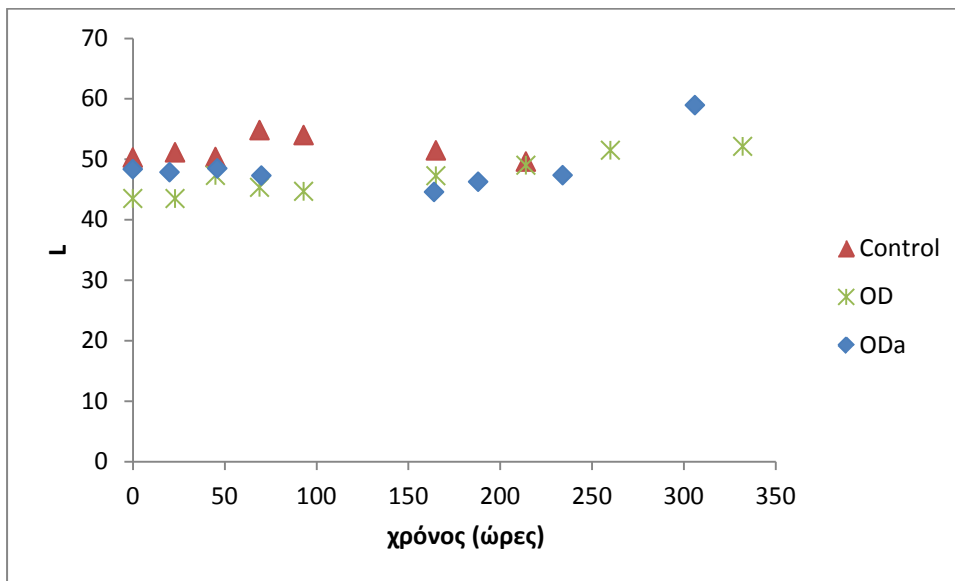
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα μεταβολής της φωτεινότητας με το χρόνο για τα δείγματα Control, OD και ODa σε θερμοκρασίες αποθήκευσης 0, 5, 10 και 15°C.



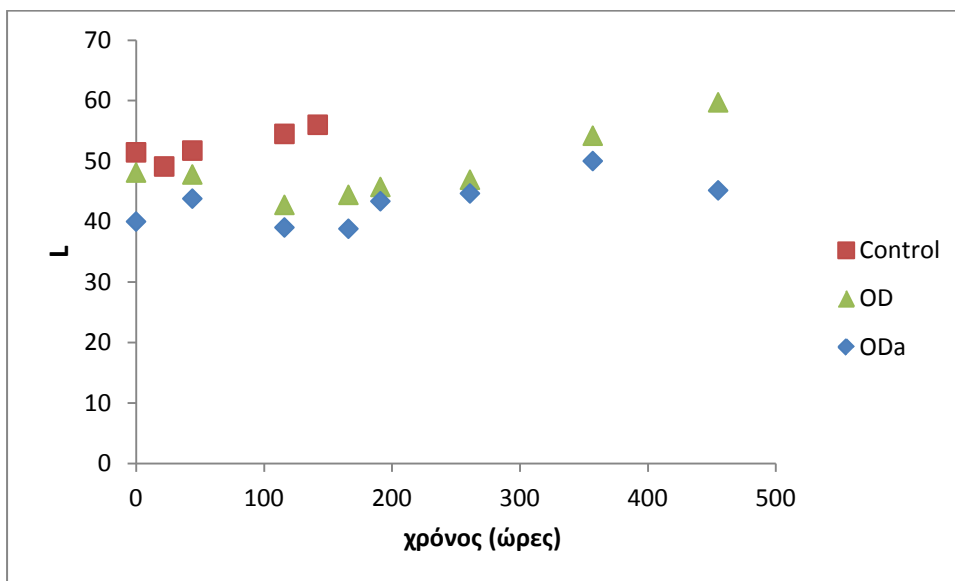
Διάγραμμα 6.4.9: Μεταβολή της παραμέτρου L με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 0°C.



Διάγραμμα 6.4.10: Μεταβολή της παραμέτρου L με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 5°C.



Διάγραμμα 6.4.11: Μεταβολή της παραμέτρου L με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 10°C.



Διάγραμμα 6.4.12: Μεταβολή της παραμέτρου L με το χρόνο, των δειγμάτων Control, OD και ODa σε θερμοκρασία αποθήκευσης 15°C.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι με εξαίρεση τα δείγματα Control, OD και ODa σε θερμοκρασία 15°C (διάγραμμα 6.4.12), στα οποία παρατηρείται αύξηση της φωτεινότητας με την πάροδο του χρόνου, τα δείγματα τα οποία έχουν συντηρηθεί στις θερμοκρασίες 0, 5, 10°C, διατηρούν τη φωτεινότητά τους, ενώ οι

μικρές διαφοροποιήσεις κατά τη διάρκεια της διατήρησης βρίσκονται εντός της τυπικής απόκλισης των μετρήσεων και αποδίδονται στη διαφορετικότητα των δειγμάτων.

6.5 Οργανοληπτικός έλεγχος

Τα επιμέρους οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων φιλέτου στήθους κοτόπουλου επεξεργασμένων και μη μελετήθηκαν με εφαρμογή οργανοληπτικών δοκιμών, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδοι. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δίδονται αναλυτικά στα παρακάτω διαγράμματα. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στις απαντήσεις σχετικά με τη συνολική εντύπωση του προϊόντος, από όπου προέκυψε η διατηρησιμότητα των δειγμάτων. Ως κρίσιμη βαθμολογία τέθηκε η τιμή 6.

Η μεταβολή των οργανοληπτικών παραμέτρων των φιλέτων στήθους κοτόπουλου με τον χρόνο διατήρησης, περιγράφεται ικανοποιητικά με κινητική μηδενικές τάξης σύμφωνα με την εξίσωση που ακολουθεί

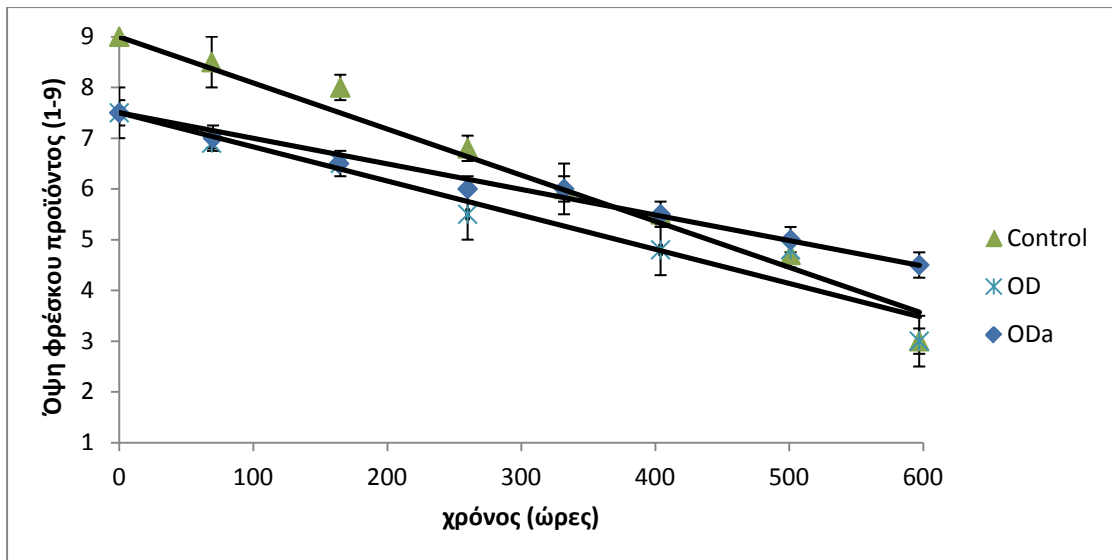
$$s = -k_s t + s_0$$

όπου k_s είναι η σταθερά ρυθμού μείωσης της τιμής της βαθμολόγησης για την εκάστοτε παράμετρο, s_0 και s είναι οι τιμές της βαθμολόγησης της μελετώμενης οργανοληπτικής παραμέτρου αρχικά και σε χρόνο t , αντίστοιχα.

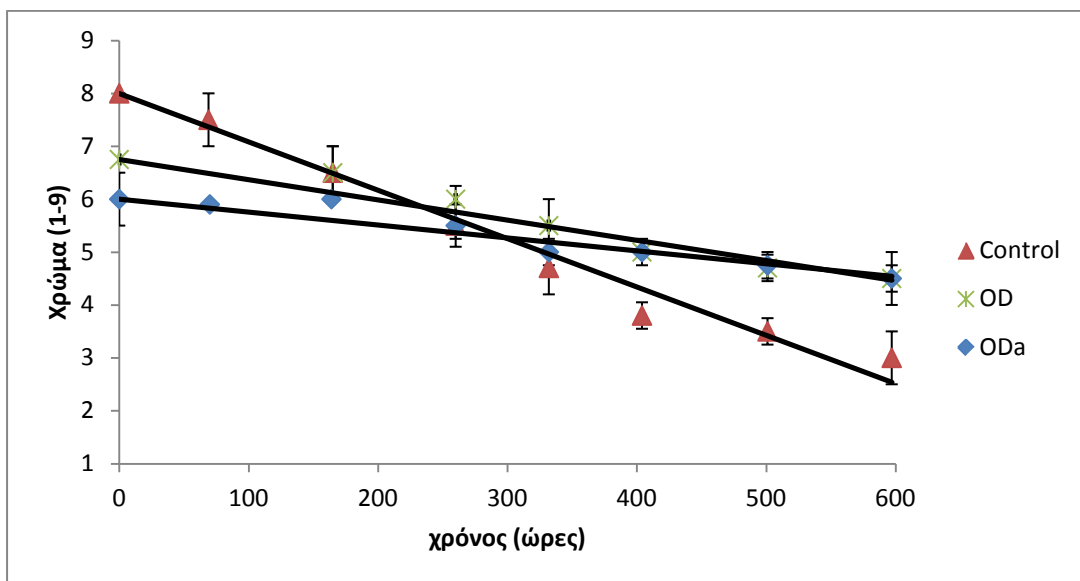
6.5.1 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε $T=0^{\circ}\text{C}$.

Νωπό προϊόν

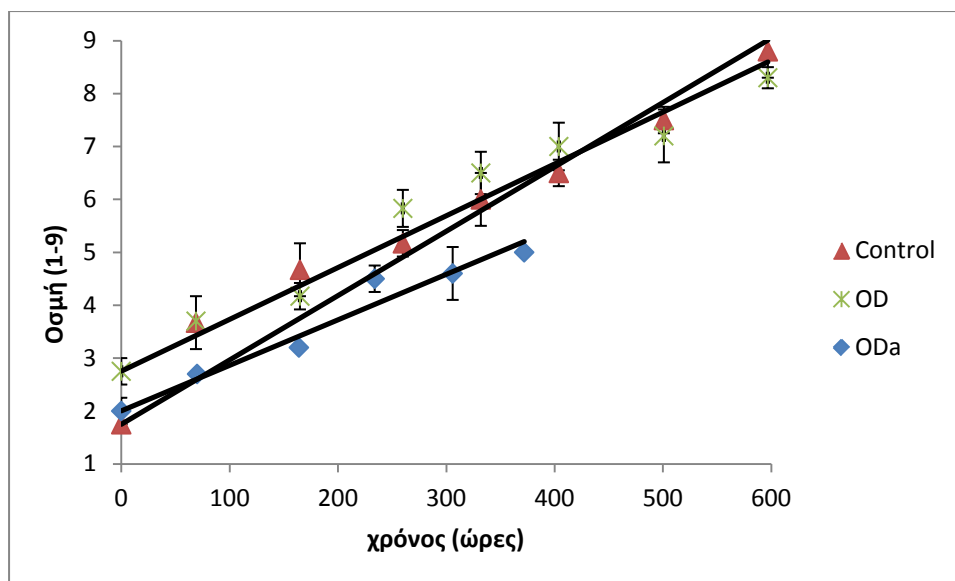
Στα διαγράμματα που ακολουθούν γίνεται εμφανής η επίδραση της ωσμωτικής προκατεργασίας με και χωρίς γλυκονο-δ-λακτόνη στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου για θερμοκρασία συντήρησης 0°C . Κατασκευάστηκαν διαγράμματα μεταβολής της όψης φρέσκου προϊόντος, του χρώματος και της οσμής των δειγμάτων.



Διάγραμμα 6.5.1: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς την όψη φρέσκου προϊόντος (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.2: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς το χρώμα (\pm τυπική απόκλιση).

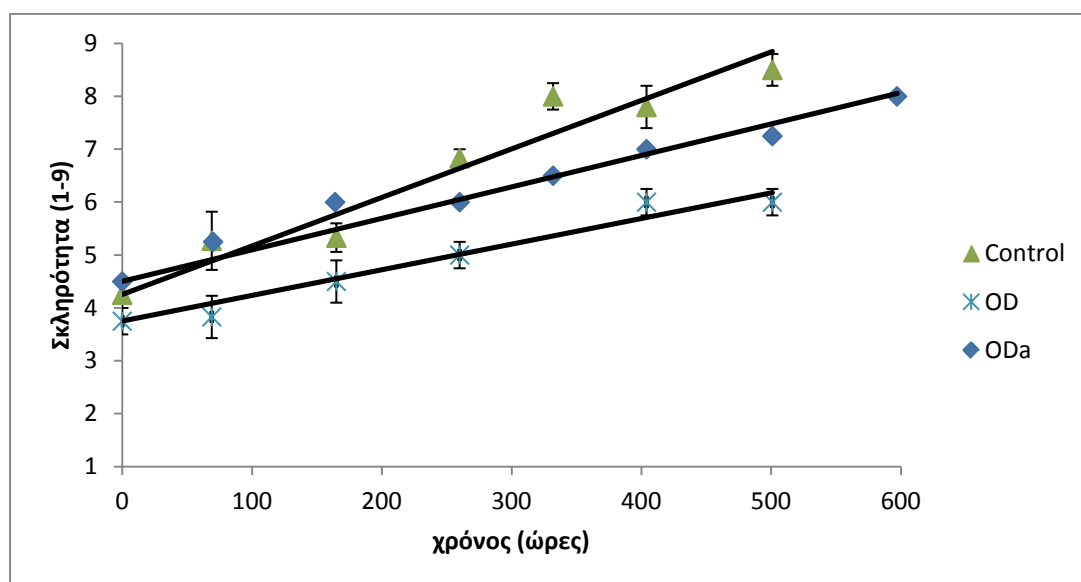


Διάγραμμα 6.5.3: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξεργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς την οσμή (\pm τυπική απόκλιση).

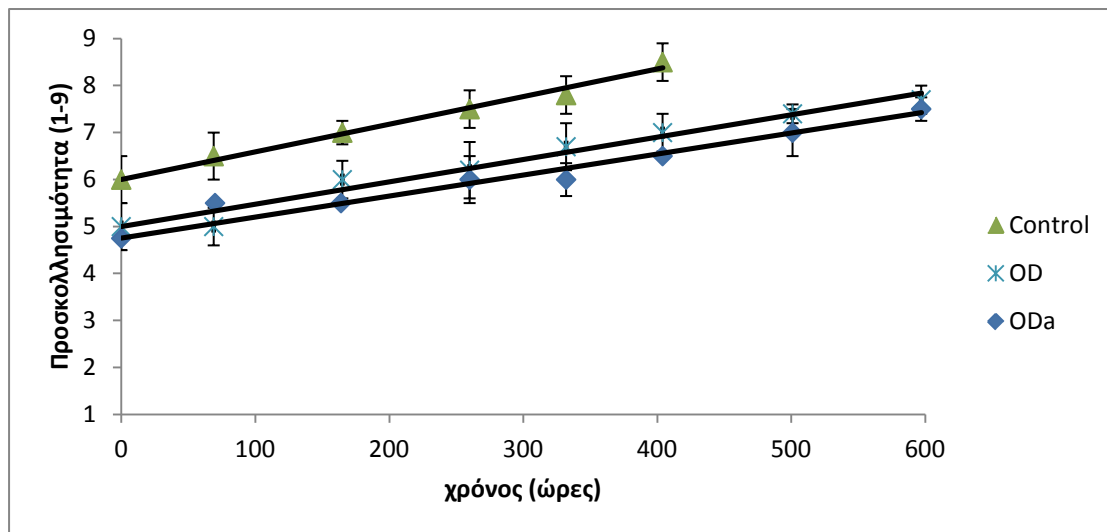
Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.1, παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος των Control δειγμάτων, είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στο ρυθμό υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, πράγμα που σημαίνει ότι από την ωσμωτική επεξεργασία προέκυψαν δείγματα με χαμηλότερης ποιότητας όψη φρέσκου προϊόντος από τα μη επεξεργασμένα. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και για το χρώμα των δειγμάτων (διάγραμμα 6.5.2), ο ρυθμός υποβάθμισης του οποίου είναι μεγαλύτερος για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα OD και ODa δείγματα παρουσιάζει μικρή διαφορά. Ωστόσο, η αρχική τιμή αρέσκειας χρώματος είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα, γεγονός που δηλώνει ότι το χρώμα υποβαθμίστηκε κατά την ωσμωτική επεξεργασία. Τέλος, από το διάγραμμα 6.5.3 γίνεται εμφανής ο εντονότερος ρυθμός εμφάνισης ανεπιθύμητης οσμής για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα δείγματα OD και ODa παρουσιάζει μικρή διαφορά. Επιπλέον, με βάση τις αρχικές τιμές του χαρακτηριστικού αυτού, η ωσμωτική επεξεργασία προσέδωσε πιο έντονη οσμή στα αντίστοιχα δείγματα.

Μαγειρεμένο προϊόν

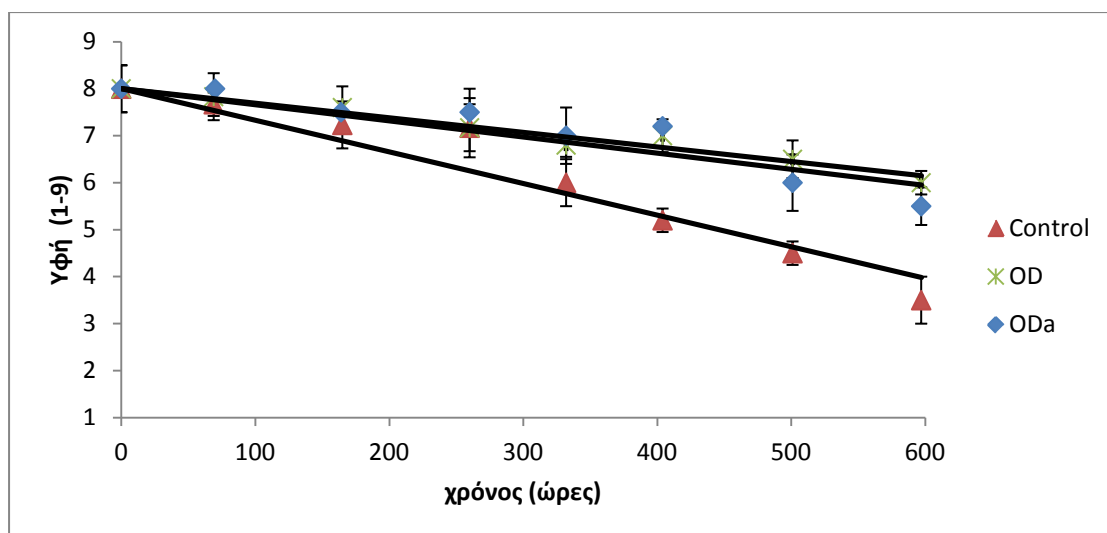
Στα διαγράμματα που ακολουθούν γίνεται εμφανής η επίδραση της ωσμωτικής προκατεργασίας με και χωρίς γλυκονο-δ-λακτόνη στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του μαγειρεμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου για θερμοκρασία συντήρησης 0°C. Κατασκευάστηκαν διαγράμματα μεταβολής της σκληρότητας, προσκολλησιμότητας, υφής, γεύσης, μετάγευσης και συνολικής εντύπωσης του μαγειρεμένου προϊόντος.



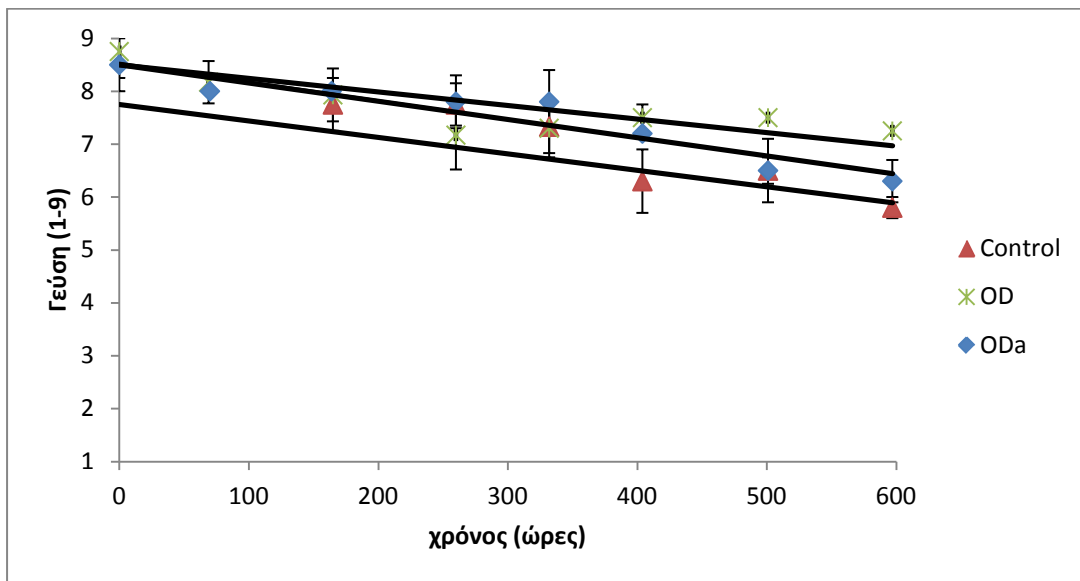
Διάγραμμα 6.5.4: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς τη σκληρότητα (\pm τυπική απόκλιση).



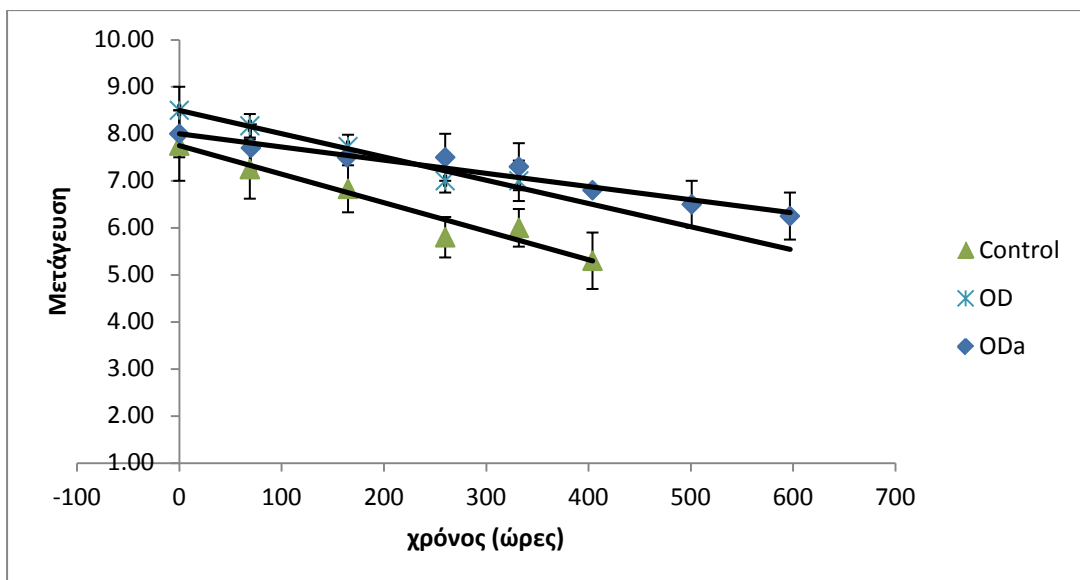
Διάγραμμα 6.5.5: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς την προσκολλησιμότητα (\pm τυπική απόκλιση).



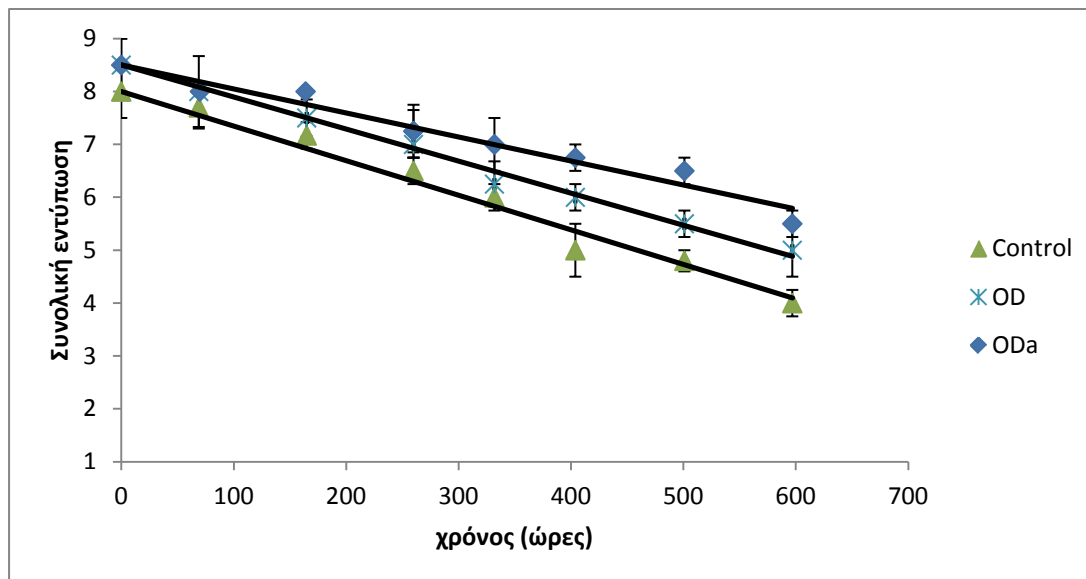
Διάγραμμα 6.5.6: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς την υφή (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.7: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς τη γεύση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.8: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς τη μετάγευση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.9: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 0°C ως προς τη συνολική εντύπωση (\pm τυπική απόκλιση).

Με βάση το διάγραμμα 6.5.4 παρατηρείται ότι ο ρυθμός αύξησης της σκληρότητας των Control δειγμάτων είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στον ρυθμό αύξησης της σκληρότητας. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, πράγμα που σημαίνει ότι από την ωσμωτική επεξεργασία προέκυψαν δείγματα μικρότερης σκληρότητας. Στη συνέχεια, από το διάγραμμα 6.5.5 προκύπτει ότι ο ρυθμός αύξησης της προσκολλησιμότητας και για τα τρία είδη δειγμάτων εμφανίζει ελάχιστη διαφορά.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.6, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της υφής των Control δειγμάτων είναι εντονότερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, ενώ οι αρχικές τους τιμές συμπίπτουν. Έπειτα, με βάση το διάγραμμα 6.5.7 προκύπτει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της γεύσης και για τα τρία είδη δειγμάτων, παρουσιάζει ελάχιστη διαφορά. Ωστόσο, τα OD και ODa δείγματα εμφανίζουν υψηλότερη αρχική τιμή γεύσης συγκριτικά με τα Control, γεγονός που δηλώνει ότι η ωσμωτική επεξεργασία κατέστησε τα δείγματα πιο εύγευστα.

Από το διάγραμμα 6.5.8 παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της μετάγευσης παρουσιάζει μικρή διαφορά και για τους τρεις τύπους δειγμάτων, με χαμηλότερη

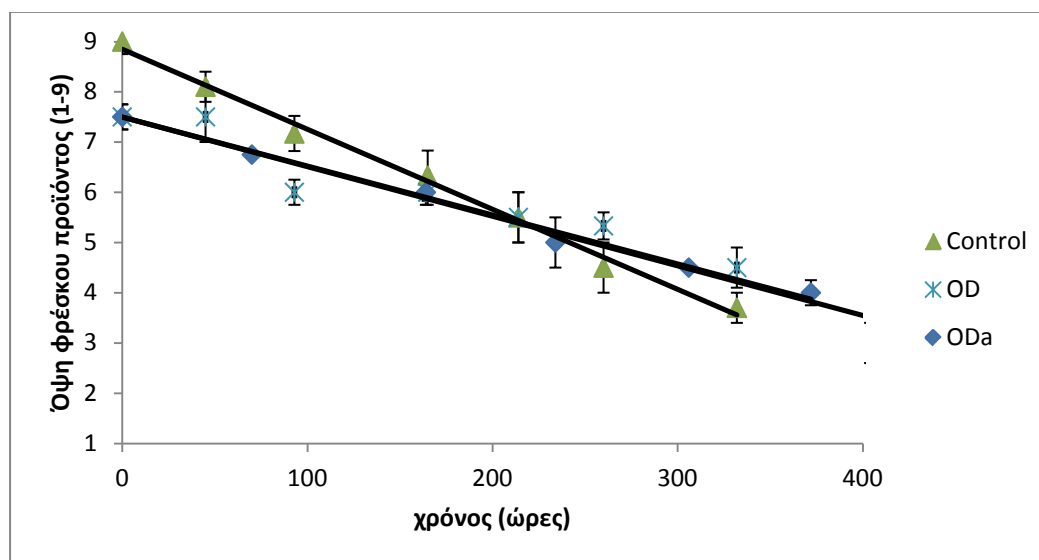
αρχική τιμή του χαρακτηριστικού για τα Control δείγματα. Επιπλέον, παρατηρείται μία ελαφρώς μικρότερη αρχική τιμή για τα ODa δείγματα σε σχέση με τα OD, η οποία αποδίδεται στην ανεπαίσθητα ξινή γεύση λόγω παρουσίας της γλυκονο-δ-λακτόνης. Τέλος, ο ρυθμός υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης (διάγραμμα 6.5.9) είναι παραπλήσιος και για τα τρία είδη δειγμάτων, με τα OD και ODa δείγματα να παρουσιάζουν υψηλότερη αρχική τιμή συγκριτικά με τα Control δείγματα.

Πίνακας 6.7.1: Χρόνος ζωής των Control, OD και ODa δειγμάτων στους 0°C (όριο Συνολικής εντύπωσης=6)

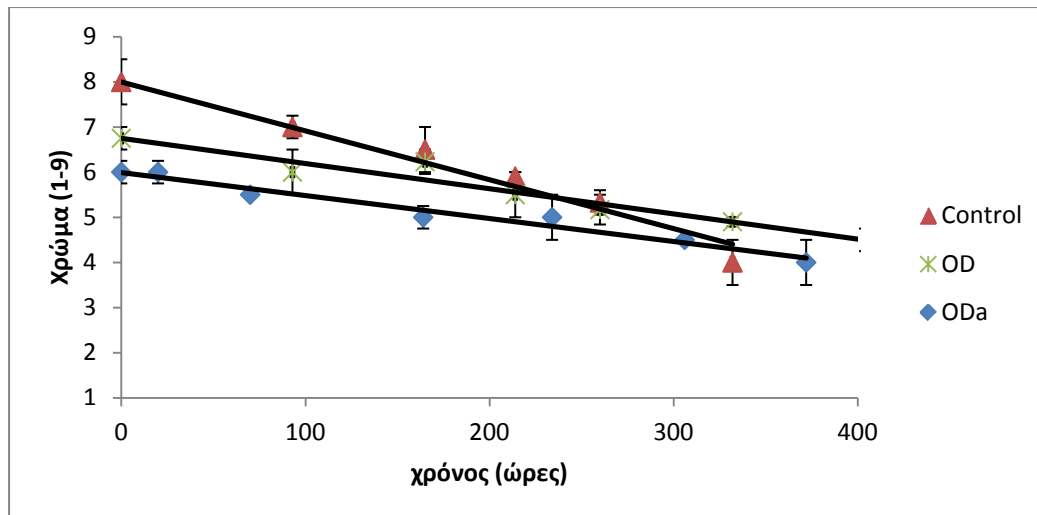
Θερμοκρασία (°C)	Control	OD	ODa
0	13	17	19

6.5.2 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε T=5°C.

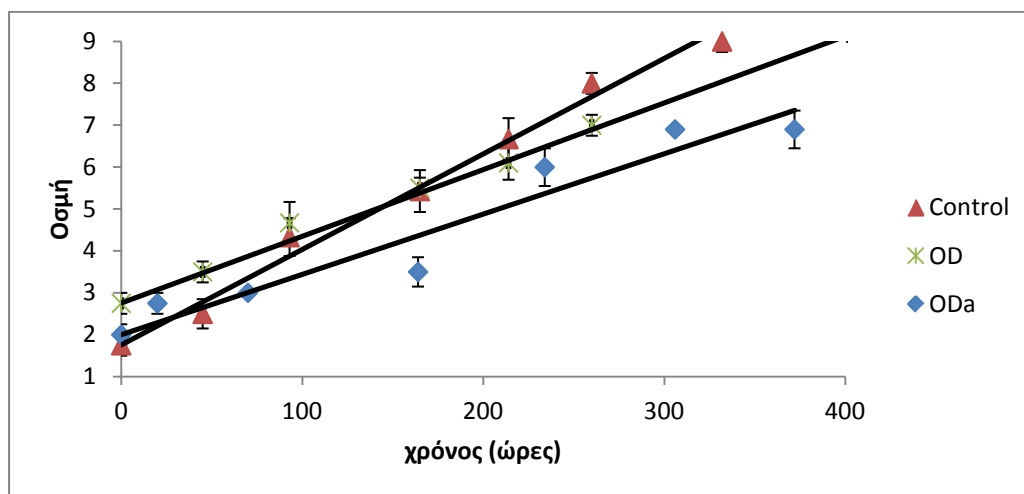
Νωπό προϊόν



Διάγραμμα 6.5.10: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς την όψη φρέσκου προϊόντος (± τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.11: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς το χρώμα (\pm τυπική απόκλιση).

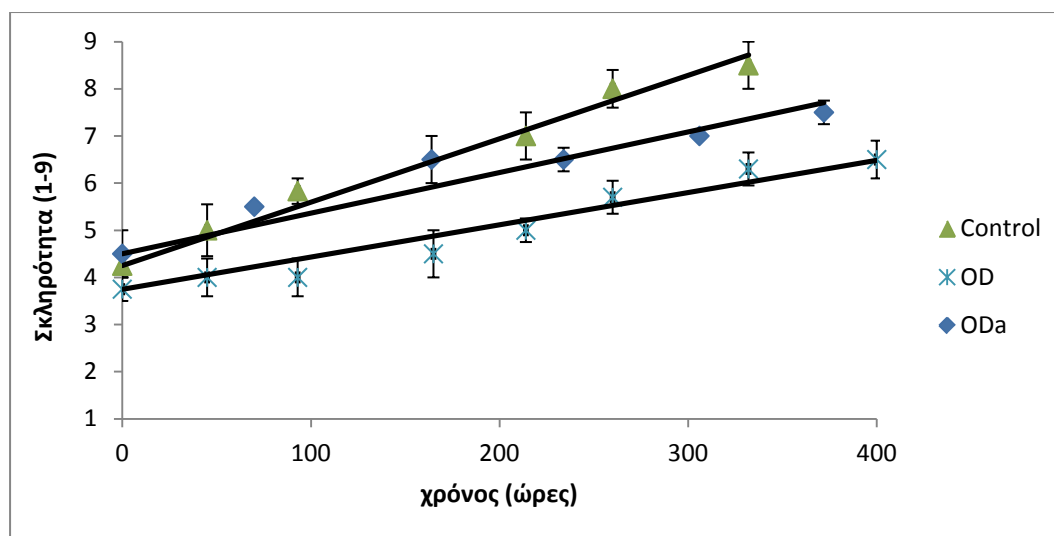


Διάγραμμα 6.5.12: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς την οσμή (\pm τυπική απόκλιση).

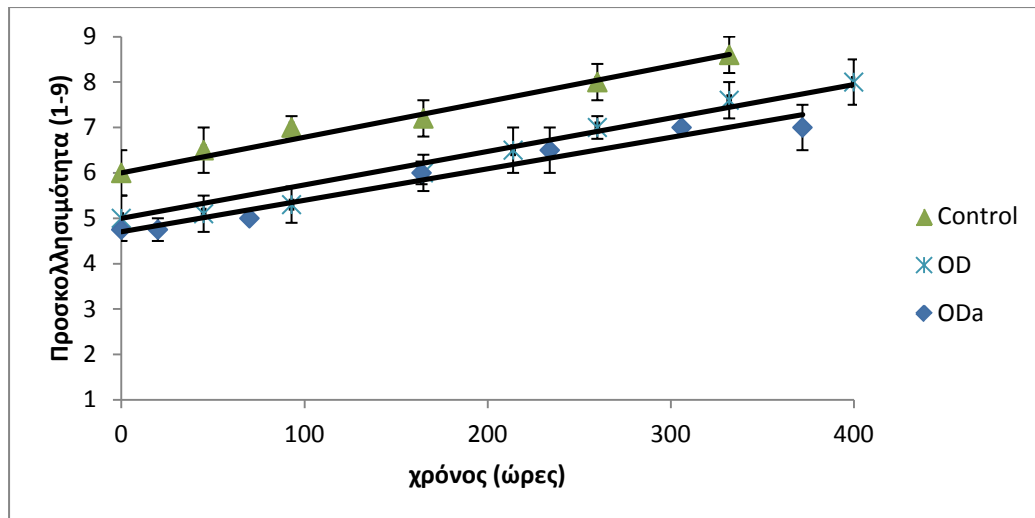
Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.10, παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος των Control δειγμάτων, είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στο ρυθμό υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa,

πράγμα που σημαίνει ότι από την ωσμωτική επεξεργασία προέκυψαν δείγματα με χαμηλότερης ποιότητας όψη φρέσκου προϊόντος από τα μη επεξεργασμένα. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και για το χρώμα των δειγμάτων (διάγραμμα 6.5.11), ο ρυθμός υποβάθμισης του οποίου είναι μεγαλύτερος για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα OD και ODa δείγματα παρουσιάζει μικρή διαφορά. Ωστόσο, η αρχική τιμή αρέσκειας χρώματος είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα, γεγονός που δηλώνει ότι το χρώμα υποβαθμίστηκε κατά την ωσμωτική επεξεργασία. Τέλος, από το διάγραμμα 6.5.12 γίνεται εμφανής ο εντονότερος ρυθμός εμφάνισης ανεπιθύμητης οσμής για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα δείγματα OD και ODa παρουσιάζει μικρή διαφορά. Επιπλέον, με βάση τις αρχικές τιμές του χαρακτηριστικού αυτού, η ωσμωτική επεξεργασία προσέδωσε πιο έντονη οσμή στα αντίστοιχα δείγματα.

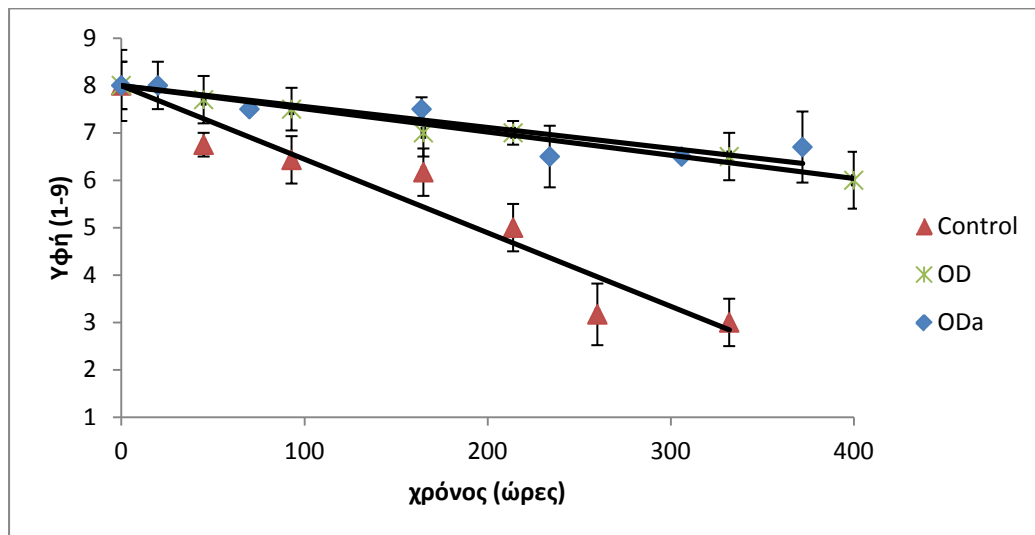
Μαγειρεμένο προϊόν



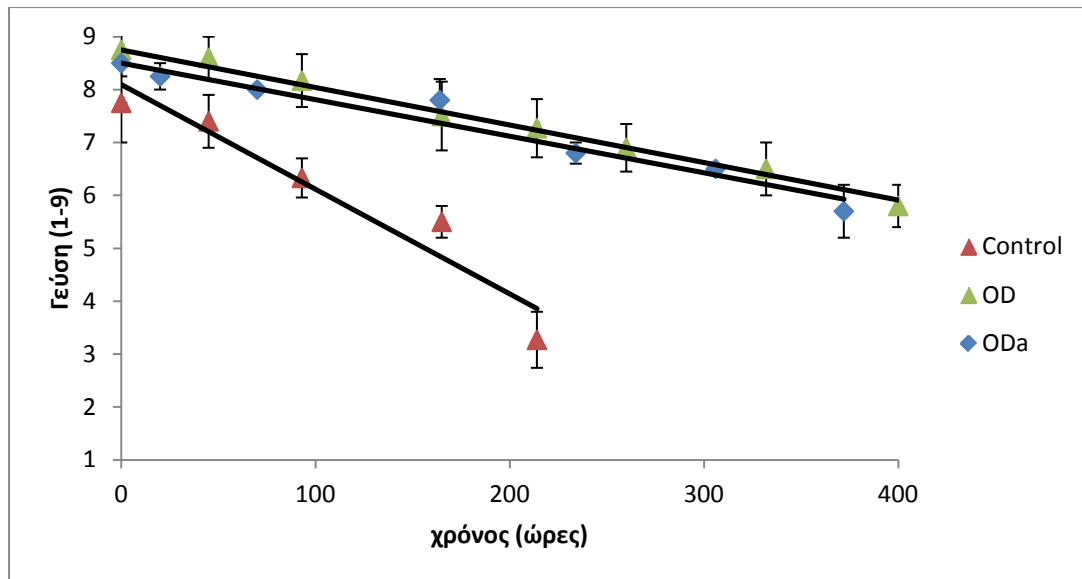
Διάγραμμα 6.5.13: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς τη σκληρότητα (\pm τυπική απόκλιση).



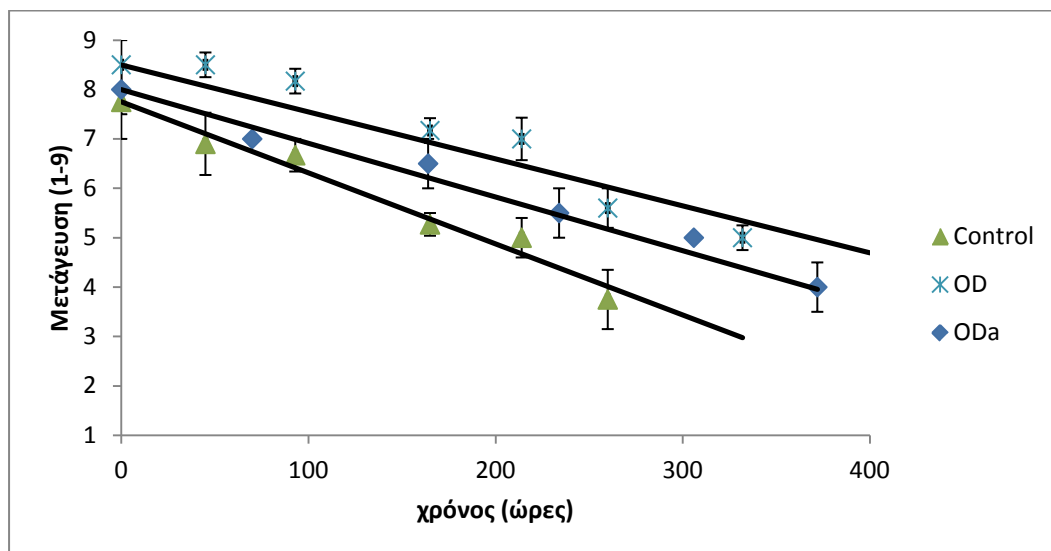
Διάγραμμα 6.5.14: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς την προσκολλησιμότητα (\pm τυπική απόκλιση).



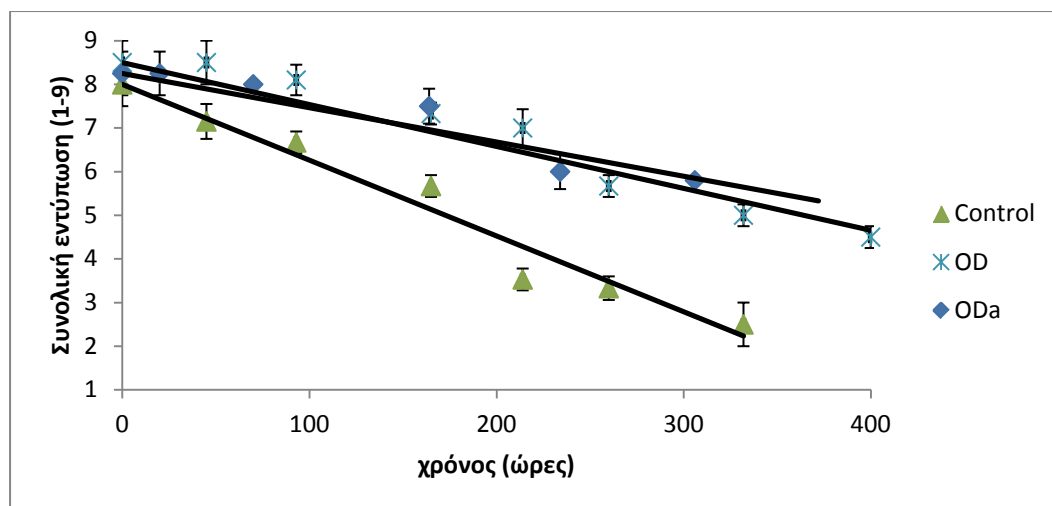
Διάγραμμα 6.5.15: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς την υφή (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.16: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς τη γεύση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.17: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς τη μετάγευση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.18: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 5°C ως προς τη συνολική εντύπωση (\pm τυπική απόκλιση).

Με βάση το διάγραμμα 6.5.13 παρατηρείται ότι ο ρυθμός αύξησης της σκληρότητας των Control δειγμάτων είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στον ρυθμό αύξησης της σκληρότητας. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι παραπλήσια για τα Control, OD και ODa δείγματα. Στη συνέχεια, από το διάγραμμα 6.5.14 προκύπτει ότι ο ρυθμός αύξησης της προσκολλησιμότητας και για τα τρία είδη δειγμάτων εμφανίζει ελάχιστη διαφορά.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.15, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της υφής των Control δειγμάτων είναι εντονότερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, ενώ οι αρχικές τους τιμές συμπίπτουν. Έπειτα, με βάση το διάγραμμα 6.5.16 προκύπτει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της γεύσης για τα Control δείγματα είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα. Ωστόσο, τα OD και ODa δείγματα εμφανίζουν υψηλότερη αρχική τιμή γεύσης συγκριτικά με τα Control, γεγονός που δηλώνει ότι η ωσμωτική επεξεργασία κατέστησε τα δείγματα πιο εύγευστα.

Από το διάγραμμα 6.5.17 παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της μετάγευσης παρουσιάζει μικρή διαφορά και για τους τρεις τύπους δειγμάτων, με χαμηλότερη αρχική τιμή του χαρακτηριστικού για τα Control δείγματα. Επιπλέον, παρατηρείται μία ελαφρώς μικρότερη αρχική τιμή για τα ODa δείγματα σε σχέση με τα OD, η οποία αποδίδεται στην ανεπαίσθητα ξινή γεύση λόγω παρουσίας της γλυκονο-δ-λακτόνης. Τέλος, ο ρυθμός υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης (διάγραμμα 6.5.18) για τα Control δείγματα είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τα OD

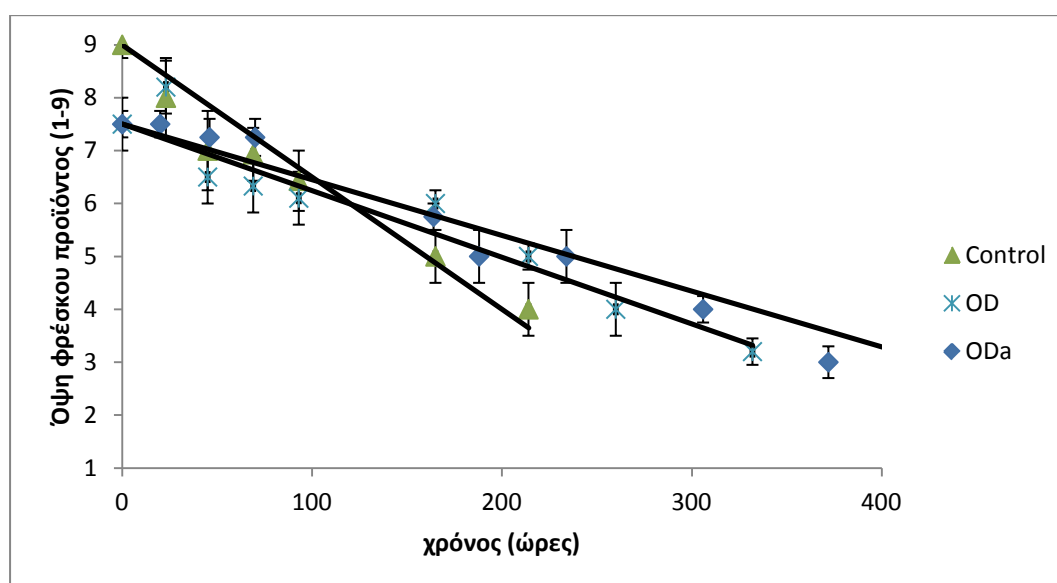
και ODa δείγματα, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά ως προς τον ρυθμό. Ωστόσο, τα OD και ODa δείγματα παρουσιάζουν υψηλότερη αρχική τιμή συνολικής εντύπωσης.

Πίνακας 6.7.2: Χρόνος ζωής των Control, OD και ODa δειγμάτων στους 5°C (όριο Συνολικής εντύπωσης=6)

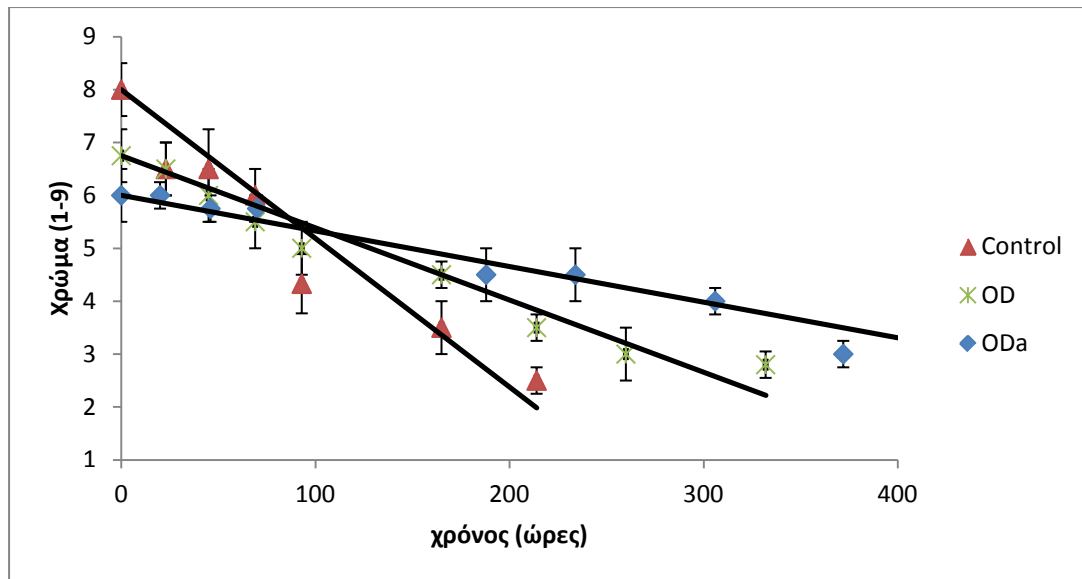
Θερμοκρασία (°C)	Control	OD	ODa
5	5	8	11

6.5.3 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε T=10°C.

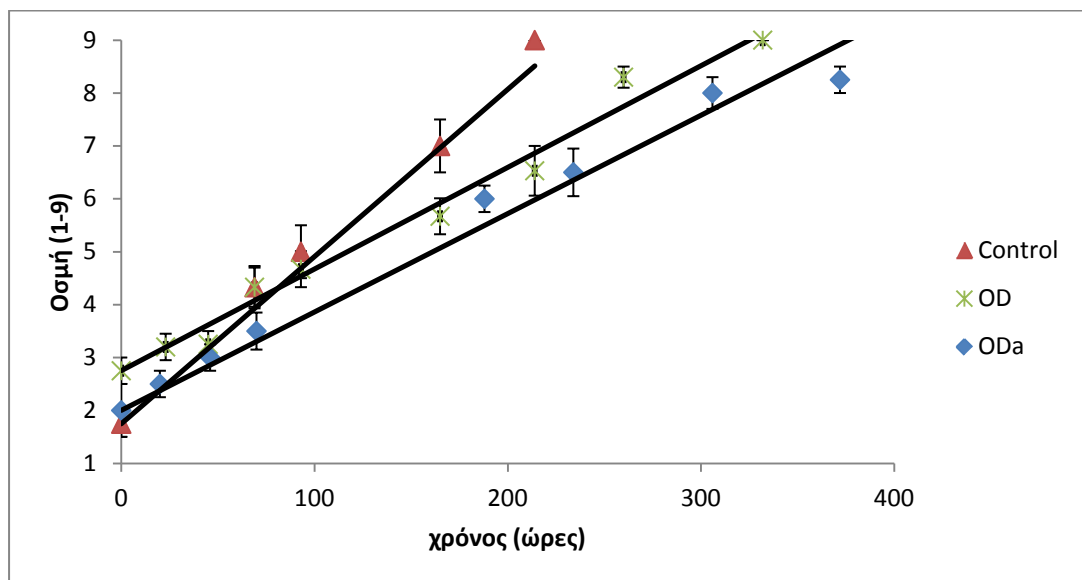
Νωπό προϊόν



Διάγραμμα 6.5.18: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς την όψη φρέσκου προϊόντος (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.19: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς το χρώμα (\pm τυπική απόκλιση).

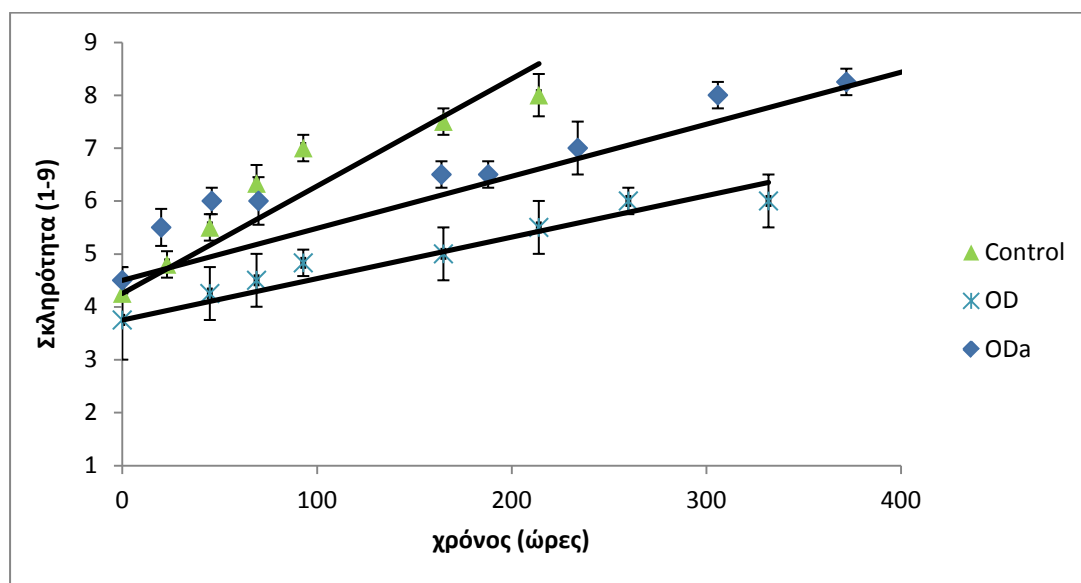


Διάγραμμα 6.5.20: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς την οσμή (\pm τυπική απόκλιση).

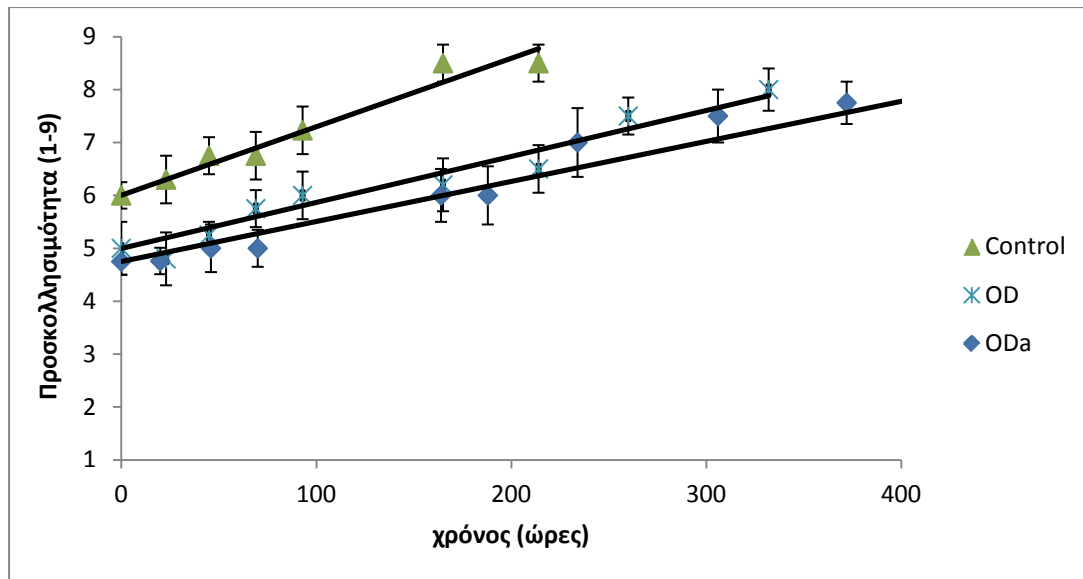
Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.18, παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος των Control δειγμάτων, είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με

εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στο ρυθμό υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, πράγμα που σημαίνει ότι από την ωσμωτική επεξεργασία προέκυψαν δείγματα με χαμηλότερης ποιότητας όψη φρέσκου προϊόντος από τα μη επεξεργασμένα. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και για το χρώμα των δειγμάτων (διάγραμμα 6.5.19), ο ρυθμός υποβάθμισης του οποίου είναι μεγαλύτερος για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα OD και ODa δείγματα παρουσιάζει μικρή διαφορά. Ωστόσο, η αρχική τιμή αρέσκειας χρώματος είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα, γεγονός που δηλώνει ότι το χρώμα υποβαθμίστηκε κατά την ωσμωτική επεξεργασία. Τέλος, από το διάγραμμα 6.5.20 γίνεται εμφανής ο εντονότερος ρυθμός εμφάνισης ανεπιθύμητης οσμής για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα δείγματα OD και ODa παρουσιάζει μικρή διαφορά. Επιπλέον, με βάση τις αρχικές τιμές του χαρακτηριστικού αυτού, η ωσμωτική επεξεργασία προσέδωσε πιο έντονη οσμή στα αντίστοιχα δείγματα.

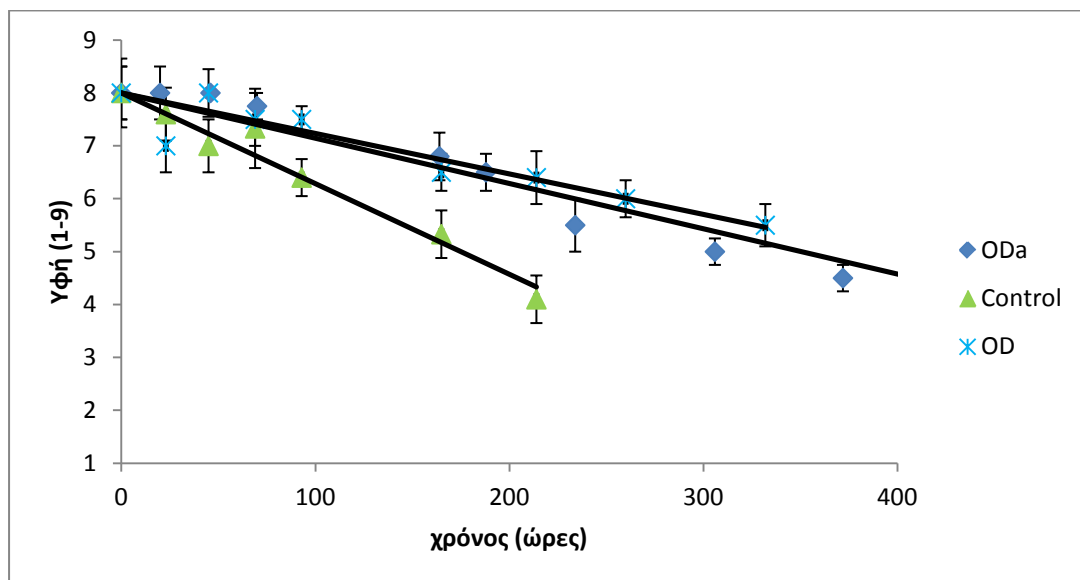
Μαγειρεμένο προϊόν



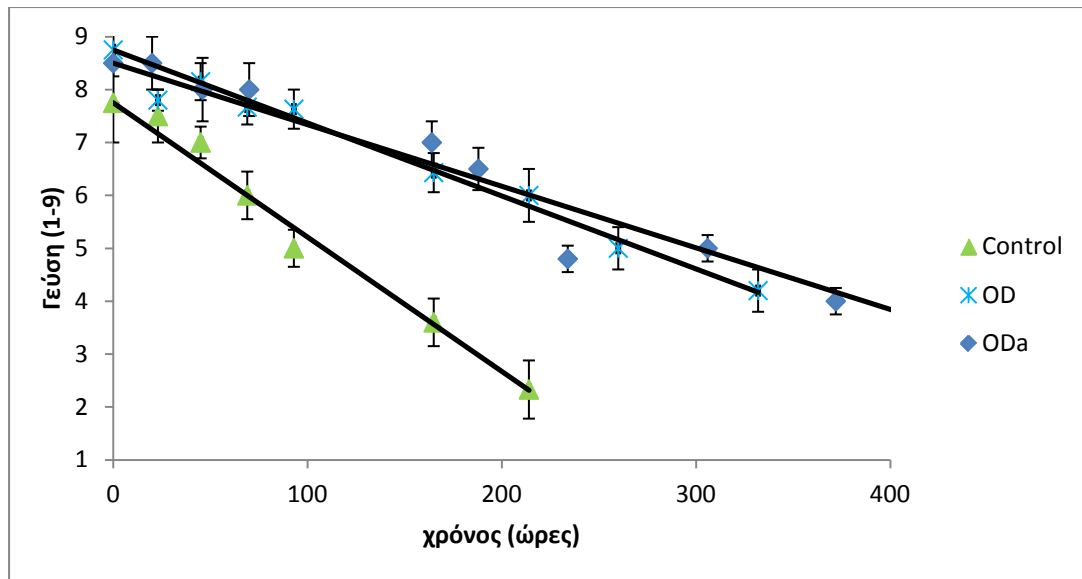
Διάγραμμα 6.5.21: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξεργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς τη σκληρότητα (\pm τυπική απόκλιση).



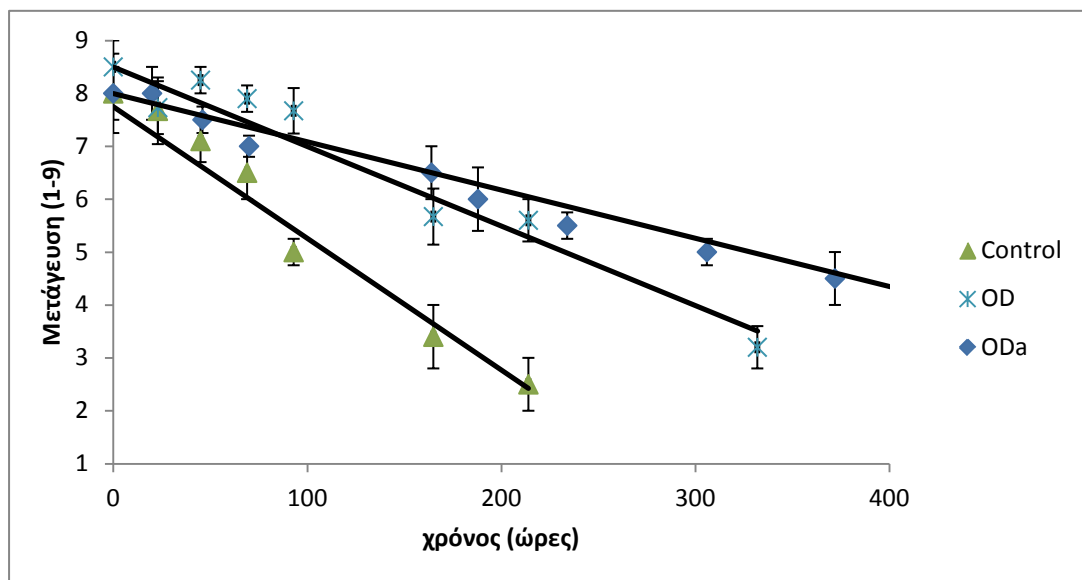
Διάγραμμα 6.5.22: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς την προσκολλησιμότητα (\pm τυπική απόκλιση).



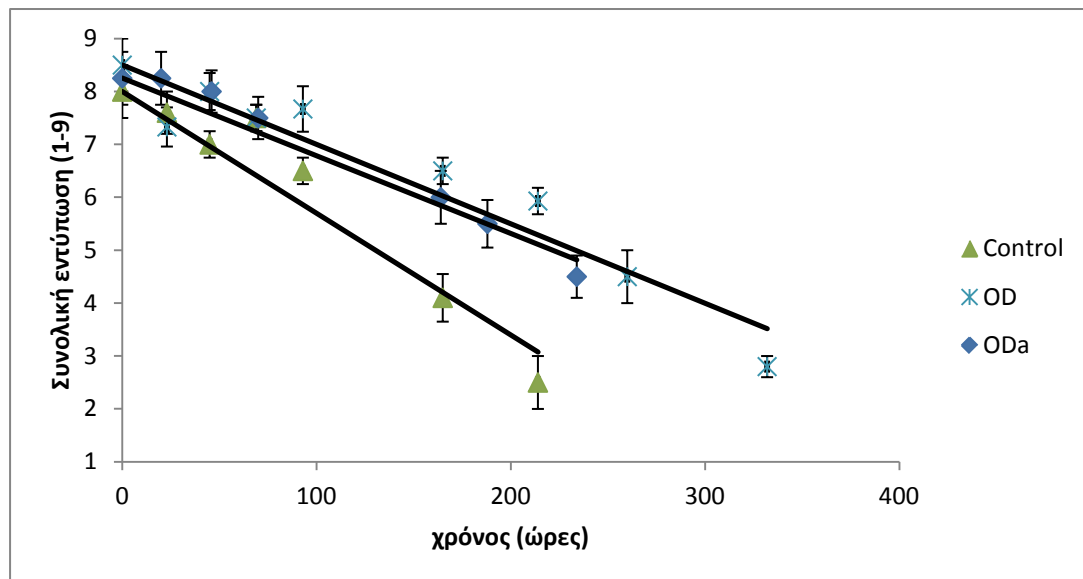
Διάγραμμα 6.5.23: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς την υφή (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.24: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς τη γεύση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.25: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς τη μετάγευση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.26: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 10°C ως προς τη συνολική εντύπωση (\pm τυπική απόκλιση).

Με βάση το διάγραμμα 6.5.21 παρατηρείται ότι ο ρυθμός αύξησης της σκληρότητας των Control δειγμάτων είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στον ρυθμό αύξησης της σκληρότητας. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι παραπλήσια για τα Control, OD και ODa δείγματα. Στη συνέχεια, από το διάγραμμα 6.5.22 προκύπτει ότι ο ρυθμός αύξησης της προσκολλησιμότητας και για τα τρία είδη δειγμάτων εμφανίζει ελάχιστη διαφορά. Παρόλα αυτά, η αρχική τιμή της προσκολλησιμότητας για τα Control δείγματα, είναι υψηλότερη σε σχέση με εκείνη των OD και ODa δειγμάτων.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.23, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της υφής των Control δειγμάτων είναι εντονότερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, ενώ οι αρχικές τους τιμές συμπίπτουν. Έπειτα, με βάση το διάγραμμα 6.5.24 προκύπτει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της γεύσης για τα Control δείγματα είναι υψηλότερος σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα, των οποίων ο ρυθμός παρουσιάζει μικρή διαφορά. Ωστόσο, τα OD και ODa δείγματα εμφανίζουν υψηλότερη αρχική τιμή γεύσης συγκριτικά με τα Control, γεγονός που δηλώνει ότι η ωσμωτική επεξεργασία κατέστησε τα δείγματα πιο εύγευστα.

Από το διάγραμμα 6.5.25 παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της μετάγευσης για τα Control δείγματα είναι υψηλότερος σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα, των οποίων ο ρυθμός παρουσιάζει μικρή διαφορά. Επιπλέον,

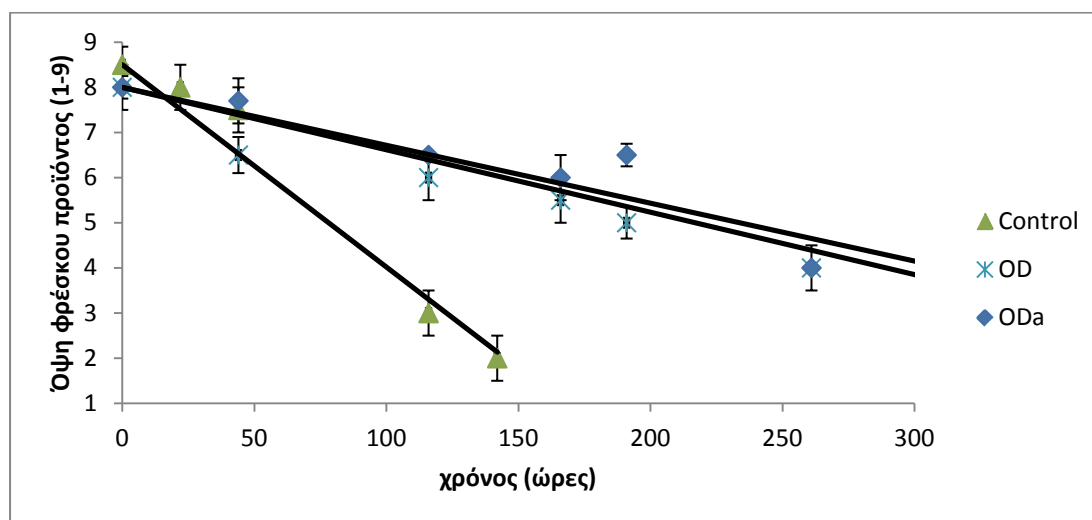
παρατηρείται μία ελαφρώς μικρότερη αρχική τιμή για τα ODa δείγματα σε σχέση με τα OD, η οποία αποδίδεται στην αμελητέα ξινή γεύση λόγω παρουσίας της γλυκονο-δ-λακτόνης. Τέλος, ο ρυθμός υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης (διάγραμμα 6.5.26) είναι εντονότερος για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα και παραπλήσιος για τα OD και ODa δείγματα, με τα τελευταία να παρουσιάζουν ελαφρώς υψηλότερη αρχική τιμή του χαρακτηριστικού συγκριτικά με τα Control δείγματα.

Πίνακας 6.7.3: Χρόνος ζωής των Control, OD και ODa δειγμάτων στους 10°C (όριο Συνολικής εντύπωσης=6)

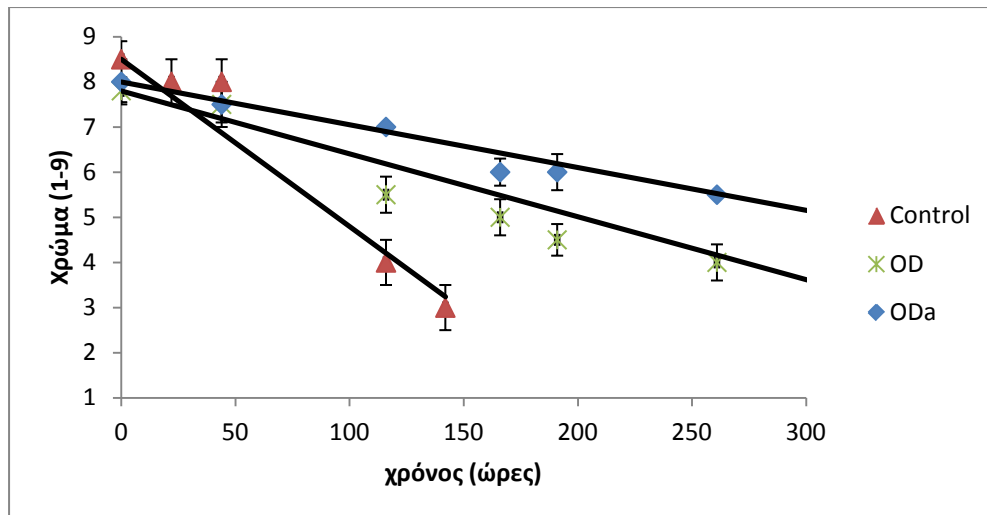
Θερμοκρασία (°C)	Control	OD	ODa
10	4	6	8

6.5.4 Οργανοληπτικός έλεγχος νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε T=15°C.

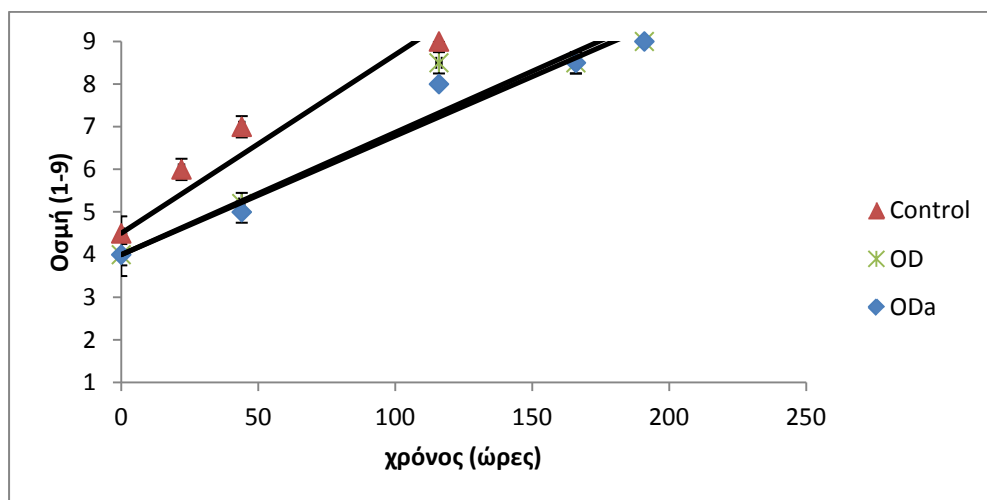
Νωπό προϊόν



Διάγραμμα 6.5.27: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς την όψη φρέσκου προϊόντος (± τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.28: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς το χρώμα (\pm τυπική απόκλιση).

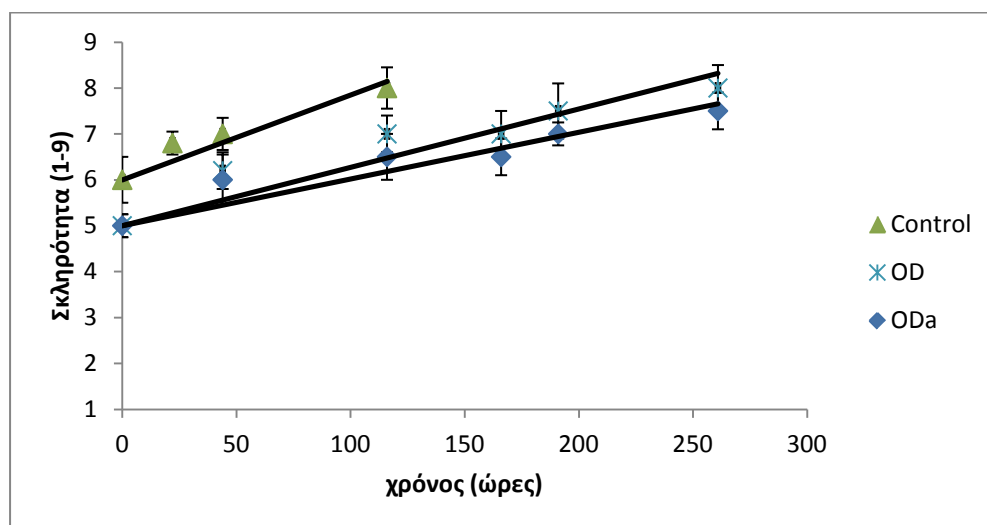


Διάγραμμα 6.5.29: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς την οσμή (\pm τυπική απόκλιση).

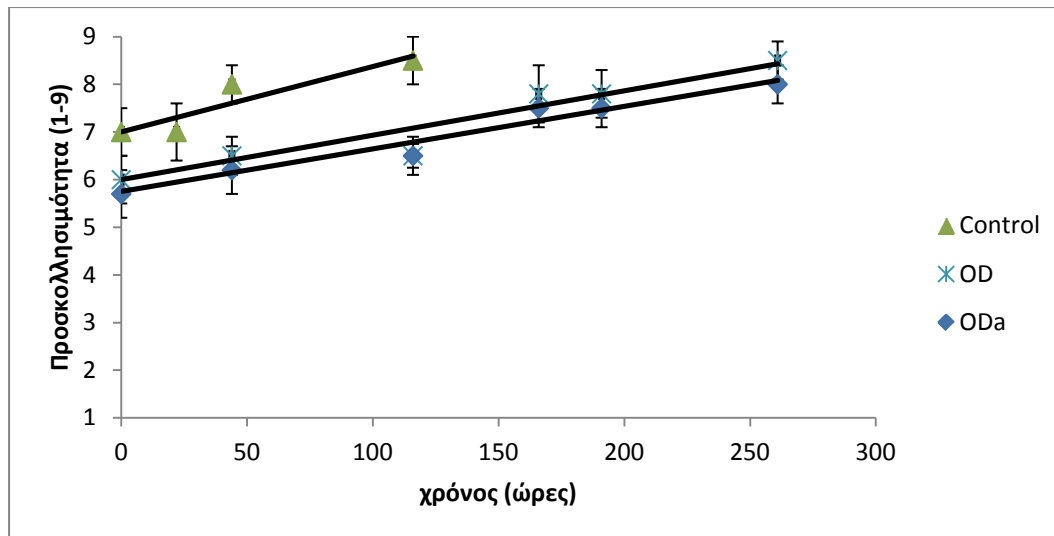
Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.27, παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος των Control δειγμάτων, είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στο ρυθμό υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, πράγμα που σημαίνει ότι από την ωσμωτική επεξεργασία προέκυψαν δείγματα με

χαμηλότερης ποιότητας όψη φρέσκου προϊόντος από τα μη επεξεργασμένα. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και για το χρώμα των δειγμάτων (διάγραμμα 6.5.28), ο ρυθμός υποβάθμισης του οποίου είναι μεγαλύτερος για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα OD και ODa δείγματα παρουσιάζει μικρή διαφορά. Ωστόσο, η αρχική τιμή αρέσκειας χρώματος είναι υψηλότερη για τα Control δείγματα, γεγονός που δηλώνει ότι το χρώμα υποβαθμίστηκε κατά την ωσμωτική επεξεργασία. Τέλος, από το διάγραμμα 6.5.29 γίνεται εμφανής ο εντονότερος ρυθμός εμφάνισης ανεπιθύμητης οσμής για τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa, ενώ για τα δείγματα OD και ODa παρουσιάζει μικρή διαφορά. Επιπλέον, με βάση τις αρχικές τιμές του χαρακτηριστικού αυτού, η ωσμωτική επεξεργασία προσέδωσε πιο έντονη οσμή στα αντίστοιχα δείγματα.

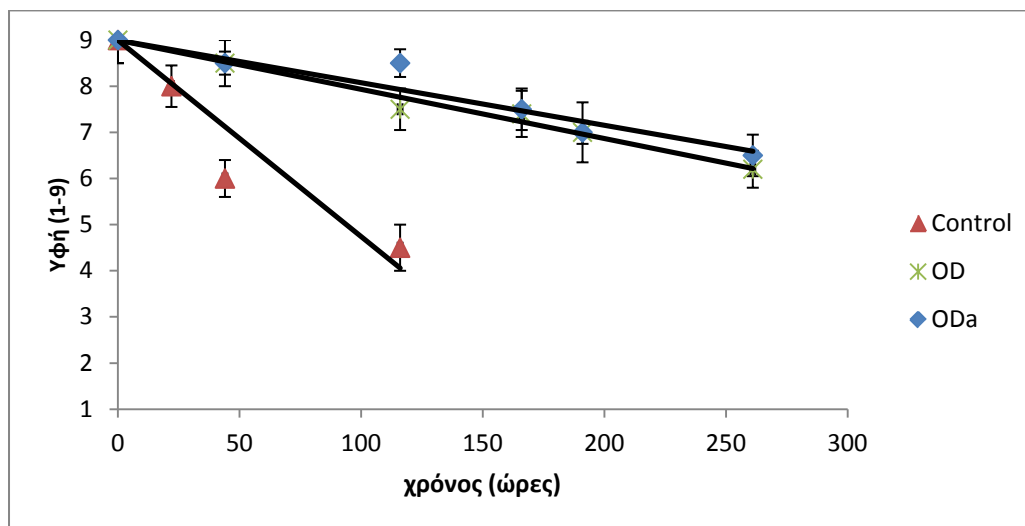
Μαγειρεμένο προϊόν



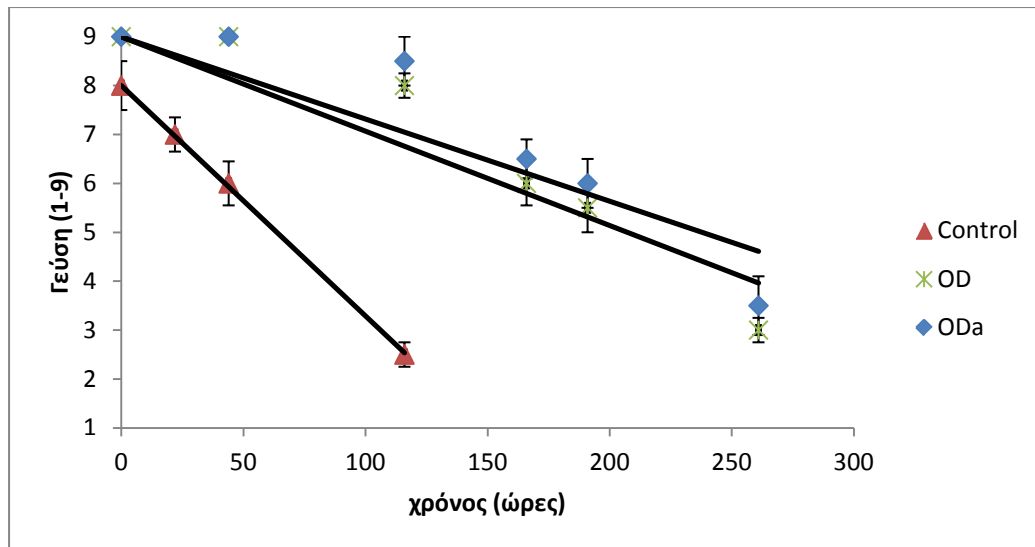
Διάγραμμα 6.5.30: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξεργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς τη σκληρότητα (\pm τυπική απόκλιση).



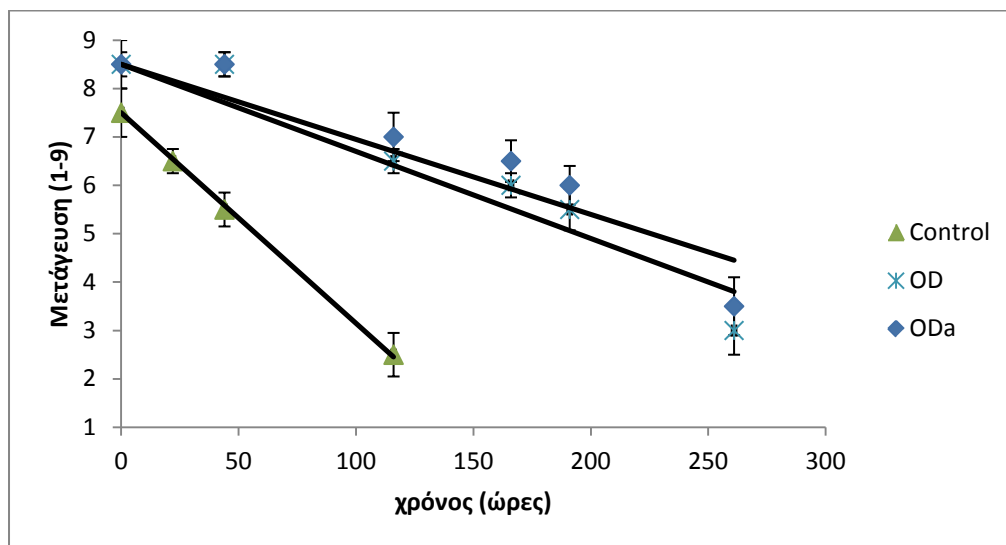
Διάγραμμα 6.5.31: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς την προσκολλησιμότητα (\pm τυπική απόκλιση).



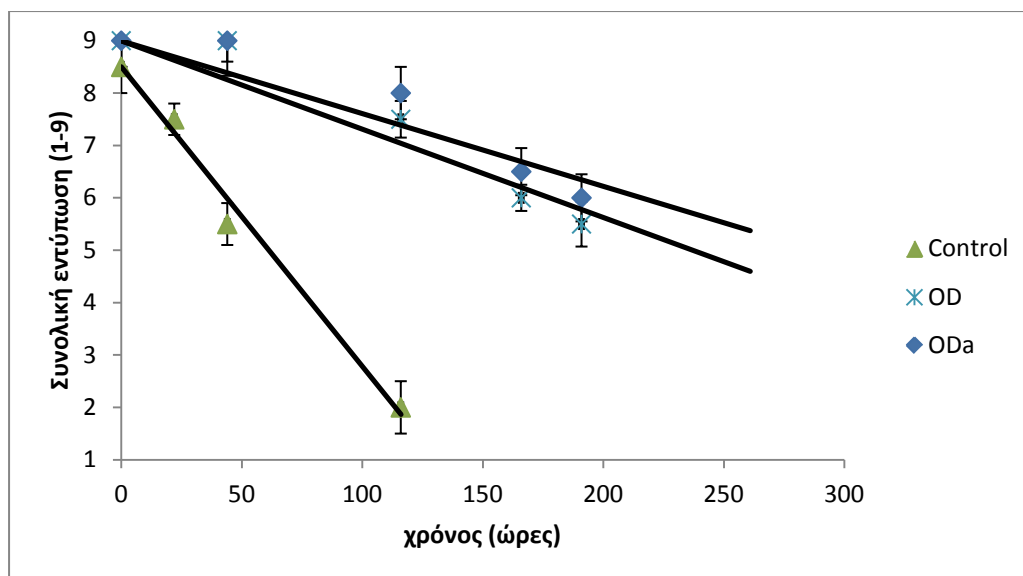
Διάγραμμα 6.5.32: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς την υφή (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.33: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς τη γεύση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.34: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς τη μετάγευση (\pm τυπική απόκλιση).



Διάγραμμα 6.5.35: Αποτελέσματα οργανοληπτικής εξέτασης ανεπεξέργαστων (Control), ωσμωτικά προκατεργασμένων (OD) και ωσμωτικά προκατεργασμένων με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης (ODa) μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασία 15°C ως προς τη συνολική εντύπωση (\pm τυπική απόκλιση).

Με βάση το διάγραμμα 6.5.30 παρατηρείται ότι ο ρυθμός αύξησης της σκληρότητας των Control δειγμάτων είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, τα οποία εμφανίζουν μικρή διαφορά στον ρυθμό αύξησης της σκληρότητας. Επίσης, η αρχική τιμή του χαρακτηριστικού αυτού είναι υψηλότερη για τα Control σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα. Στη συνέχεια, από το διάγραμμα 6.5.31 προκύπτει ότι ο ρυθμός αύξησης της προσκολλησιμότητας και για τα τρία είδη δειγμάτων εμφανίζει ελάχιστη διαφορά. Παρόλαυτά, η αρχική τιμή της προσκολλησιμότητας για τα Control δείγματα, είναι υψηλότερη σε σχέση με εκείνη των OD και ODa δειγμάτων.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.5.32, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της υφής των Control δειγμάτων είναι εντονότερος συγκριτικά με εκείνο των OD και ODa δειγμάτων, ενώ οι αρχικές τους τιμές συμπίπτουν. Έπειτα, με βάση το διάγραμμα 6.5.33 προκύπτει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της γεύσης για τα Control δείγματα είναι υψηλότερος σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα, των οποίων ο ρυθμός παρουσιάζει μικρή διαφορά. Ωστόσο, τα OD και ODa δείγματα εμφανίζουν υψηλότερη αρχική τιμή γεύσης συγκριτικά με τα Control, γεγονός που δηλώνει ότι η ωσμωτική επεξεργασία κατέστησε τα δείγματα πιο εύγευστα.

Από το διάγραμμα 6.5.34 παρατηρείται ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της μετάγευσης για τα Control δείγματα είναι υψηλότερος σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα, των οποίων ο ρυθμός παρουσιάζει μικρή διαφορά. Τέλος, ο ρυθμός υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης (διάγραμμα 6.5.35) είναι εντονότερος για

τα Control δείγματα σε σχέση με τα OD και ODa δείγματα και παραπλήσιος για τα OD και ODa δείγματα, με τα τελευταία να παρουσιάζουν ελαφρώς υψηλότερη αρχική τιμή του χαρακτηριστικού συγκριτικά με τα Control δείγματα.

Πίνακας 6.5.4: Χρόνος ζωής των Control, OD και ODa δειγμάτων στους 15°C (όριο Συνολικής εντύπωσης=6)

Θερμοκρασία (°C)	Control	OD	ODa
15	2	6	7

Στους παρακάτω πίνακες συνοψίζονται οι ρυθμοί υποβάθμισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των νωπών και μαγειρεμένων φιλέτων στήθους κοτόπουλου χωρίς καμμία επεξεργασία και των ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Πίνακας 6.5.5: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) υποβάθμισης όψης φρέσκου προϊόντος δειγμάτων νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0081	0,005	0,0084
5	0,0166	0,0063	0,0096
10	0,025	0,0117	0,0125
15	0,0448	0,0146	0,0128

Πίνακας 6.5.6: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) υποβάθμισης χρώματος δειγμάτων νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,01	0,0058	0,0025
5	0,0173	0,0059	0,0051
10	0,0277	0,014	0,006
15	0,0371	0,0143	0,0095

Πίνακας 6.5.7: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) υποβάθμισης οσμής δειγμάτων νωπού φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0118	0,0088	0,0163
5	0,0224	0,0132	0,0214
10	0,0327	0,0178	0,0274
15	0,0362	0,0287	0,0278

Πίνακας 6.5.8: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) αύξησης της σκληρότητας δειγμάτων μαγειρεμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0107	0,0075	0,0008
5	0,0137	0,0097	0,0044
10	0,0176	0,0105	0,0059
15	0,0185	0,0127	0,0102

Πίνακας 6.5.9: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) αύξησης της προσκολλησιμότητας δειγμάτων μαγειρεμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0042	0,0038	0,0041
5	0,0073	0,0073	0,0068
10	0,0103	0,0088	0,0089
15	0,0137	0,093	0,0092

Πίνακας 6.5.10: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) υποβάθμισης της υφής δειγμάτων μαγειρεμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0067	0,003	0,003
5	0,0159	0,0066	0,0065
10	0,0171	0,0106	0,0087
15	0,0426	0,0107	0,0092

Πίνακας 6.5.11: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) υποβάθμισης της γεύσης δειγμάτων μαγειρεμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0029	0,0024	0,002
5	0,015	0,0077	0,0064
10	0,0222	0,0138	0,0098
15	0,0471	0,0193	0,0168

Πίνακας 6.5.12: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) υποβάθμισης της μετάγευσης δειγμάτων μαγειρεμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμωτικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

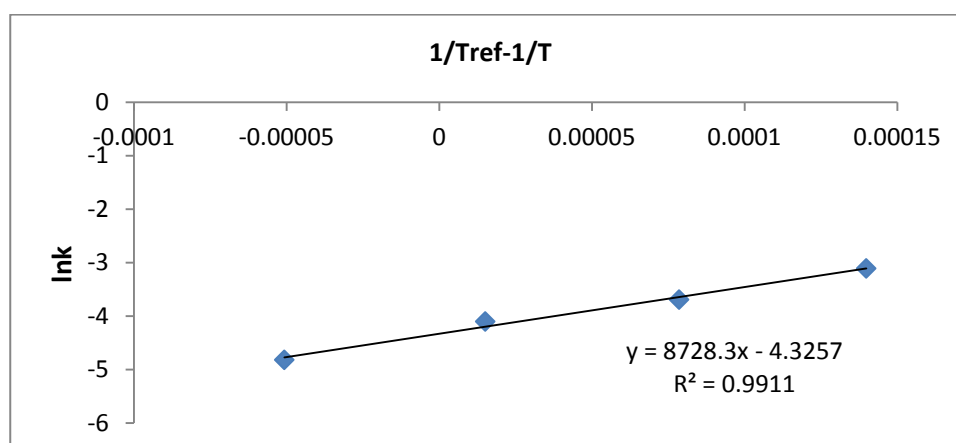
Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0042	0,0022	0,0035
5	0,015	0,0068	0,0086
10	0,0219	0,0163	0,0121
15	0,0435	0,018	0,0155

Πίνακας 6.5.13: Πίνακας ρυθμών (σε d^{-1}) υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης δειγμάτων μαγειρεμένου φιλέτου στήθους κοτόπουλου ανεπεξέργαστων και ωσμητικά προκατεργασμένων με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

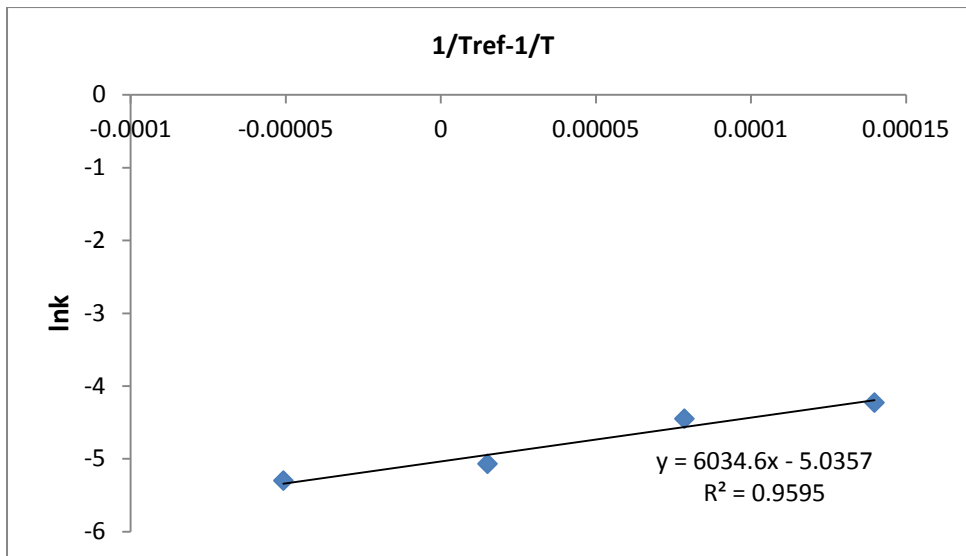
Θερμοκρασία	Control	OD	ODa
0	0,0069	0,0062	0,0049
5	0,0184	0,0111	0,0088
10	0,026	0,0171	0,0138
15	0,0572	0,0211	0,0181

Από τη στατιστική επεξεργασία των ρυθμών της οργανοληπτικής υποβάθμισης προκύπτει ότι η ωσμητική προκατεργασία οδήγησε σε σημαντική επιβράδυνση ($p < 0,05$) της οργανοληπτικής υποβάθμισης για τα χαρακτηριστικά χρώματος και οσμής φρέσκου προϊόντος και σκληρότητας, γεύσης και μετάγευσης μαγειρεμένου προϊόντος, ενώ η προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης την επιβράδυνε επιπλέον.

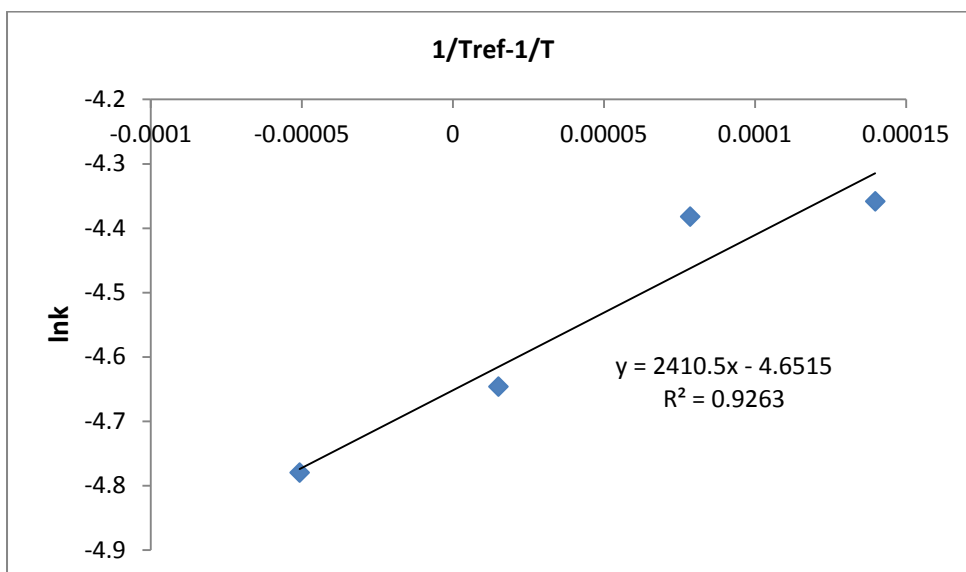
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς οργανοληπτικής υποβάθμισης για ανεπεξέργαστα και ωσμητικά επεξεργασμένα με ή χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης φιλέτα στήθους από κοτόπουλα καθώς και οι συνοπτικοί πίνακες των E_a και k_{ref} που προέκυψαν.



Διάγραμμα 6.5.36: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της όψης φρέσκου προϊόντος των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.37: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της όψης φρέσκου προϊόντος των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

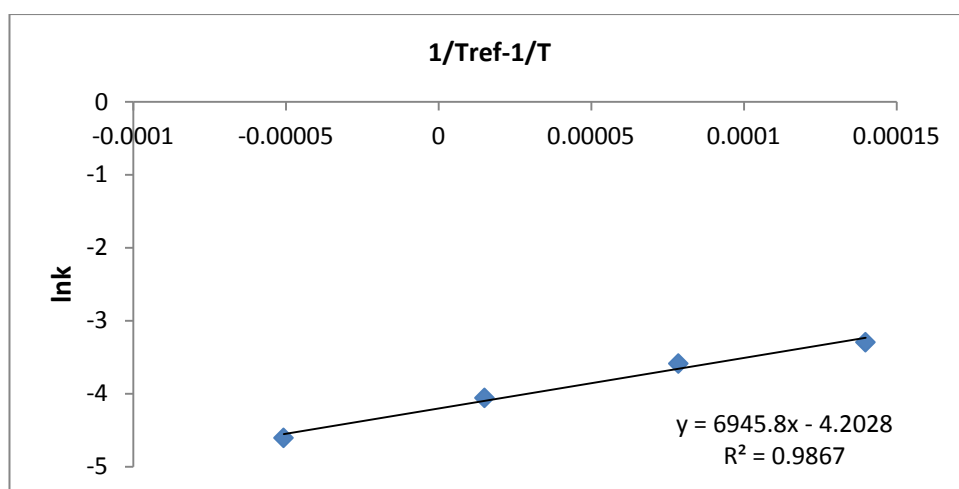


Διάγραμμα 6.5.38: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της όψης φρέσκου προϊόντος των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

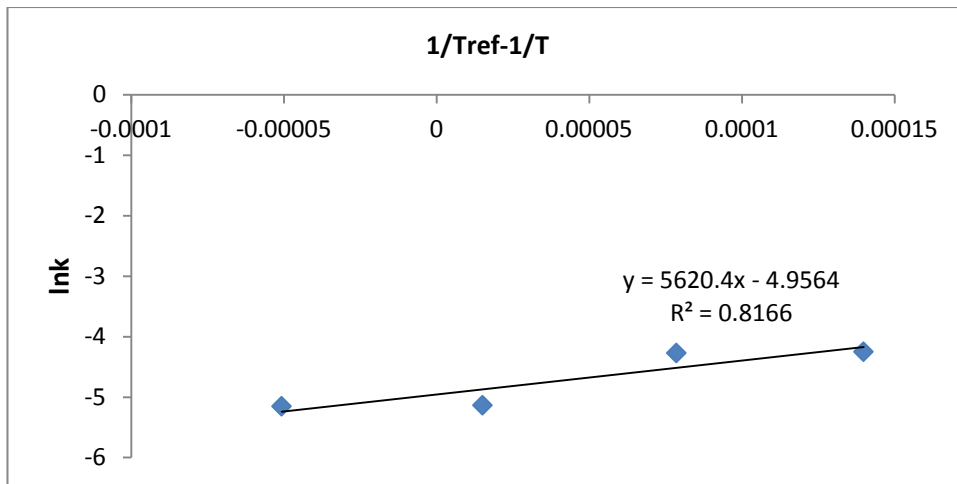
Πίνακας 6.5.14: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς την όψη φρέσκου προϊόντος.

Όψη φρέσκου προϊόντος	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	72,6	50,2	20
k_{ref} (d ⁻¹)	0,0132	0,0065	0,0096
R^2	0,9911	0,9595	0,9263

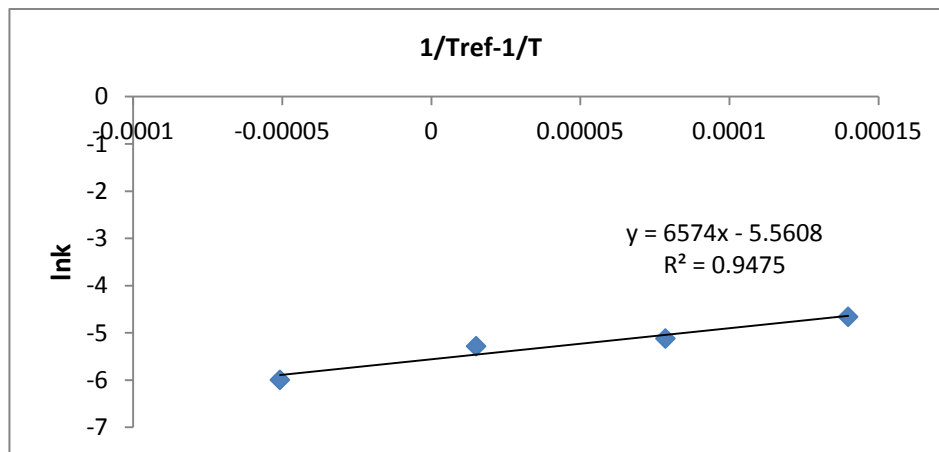
Όπως φαίνεται από τον πίνακα 6.7.14, κυρίως τα δείγματα Control και κατόπιν τα OD, παρουσιάζουν μεγάλη εξάρτηση από τη θερμοκρασία ως προς την όψη φρέσκου προϊόντος.



Διάγραμμα 6.5.39: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης του χρώματος των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.40: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης του χρώματος των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

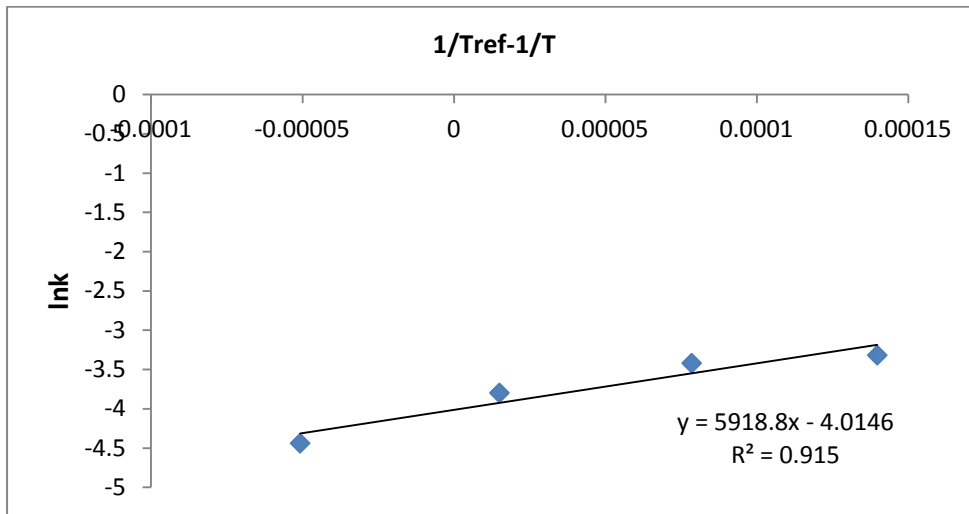


Διάγραμμα 6.5.41: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης του χρώματος των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

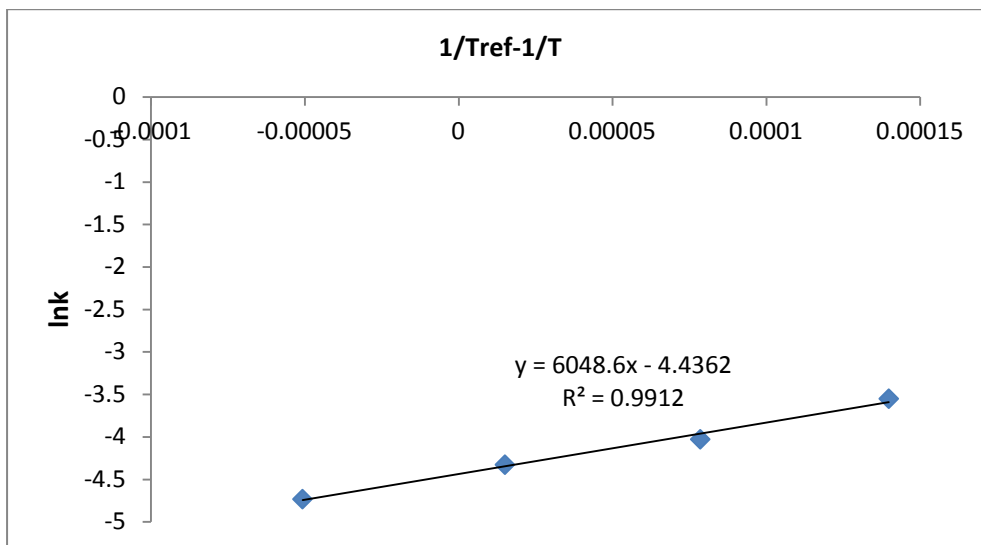
Πίνακας 6.5.15: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς το χρώμα.

Χρώμα	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	57,8	46,7	54,7
k_{ref} (d ⁻¹)	0,01495	0,00704	0,00385
R^2	0,9867	0,8166	0,9475

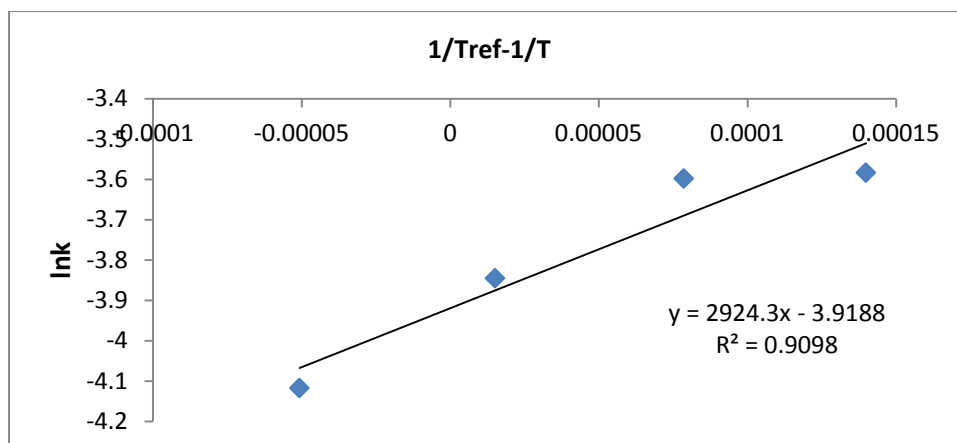
Από τον πίνακα 6.7.15 παρατηρείται ότι το χρώμα των Control, OD και ODa δειγμάτων παρουσιάζει παρόμοια εξάρτηση από τη θερμοκρασία.



Διάγραμμα 6.5.42: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της οσμής των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.43: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της οσμής των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

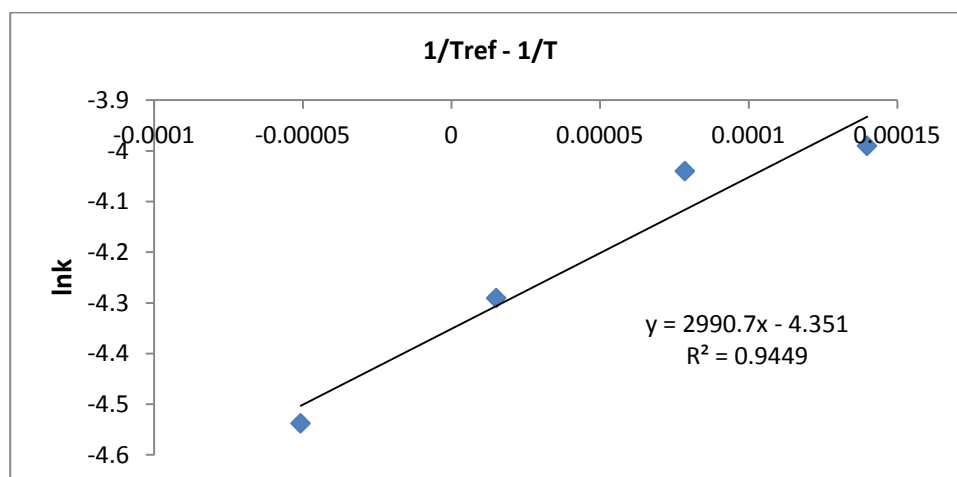


Διάγραμμα 6.5.44: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της οσμής των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

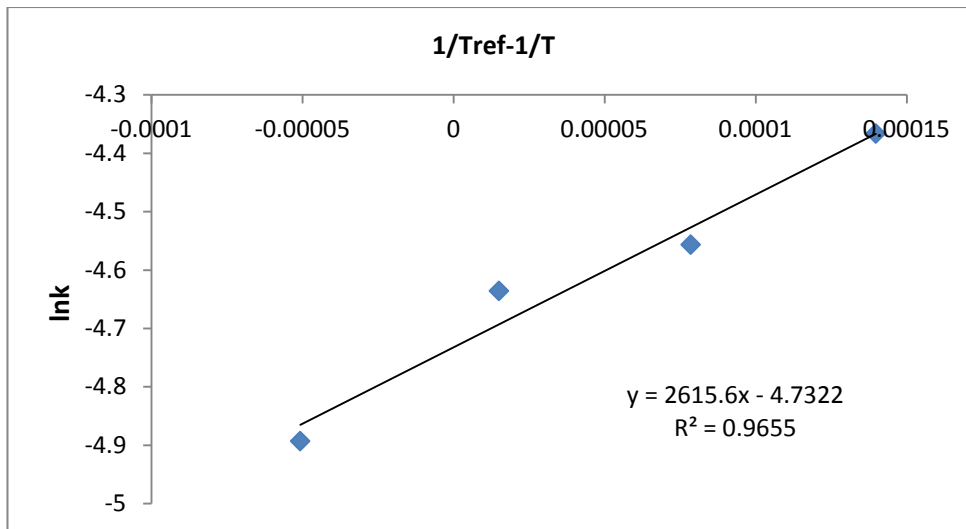
Πίνακας 6.5.16: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς την οσμή.

Οσμή	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	49,2	50,3	24,3
k_{ref} (d ⁻¹)	0,0181	0,0118	0,0199
R^2	0,915	0,9912	0,9098

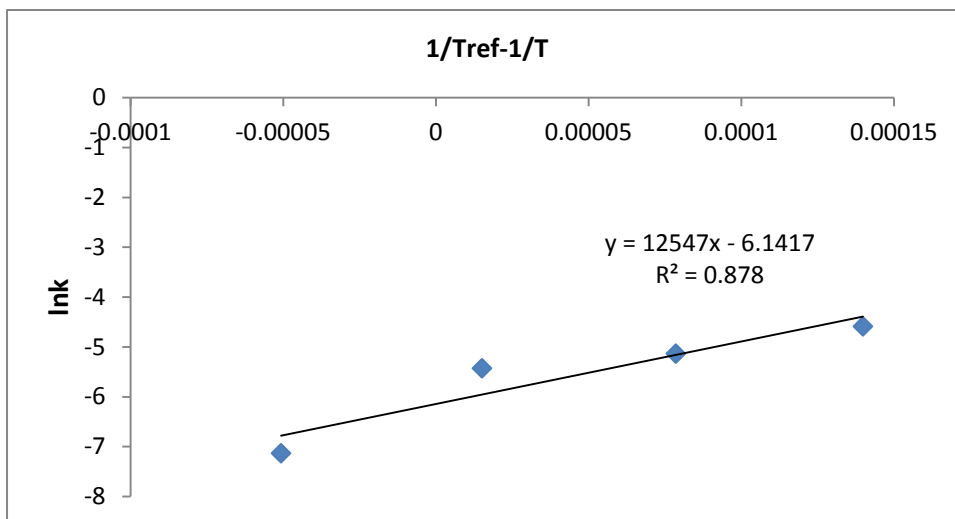
Από τον πίνακα 6.7.16 γίνεται εμφανής η εξάρτηση της οσμής των Control και OD δειγμάτων από τη θερμοκρασία.



Διάγραμμα 6.5.44: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς αύξησης της σκληρότητας των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.45: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς αύξησης της σκληρότητας των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

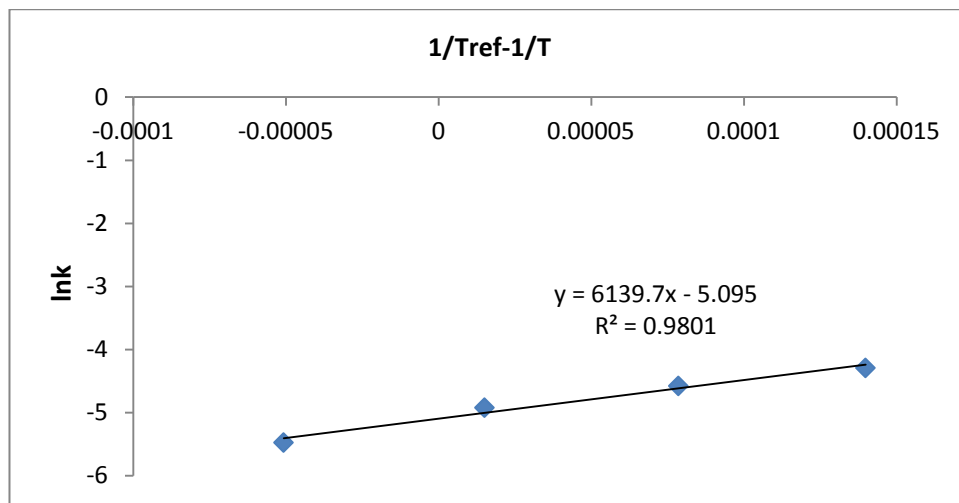


Διάγραμμα 6.5.46: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς αύξησης της σκληρότητας των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

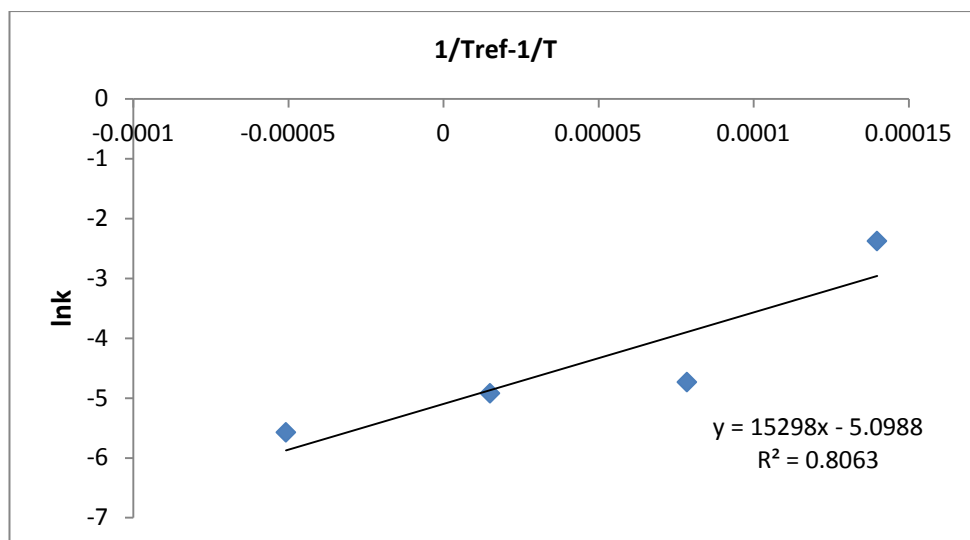
Πίνακας 6.5.17: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς τη σκληρότητα.

Σκληρότητα	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	24,9	21,7	104,3
k_{ref} (d ⁻¹)	0,013	0,009	0,002
R^2	0,9449	0,9655	0,878

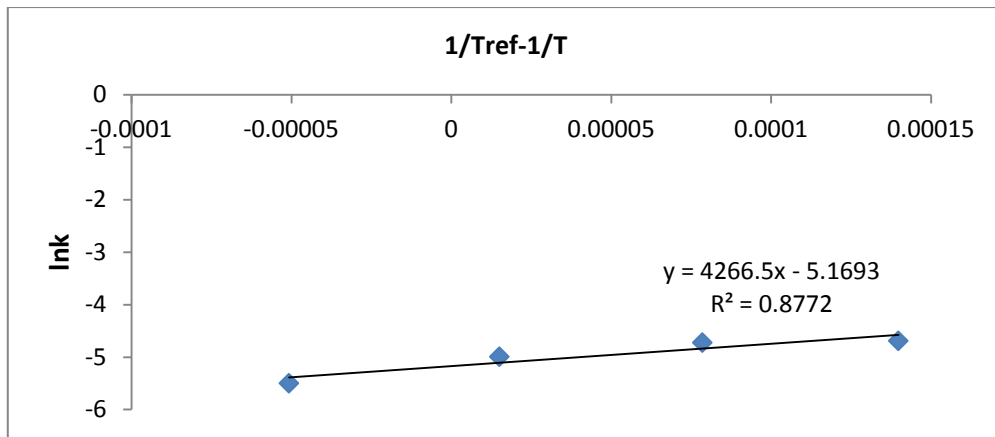
Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται εμφανής η εξάρτηση της σκληρότητας των ODa δειγμάτων από τη θερμοκρασία.



Διάγραμμα 6.5.47: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς αύξησης της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.48: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς αύξησης της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

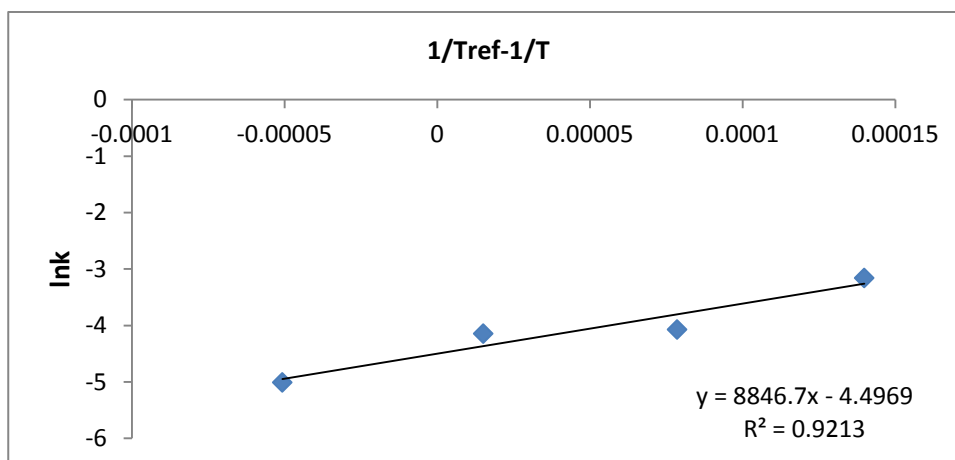


Διάγραμμα 6.5.49: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς αύξησης της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

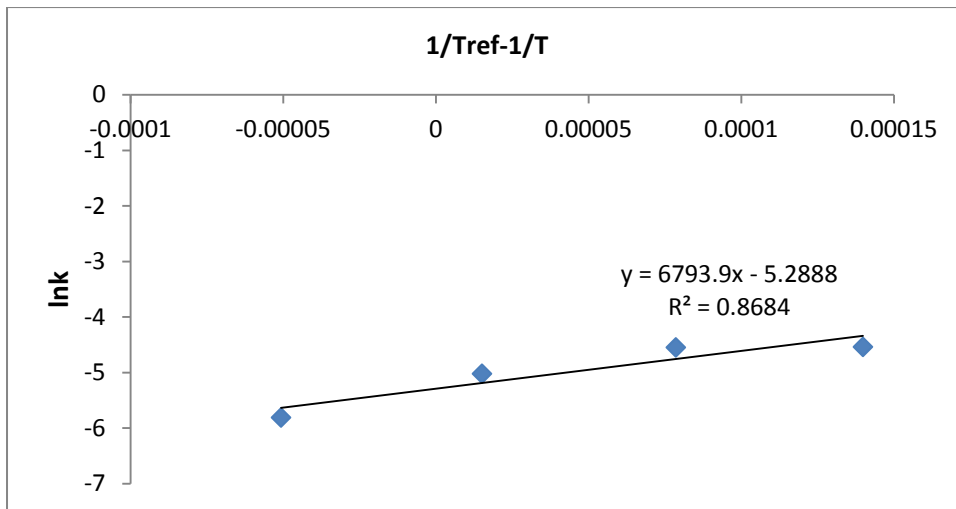
Πίνακας 6.5.18: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς την προσκολλησιμότητα.

Προσκολλησιμότητα	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	51	127,2	35,5
k_{ref} (d ⁻¹)	0,0061	0,0061	0,0057
R^2	0,9801	0,8063	0,8772

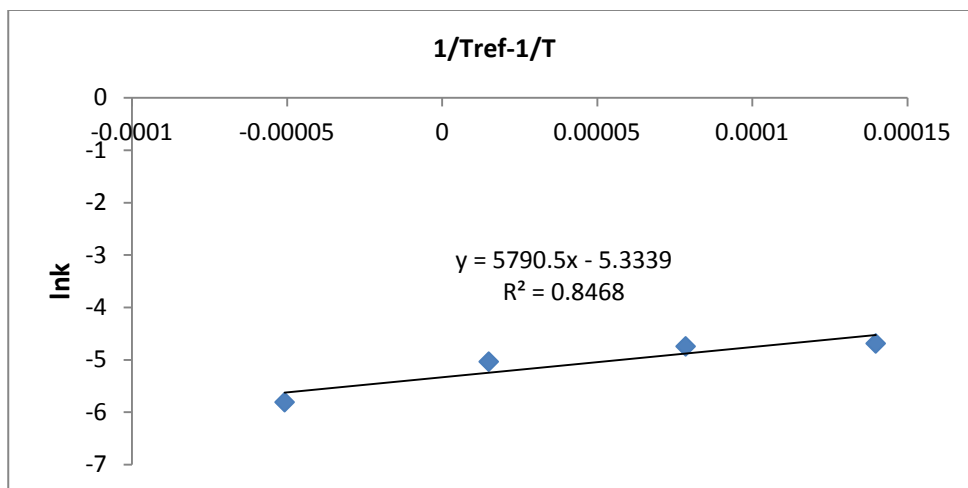
Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει η ισχυρή εξάρτηση των OD δειγμάτων από τη θερμοκρασία ως προς την προσκολλησιμότητα.



Διάγραμμα 6.5.50: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της υφής των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.51: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της υφής των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

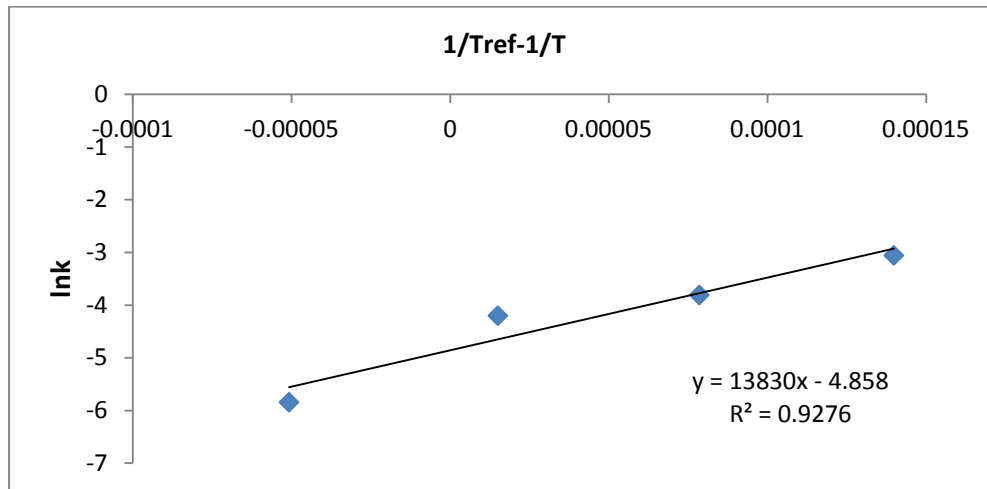


Διάγραμμα 6.5.52: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της υφής των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

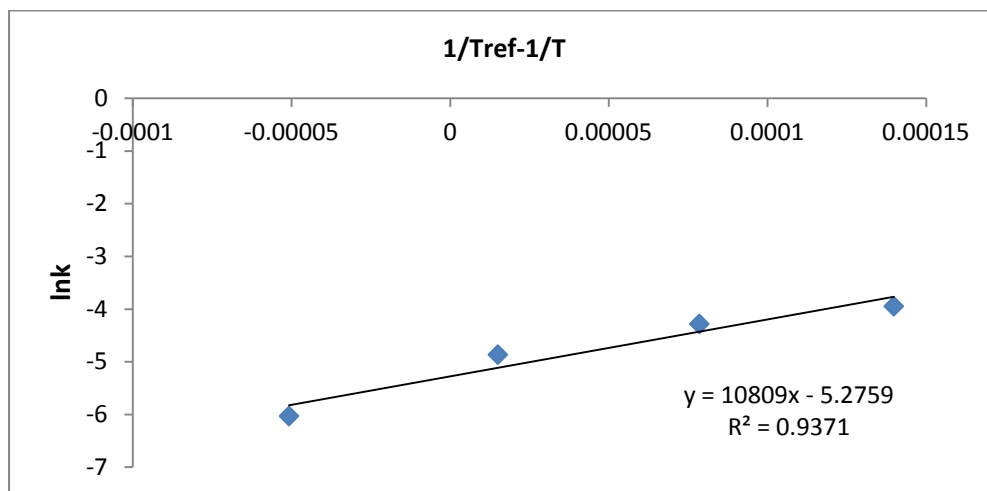
Πίνακας 6.5.19: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς την υφή.

Υφή	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	73,6	56,5	48,1
k_{ref} (d^{-1})	0,0111	0,00505	0,00483
R^2	0,9213	0,8684	0,8463

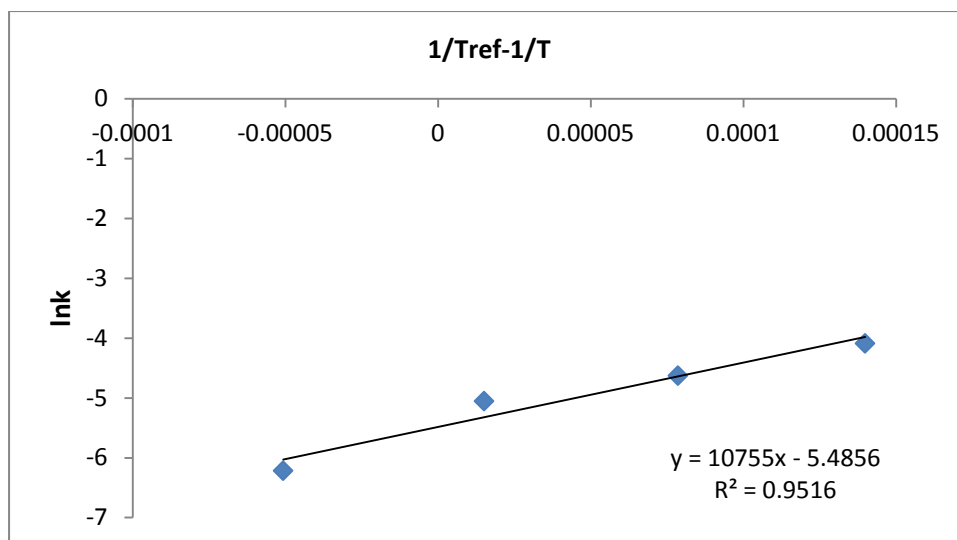
Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.7.18 τα Control δείγματα εμφανίζουν μεγάλη εξάρτηση από τη θερμοκρασία ως προς την υφή.



Διάγραμμα 6.5.53: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της γεύσης των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.54: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της γεύσης των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

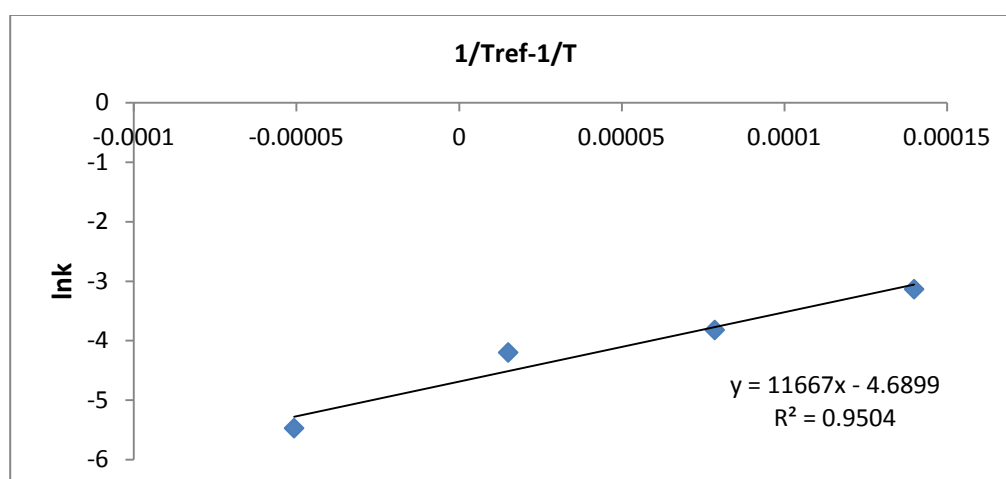


Διάγραμμα 6.5.55: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της γεύσης των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

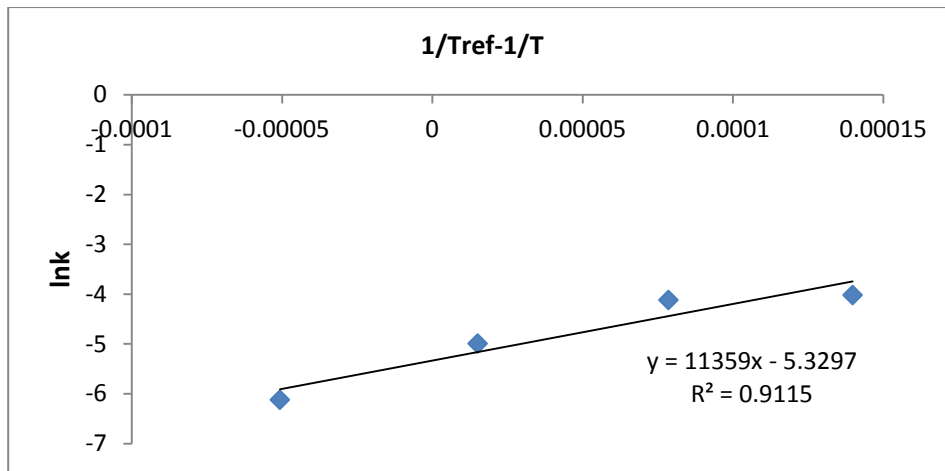
Πίνακας 6.5.20: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς τη γεύση.

Γεύση	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	115	89,9	89,4
k_{ref} (d^{-1})	0,0078	0,00511	0,00415
R^2	0,9276	0,9371	0,9516

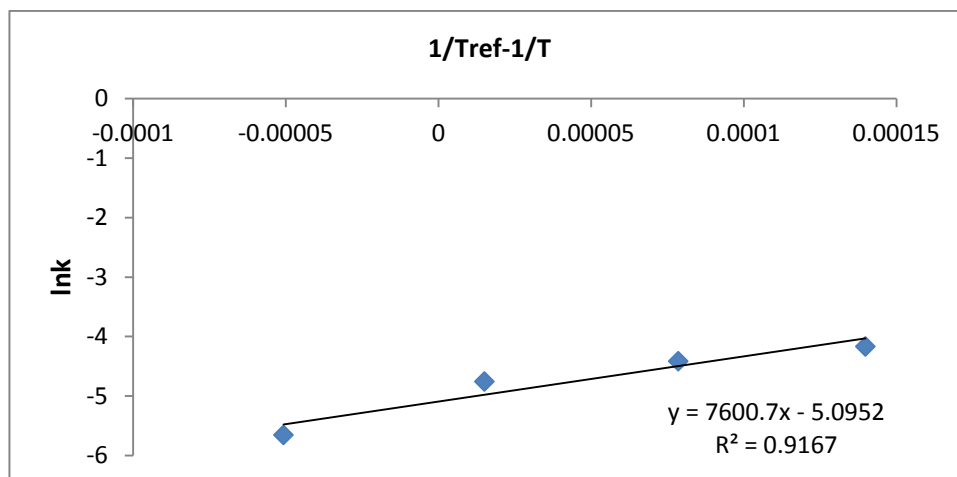
Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται εμφανής η αυξημένη εξάρτηση των Control δειγμάτων από τη θερμοκρασία ως προς τη γεύση



Διάγραμμα 6.5.56: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της μετάγευσης των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.57: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της μετάγευσης των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

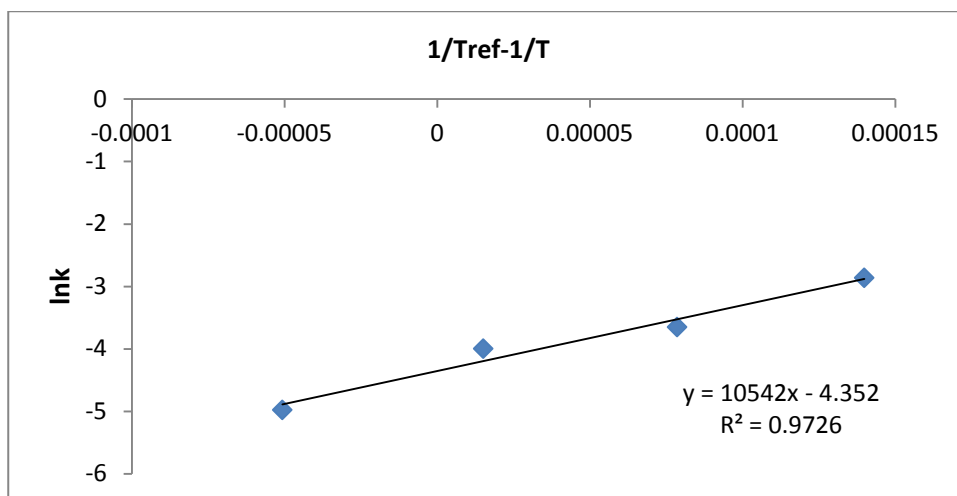


Διάγραμμα 6.5.58: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της μετάγευσης των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

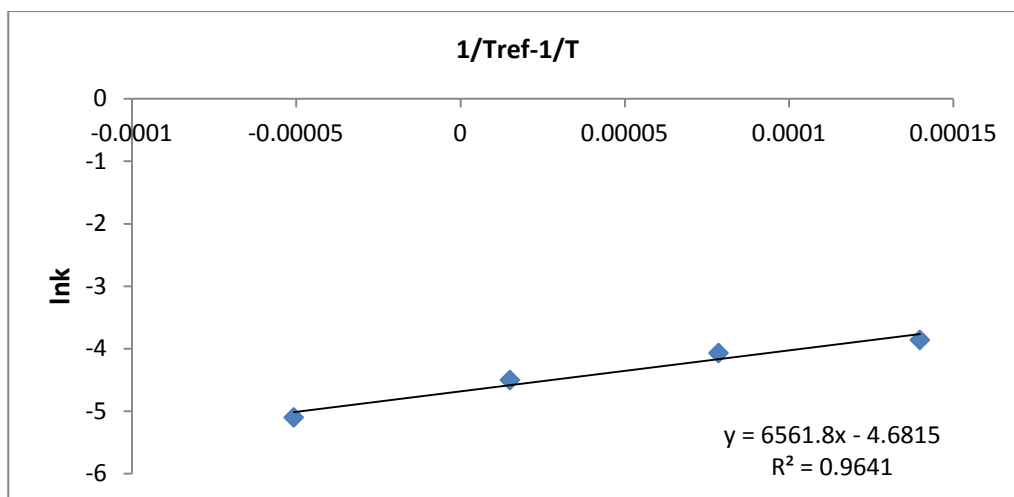
Πίνακας 6.5.21: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς τη μετάγευση.

Μετάγευση	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	97	94,4	63,2
k_{ref} (d ⁻¹)	0,00919	0,00485	0,00612
R^2	0,9504	0,9115	0,9167

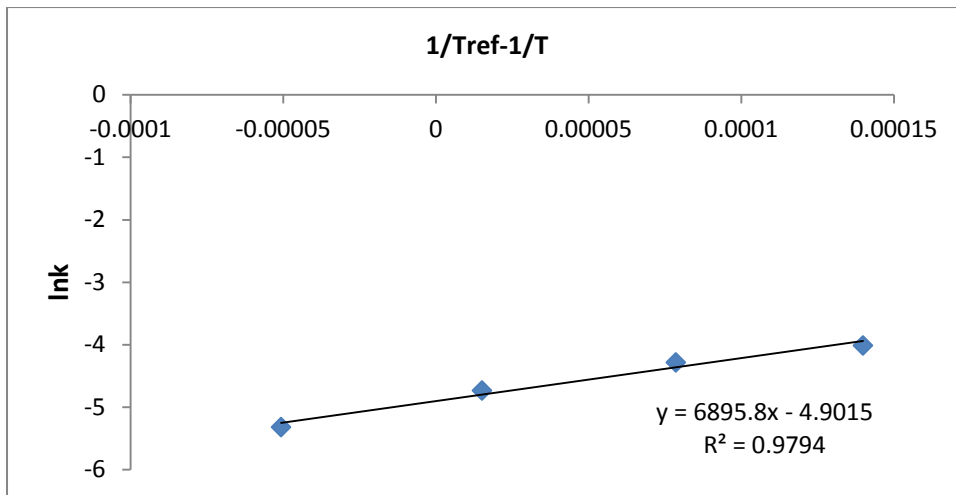
Με βάση τον παραπάνω πίνακα, η μετάγευση των Control και OD συνδέεται άμεσα με τη θερμοκρασία.



Διάγραμμα 6.5.59: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης των δειγμάτων Control, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.60: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης των δειγμάτων OD, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.



Διάγραμμα 6.5.61: Εφαρμογή του μοντέλου Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης της συνολικής εντύπωσης των δειγμάτων ODa, συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Πίνακας 6.5.22: Παράθεση των E_a και k_{ref} που προέκυψαν από τα μοντέλα Arrhenius των δειγμάτων Control, OD και ODa ως προς τη συνολική εντύπωση.

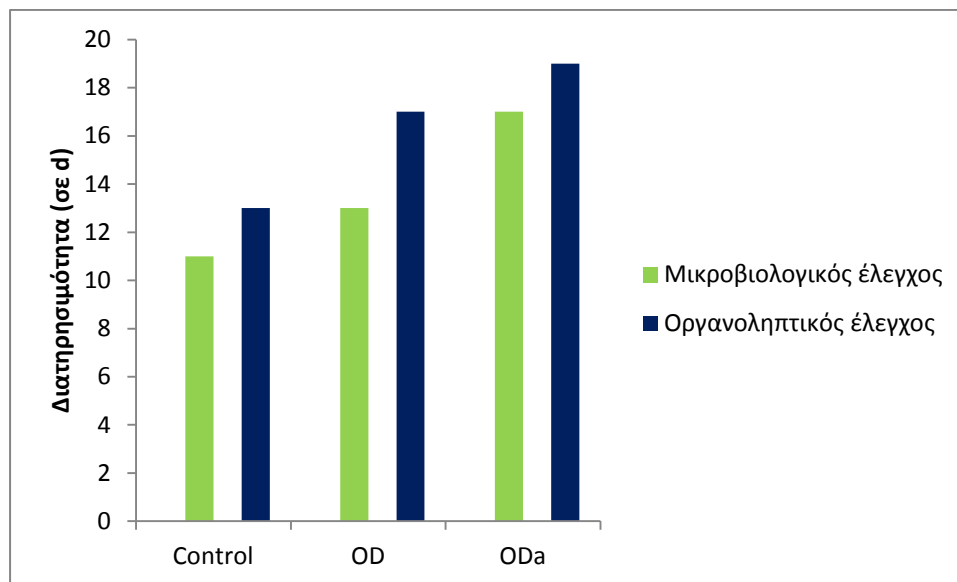
Συνολική Εντύπωση	Control	OD	ODa
E_a (kJ/mol)	87,7	54,6	57,3
k_{ref} (d ⁻¹)	0,0129	0,0093	0,0074
R^2	0,9726	0,9641	0,9794

Με βάση τον πίνακα 6.5.20 είναι σημαντική η εξάρτηση της συνολικής εντύπωσης των Control δειγμάτων από τη θερμοκρασία συγκριτικά με εκείνη των δειγμάτων OD και ODa.

6.6 Προσδιορισμός χρόνου ζωής

Με βάση την επεξεργασία των αποτελεσμάτων που πραγματοποιήθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, προέκυψε ο χρόνος ζωής του φιλέτου στήθους κοτόπουλου σε κάθε είδος επεξεργασία. Ο χρόνος ζωής υπολογίστηκε βάσει των μικροβιολογικών (όριο πληθυσμού ψευδομοναδων $8 \log CFU/g$) και οργανοληπτικών (όριο Συνολικής εντύπωσης >6) χαρακτηριστικών του τροφίμου.

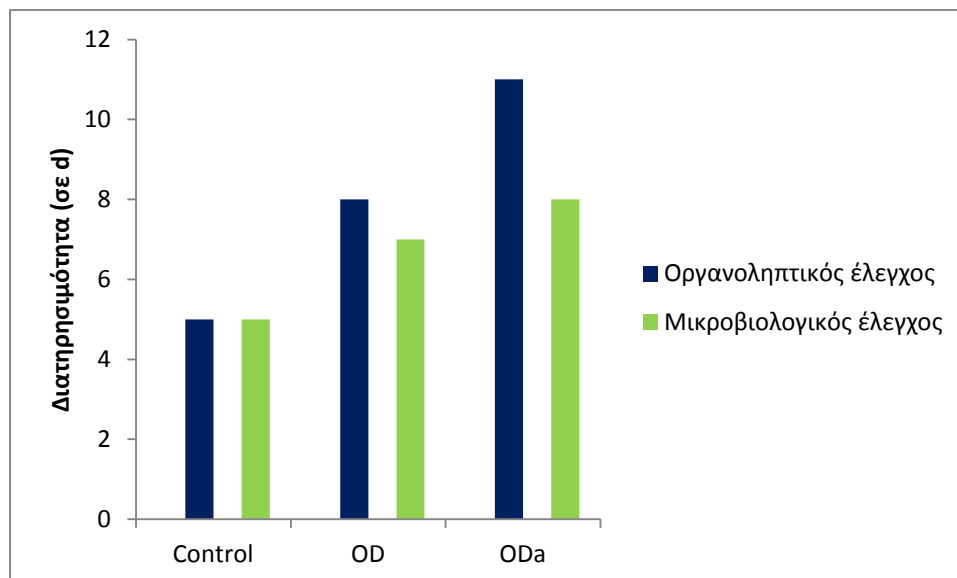
6.6.1 Χρόνος ζωής στους 0°C



Διάγραμμα 6.6.1: Σύγκριση χρόνου ζωής φιλέτων στήθους κοτόπουλου, υπολογισμένου βάσει οργανοληπτικής και μικροβιολογικής ανάλυσης σε θερμοκρασία 0°C.

Με βάση το διάγραμμα 6.8.1 παρατηρείται ότι για τα δείγματα Control, OD και ODa οι χρόνοι ζωής που υπολογίστηκαν με βάση τον οργανοληπτικό και τον μικροβιολογικό έλεγχο παρουσιάζουν μικρές διαφορές μεταξύ τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου ο χρόνος ζωής των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία (OD) επεκτάθηκε κατά 4 ημέρες, ενώ των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία με χρήση αντιμικροβιακού (ODa) κατά 6 ημέρες, σε θερμοκρασία συντήρησης 0°C. Με βάση τα αποτελέσματα του μικροβιολογικού ελέγχου παρατηρήθηκε επέκταση του χρόνου ζωής κατά 2 και 4 ημέρες αντίστοιχα.

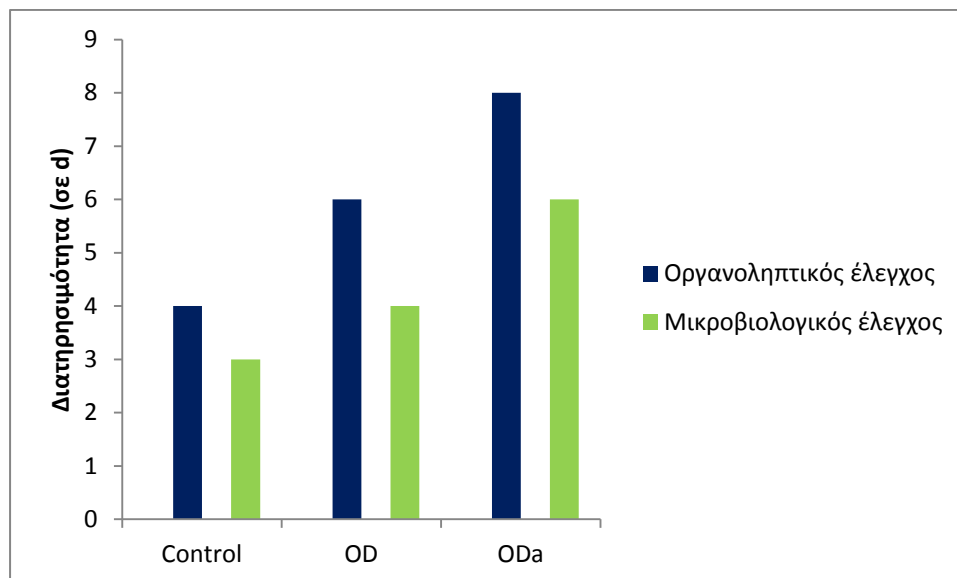
6.6.2 Χρόνος ζωής στους 5°C



Διάγραμμα 6.6.2: Σύγκριση χρόνου ζωής φιλέτων στήθους κοτόπουλου, υπολογισμένου βάσει οργανοληπτικής και μικροβιολογικής ανάλυσης σε θερμοκρασία 5°C.

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα οι χρόνοι ζωής που προέκυψαν από τον οργανοληπτικό και τον μικροβιολογικό έλεγχο για τα δείγματα Control, ταυτίζονται μεταξύ τους, ενώ στα OD και ODa δείγματα οι διαφορές που παρατηρούνται είναι μικρές. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου ο χρόνος ζωής των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία (OD) επεκτάθηκε κατά 3 ημέρες, ενώ των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία με χρήση αντιμικροβιακού (ODa) κατά 6 ημέρες, σε θερμοκρασία συντήρησης 5°C. Με βάση τα αποτελέσματα του μικροβιολογικού ελέγχου παρατηρήθηκε επέκταση του χρόνου ζωής κατά 2 και 3 ημέρες αντίστοιχα.

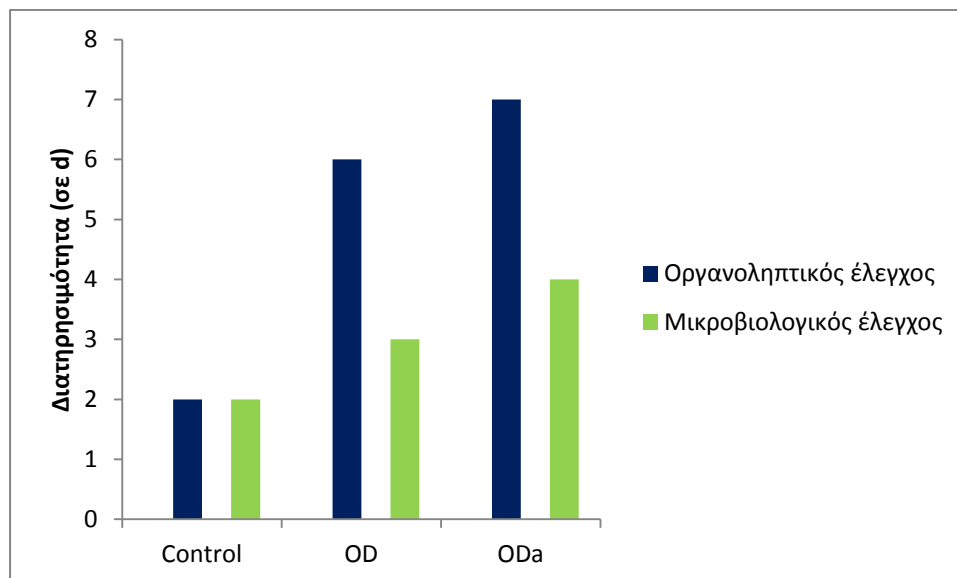
6.6.3 Χρόνος ζωής στους 10°C



Διάγραμμα 6.6.3: Σύγκριση χρόνου ζωής φιλέτων στήθους κοτόπουλου, υπολογισμένου βάσει οργανοληπτικής και μικροβιολογικής ανάλυσης σε θερμοκρασία 10°C.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου ο χρόνος ζωής των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία (OD) επεκτάθηκε κατά 2 ημέρες, ενώ των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία με χρήση αντιμικροβιακού (ODa) κατά 4 ημέρες, σε θερμοκρασία συντήρησης 10°C. Με βάση τα αποτελέσματα του μικροβιολογικού ελέγχου παρατηρήθηκε επέκταση του χρόνου ζωής κατά 1 και 3 ημέρες αντίστοιχα.

6.6.4 Χρόνος ζωής στους 15°C



Διάγραμμα 6.6.4: Σύγκριση χρόνου ζωής φιλέτων στήθους κοτόπουλου, υπολογισμένου βάσει οργανοληπτικής και μικροβιολογικής ανάλυσης σε θερμοκρασία 15°C.

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα οι χρόνοι ζωής που προέκυψαν από τον οργανοληπτικό και τον μικροβιολογικό έλεγχο για τα δείγματα Control, ταυτίζονται μεταξύ τους, ενώ στα OD και ODa δείγματα οι διαφορές που παρατηρούνται είναι μεγάλες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου ο χρόνος ζωής των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία (OD) επεκτάθηκε κατά 4 ημέρες, ενώ των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε ωσμωτική προκατεργασία με χρήση αντιμικροβιακού (ODa) κατά 5 ημέρες, σε θερμοκρασία συντήρησης 15°C. Με βάση τα αποτελέσματα του μικροβιολογικού ελέγχου παρατηρήθηκε επέκταση του χρόνου ζωής κατά 1 και 2 ημέρες αντίστοιχα.

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Συζήτηση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η επεξεργασία των νωπών φιλέτων στήθους κοτόπουλου με τη μέθοδο της ωσμωτικής αφυδάτωσης σε θερμοκρασία 15°C και για χρόνο 30 min είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου διατήρησης, συγκριτικά με το χρόνο διατήρησης των ανεπεξέργαστων φιλέτων. Η διατηρησιμότητα των φιλέτων παρουσιάζει μείωση με την αύξηση της θερμοκρασίας για κάθε περίπτωση (ανεπεξέργαστα φιλέτα, φιλέτα ωσμωτικά επεξεργασμένα και φιλέτα ωσμωτικά επεξεργασμένα με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης). Ο χρόνος ζωής των ωσμωτικά επεξεργασμένων δειγμάτων είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με εκείνον των μη επεξεργασμένων δειγμάτων. Η συνδυαστική χρήση γλυκονο-δ-λακτόνης οδήγησε σε περαιτέρω επέκταση του χρόνου ζωής στα δείγματα. Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζονται οι χρόνοι ζωής των ανεπεξέργαστων και των επεξεργασμένων, με ή χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, φιλέτων στήθους κοτόπουλου σε θερμοκρασία συντήρησης 5°C, με βάση τη μικροβιακή ανάπτυξη (ψευδομονάδες < 8 logCFU/g) και την οργανοληπτική εξέταση (Συνολική εντύπωση > 6).

Πίνακας 7.1: Χρόνοι διατήρησης ανεπεξέργαστων και επεξεργασμένων με ωσμωτική κατεργασία, με ή χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, φιλέτων στήθους κοτόπουλου, βάσει μικροβιολογικού (ψευδομονάδες < 8 logCFU/g) και οργανοληπτικού ελέγχου (Συνολική εντύπωση > 6), σε θερμοκρασία συντήρησης 5°C.

Είδος φιλέτου	Οργανοληπτικός έλεγχος	Μικροβιολογικός έλεγχος
Control	5	5
OD	8	7
ODa	11	8

Η ωσμωτική επεξεργασία είχε ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της μικροβιακής ανάπτυξης στα φιλέτα στήθους κοτόπουλου, γεγονός που αποδεικνύεται από τους αντίστοιχους ρυθμούς μικροβιακής ανάπτυξης στα ανεπεξέργαστα και τα επεξεργασμένα με ωσμωτική αφυδάτωση δείγματα. Η προσθήκη της γλυκονο-δ-λακτόνης στο διάλυμα οδήγησε σε επιπλέον επιβράδυνση της μικροβιακής ανάπτυξης. Οι ρυθμοί αυτοί για την περίπτωση της ολικής μικροβιακής χλωρίδας

και των ψευδομονάδων σε θερμοκρασίες συντήρησης 0, 5, 10 και 15°C δίνονται στους πίνακες 7.2 και 7.3.

Πίνακας 7.2: Ρυθμοί ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε ανεπεξέργαστα και ωσμωτικά επεξεργασμένα, με ή χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Ολική μικροχλωρίδα	Ρυθμός ανάπτυξης k (d^{-1})		
Θερμοκρασία ($^{\circ}C$)	Control	OD	ODa
0	0,01739 \pm 0,0011	0,01533 \pm 0,0038	0,01466 \pm 0,001
5	0,03755 \pm 0,0066	0,02322 \pm 0,0012	0,02327 \pm 0,0009
10	0,05934 \pm 0,0231	0,04516 \pm 0,0124	0,03249 \pm 0,0029
15	0,10499 \pm 0,0071	0,0708 \pm 0,02477	0,06421 \pm 0,0160

Πίνακας 7.3: Ρυθμοί ανάπτυξης ψευδομονάδων σε ανεπεξέργαστα και ωσμωτικά επεξεργασμένα, με ή χωρίς προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης, φιλέτων στήθους κοτόπουλου συντηρημένων σε θερμοκρασίες 0, 5, 10 και 15°C.

Ψευδομονάδες	Ρυθμός ανάπτυξης k (d^{-1})		
Θερμοκρασία ($^{\circ}C$)	Control	OD	ODa
0	0,01532 \pm 0,0011	0,01592 \pm 0,0022	0,01646 \pm 0,0007
5	0,03105 \pm 0,0019	0,02255 \pm 0,0028	0,02276 \pm 0,0008
10	0,05556 \pm 0,0219	0,05314 \pm 0,0156	0,04246 \pm 0,0093
15	0,10912 \pm 0,0468	0,06083 \pm 0,0216	0,06337 \pm 0,1786

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά το μικροβιολογικό έλεγχο των δειγμάτων πριν και αμέσως μετά την ωσμωτική επεξεργασία, είναι δυνατόν να παρατηρήσει κανείς ότι το αρχικό ολικό μικροβιακό φορτίο των OD δειγμάτων μειώθηκε κατά 0.20-0.23 logCFU/g και των ODa δειγμάτων κατά 0.95-1.17 logCFU/g. Αντίστοιχα το φορτίο των ψευδομονάδων των OD δειγμάτων μειώθηκε κατά 0.65-0.7 logCFU/g και των ODa δειγμάτων κατά 1.95-2.2 logCFU/g. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τους Collignan et al., 2001 με ελάττωση του αρχικού μικροβιακού φορτίου 0,1-0,8 logCFU/g σε ωσμωτικά επεξεργασμένα δείγματα ιχθύων. Τόσο στα ανεπεξέργαστα φιλέτα στήθους κοτόπουλου όσο και στα ωσμωτικά επεξεργασμένα, οι ψευδομονάδες περιγράφουν ικανοποιητικά την ποιότητα του τροφίμου, η ανάπτυξη των οποίων επιβραδύνθηκε με την ωσμωτική επεξεργασία και σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό με την προσθήκη γλυκονο-δ-

λακτόνης στο ωσμωτικό διάλυμα, ειδικά στις υψηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης.

Όσον αφορά στο χρώμα των πουλερικών, παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση της ερυθρότητας (παραμέτρου χρώματος a) για τα δείγματα που είχαν υποστεί ωσμωτική επεξεργασία με προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης. Το γεγονός αυτό έρχεται σε συμφωνία με τη μελέτη των Barringer et al., 2004 οι οποίοι διαπίστωσαν την αυξητική τάση της παραμέτρου a σε δείγματα κρέατος που είχαν επεξεργαστεί με χρήση γλυκονο-δ-λακτόνης, πράγμα το οποίο οφείλεται στην ανασταλτική δράση της γλυκονο-δ-λακτόνης ως προς τον σχηματισμό μετα-μυογλοβίνης από οξυμυογλοβίνη. Επίσης, η σταθερότητα της φωτεινότητας των ωσμωτικά επεξεργασμένων δειγμάτων με και χωρίς την προσθήκη γλυκονο-δ-λακτόνης καθώς και η αυξητική τάση της σκληρότητάς τους όσον αφορά στην αξιολόγηση της υφής, που παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη, επιβεβαιώνονται από την μελέτη της Τσιρώνη (2010) όπου ομοίως διαπιστώθηκε η σταθερότητα της παραμέτρου L συναρτήσει του χρόνου σε δείγματα ωσμωτικά επεξεργασμένων ιχθύων και η αυξητική τάση της σκληρότητάς τους.

Σύμφωνα με τους Chouliara et al. (2006) διαπιστώθηκε ότι με την επεξεργασία φιλέτων στήθους κοτόπουλου με έλαιο ρίγανης 0,1%, ο χρόνος ζωής βάσει οργανοληπτικού ελέγχου επεκτάθηκε κατά 3-4 ημέρες ενώ με συνδυασμό ελαίου ρίγανης και MAP, κατά 5-6 ημέρες, όσο δηλαδή και στην παρούσα εργασία με συνδυασμό ωσμωτικής επεξεργασίας και αντιμικροβιακού. Ωστόσο η επεξεργασία με έλαιο ρίγανης 1%, ελάττωσε το αρχικό ολικό μικροβιακό φορτίο και το φορτίο σε ψευδομονάδες σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα, όμως λόγω του έντονου αρώματος και της γεύσης που προκλήθηκαν από τη χρήση αυτής της περιεκτικότητας ελαίου, τα δείγματα δεν αξιολογήθηκαν οργανοληπτικά.

Επίσης, με βάση τη μελέτη των Chouliara et al., 2006, και ομοίως με την παρούσα εργασία, δεν παρατηρήθηκε μεταβολή της φωτεινότητας των δειγμάτων. Τέλος, το πλεονέκτημα της χρήσης ελαίου ρίγανης αφορά στην παρεμπόδιση της οξειδωσης των λιπαρών οξέων που οφείλεται στις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες.

Με βάση την παραπάνω αξιολόγηση κρίνεται ενδιαφέρουσα η εντατικοποίηση των μελετών που αφορούν στην επέκταση του χρόνου ζωής των πουλερικών με διεξαγωγή ωσμωτικής επεξεργασίας αλλά και με παράλληλη χρήση γλυκονο-δ-λακτόνης ως αντιμικροβιακό, καθώς και η μελέτη συνδυασμού της ωσμωτικής επεξεργασίας με άλλες μεθόδους όπως η υπερυψηλή υδροστατική πίεση και η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Επίσης, βαρύτητα θα πρέπει να δοθεί και στη χρήση εναλλακτικού αντιμικροβιακού το οποίο ενδέχεται να εμφανίζει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στα μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί έλαιο ρίγανης περιεκτικότητας μεγαλύτερης του 0,1% και μικρότερης του 1% ώστε

αφενός να ελαττώνει το μικροβιακό φορτίο, αφετέρου να μην επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Επιπλέον, στην περίπτωση συνδυασμού ωσμωτικής προκατεργασίας με τροποποιημένη ατμόσφαιρα και αντιμικροβιακό, θα μπορούσε ως αντιμικροβιακό να χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός νισίνης-EDTA, ο οποίος έχει αποδειχθεί ότι επιφέρει καλά αποτελέσματα στην ελάττωση του μικροβιακού φορτίου σε φιλέτο στήθους από κοτόπουλο (Econoμου et al., 2008). Θα ήταν ενδιαφέρον ακόμη να μελετηθεί η μεταβολή των παραμέτρων της ωσμωτικής επεξεργασίας όπως η περιεκτικότητα σε μαλτοδεξτρίνη του ωσμωτικού διαλύματος, ο χρόνος και η θερμοκρασία της ωσμωτικής επεξεργασίας, καθώς και η αύξηση της περιεκτικότητας του ωσμωτικού διαλύματος σε γλυκονο-δ-λακτόνη. Συγκεκριμένα, συνθήκες προκατεργασίας 45 min και 15°C οδήγησαν σε ικανοποιητική αφυδάτωση και δημιουργία ενός νέου, υψηλής ποιότητας προϊόντος ιχθύων (Τσιρώνη, 2010).

Τέλος, όσον αφορά στην εφαρμογή της τεχνολογίας της ωσμωτικής αφυδάτωσης σε βιομηχανική κλίμακα, υπάρχουν ακόμη κάποιοι περιορισμοί που θα πρέπει να ξεπεραστούν, όπως είναι το υψηλό ιξώδες του ωσμωτικού διαλύματος που δεν επιτρέπει αυξήσεις στα επίπεδα ανάδευσης πέρα από ένα όριο (Rastogi et al., 2002). Επιπλέον, βασικό εμπόδιο για την υιοθέτηση της ωσμωτικής αφυδάτωσης σε βιομηχανική κλίμακα είναι το κόστος του ωσμωτικού διαλύματος που καθιστά αναγκαία την εύρεση μιας κατάλληλης μεθόδου ανακύκλωσής του, καθώς και η μικροβιακή ανάπτυξη στο ωσμωτικό διάλυμα (Torreggiani, 1995, Rastogi et al., 2002).

Βιβλιογραφία

Adams M., Moss M.O, 2000 Food Microbiology. UK: The Royal Society of Chemistry, 2000.

Aliani M., Farmer L. J., Kennedy J. T., Moss B. W., Gordon A, 2012 Post-slaughter changes in ATP metabolites, reducing and phosphorylated sugars in chicken meat. *Meat Science* (2012).

Arslan S. , Eyi A., Özdemir F., 2011 Spoilage potentials and antimicrobial resistance of *Pseudomonas* spp. isolated from cheeses. American Dairy Science Association.

Avula Ramesh Y., Nelson H. M., Singh R. K., 2008 Recycling of poultry process wastewater by ultrafiltration. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10 (2009) 1–8.

Badr Hesham M., 2003 Use of irradiation to control foodborne pathogens and extend the refrigerated market life of rabbit meat. *Meat Science* 67 (2004) 541–548.

Balamatsia C. C., Patsias A., Kontominas M. G., Savvaidis I. N., 2006 Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chemistry* 104 (2007) 1622–16.

Barbosa-Canovas G.V., Vega-Mercado H., 1996, Dehydration of Foods. s.l.: Chapman & Hall, 1996.

Barmpalia I.M., Koutsoumanis K.P., Geornaras I., Belk K.E., Scanga J.A., Kendall P.A., Smith G.C., Sofos J.N., 2005. Effects of antimicrobials as ingredient of pork bologna for *Listeria monocytogenes* control during storage at 4 or 10°C. *Food microbiology* 22(2), 205-211.

Barringer S. A. , Abu-Ali J., Chung H., 2005 Electrostatic powder coating of sodium erythorbate and GDL to improve color and decrease microbial counts on meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6 (2005) 189– 193.

Belitz H., Grosch W., Schieberle P. , 2006, Χημεία τροφίμων.3^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2006.

Bellisle F, McDevitt R, Prentice AM , (1997) Meal frequency and energy balance. *British Journal of Nutrition* 77: S57–S70

Braga A.L.M, M. Menossi, R.L. Cunha, 2004. The effect of the glucono-d lactone/caseinate ratio on sodium caseinate gelation, *International Dairy Journal* 16 (2006) 389–398.

Bruckner S., Albrecht A., Petersen B., Kreyenschmidt J, 2011 A predictive shelf life model as a tool for the improvement of quality management in pork and poultry chains. *Food Control* 29 (2013) 451-460.

Bunkova L. , Bunka F., Klcovska P., Mrkvicka V., Dolezalova M., Kracmar S., 2009 Formation of biogenic amines by Gram-negative bacteria isolated from poultry skin. *Food Chemistry* 121 (2010) 203–206.

Carolissen-Mackay V., Arendse G., Hastings J. W., 1995 Purification of bacteriocins of lactic acid bacteria : Problems and pointers. *International Journal of Food Microbiology* 34 (1997) 1-16.

Chouliara E., Karatapanis A., Savvaidis I.N., Kontominas M.G., 2006 Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C. *Food Microbiology* 24 (2007) 607–617.

Chunbao Li, Peilei S., Chang X., Xinglian X., Guanghong Z., 2009 Tracing processes of rigor mortis and subsequent resolution of chicken breast muscle using a texture analyzer. *Journal of Food Engineering* 100 (2010) 388–391.

Collignan A. , Bohuon P., Deumier F., Poligne I., 2000 Osmotic treatment of fish and meat products.

Collignan A., Raoult-Walk A.L. 1994. Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar/salt solutions. *LWT*, 27, 259-264.

Crawford L., Ruff E., 1996 A review of the safety of cold pasteurization through irradiation. *Food control*, Vol 7, 87-97, 1996.

Dalla Rosa M., Giroux F., 2000. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. *Journal of Food Engineering* 49 (2001) 223-236.

Davidson P.M., Brannen A.L., 2005, Food Antimicrobials-An Introduction. In: P.M. Davidson, J.N. Sofos, A.L. Brannen (Eds.), *Antimicrobials in Food*, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 1-10.

Del Río E., Panizo-Morán M., Prieto M., Alonso-Calleja C., Capita R., 2006 Effect of various chemical decontamination treatments on natural microflora and sensory characteristics of poultry. *International Journal of Food Microbiology* 115 (2007) 268–280.

Dermensonlouoglou E.K., Taoukis P.S. 2008. Characterisation of reused osmotic solution during tomato osmotic dehydration. IFT Annual Meeting, 28 June – 1 July, New Orleans-Louisiana, U.S.A., Book of Abstracts.

Economou T., Pournis N., Ntzimani A., Savvaidis I.N.,2008. Nisin–EDTA treatments and modified atmosphere packaging to increase fresh chicken meat shelf-life. *Food Chemistry* 114 (2009) 1470–1476.

Erle U., Schubert H. 2001. Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. *J Food Engineering* 49, 193-199.

FAO. FAO.www.fao.org [Online]

Gheisari H. R. , Motamedi H., 2009 Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. *Meat Science* 86 (2010) 377–383.

Goula A., Lazarides H., 2012 Modeling of mass and heat transfer during combined processes of osmotic dehydration and freezing (Osmo-Dehydro-Freezing). *Chemical Engineering Science* 82 (2012) 52–61.

Gram L., Huss H.H., 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*. 1996, 33.

Grandison A. S., Jennings A., 1993 Extension of the shelf life of fresh minced chicken meat by electron beam irradiation combined with modified atmosphere packaging. *Food Control* 1993 Volume 4 Number 2 83.

Herrera J.J., Pastoriza L., 1, Nesvadba P. 2000. Effect of the addition of maltodextrine and sucrose on the ice melting onset of minced fish muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(3), 305-310.

Hinton A. Jr., Cason J.A., Ingram K. D., 2002 Tracking spoilage bacteria in commercial poultry processing and refrigerated storage of poultry carcasses. *International Journal of Food Microbiology* 91 (2004) 155– 165.

Holley R. A., Patel D., 2003 Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology* 22 (2005) 273–292.

James C, Vincent C., De Andrade Lima T.I., James S.J. , 2005 The primary chilling of poultry carcasses: a review. *International Journal of Refrigeration* 29 (2006) 847-862.

Jay J. M., 2000, *Modern food Microbiology*. 5th Edition, Chapman & Hall, Food Science Texts.

Kennedy Orla B., Stewart-Knox B. J., Mitchell P. C., Thurnham D. I., 2003 Flesh colour dominates consumer preference for chicken. *Appetite* 44 (2005) 181–186.

Kerr W.L., Reid D.S. 1994. Temperature dependence of the viscosity of sugar and maltodextrin solutions in coexistence with ice. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 27, 225-231.

Khin M. M., Weibiao Z. , Shi Y. Y., 2006 Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of Food Engineering* 81 (2007) 514–522.

Leistner L., Gorris L.G.M. 1995. Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science & Technology* 6, 41-46.

- Lemay M.J., Choquette J., Delaquis P.J., Gariépy C., Rodrigue N., Saucier L. 2002.** Antimicrobial effect of natural preservatives in a cooked and acidified chicken meat model. *International Journal of Food Microbiology* 78(3), 217-226.
- Lenart A., Flink J.M. 1984.** Osmotic concentration of potato. I. Criteria for the end point of the osmosis process. *Journal of Food Technology*, 19(1), 45-63.
- Lindgren S. E., Dobrogosz W. J., 1990** Antagonistic activity of lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Reviews* 87 (1990) 149-164.
- Liu Y., Fan X., Chen Y., Thayer D. W., 2001,** Changes in structure and color characteristics of irradiated chicken breasts as a function of dosage and storage time. *Meat Science* 63 (2003) 301–307.
- Lucke F., 1999,** Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science* 56 (2000) 105-115.
- Mani-López E., García H.S., López-Malo A., 2011** Organic acids as antimicrobials to control Salmonella in meat and poultry products. *Food Research International* 45 (2012) 713–721.
- Martin F., Cayot N., Marin A., Journaux L., Cayot P., Gervais P., Cachon R., 2009** Effect of oxidoreduction potential and of gas bubbling on rheological properties and microstructure of acid skim milk gels acidified with glucono- δ -lactone. *American Dairy Science Association*, 2009 .
- Martin Lo Y., Cao D., Argin-Soysal S., Wang J., Hahm T., 2004** Recovery of protein from poultry processing wastewater using membrane ultrafiltration. *Bioresource Technology* 96 (2005) 687–698.
- Martinez A., Carrefio J., Almela L., Fernhndez-Lopez J. A., 1995** Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Research International*, Vol. 28, No. 4, pp. 373-311, 1995.
- Mastromatteo M., Lucera A., Sinigaglia M., Corbo M. R., 2008** Combined effects of thymol, carvacrol and temperature on the quality of non conventional poultry patties. *Meat Science* 83 (2009) 246–254.
- Mataragas M. , Skandamis P.N., Drosinos E.H., 2007** Risk profiles of pork and poultry meat and risk ratings of various pathogen/product combinations. *International Journal of Food Microbiology* 126 (2008) 1–12.
- McDonald K., Sun D., 1998** Predictive food microbiology for the meat industry: a review. *International Journal of Food Microbiology* 52 (1999) 1–27.
- Mellor G. E., Bentley J. A., Dykes G. A., 2010** Evidence for a role of biosurfactants produced by *Pseudomonas fluorescens* in the spoilage of fresh aerobically stored chicken meat. *Food Microbiology* 28 (2011) 1101-1104.

- Moreno J., Chiralt A., Escheriche I., Serra J.A. 2000.** Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International* 33, 609-616.
- Nsonzi F., Ramaswamy H.S. 1998.** Quality evaluation of osmoconvective dried blueberries. *Drying Technology* 16(3-5), 705-723.
- Patsias A., Badeka A.V., Savvaidis I.N., Kontominas M.G., 2007** Combined effect of freeze chilling and MAP on quality parameters of raw chicken fillets. *Food Microbiology* 25 (2008) 575–581.
- Peleg M. , Corradini M. G., Normand M. D., 2006** The logistic (Verhulst) model for sigmoid microbial growth curves revisited. *Food Research International* 40 (2007) 808–818.
- Pereira P. M., Dos Reis Baltazar Vicente A. F., 2012** Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* 93 (2013) 586–592.
- Pigott G.M., Tucker B.W. 1994.** *Seafood. Effects of Technology on Nutrition.* Marcel Dekker, Inc., New York, USA/Basel, Switzerland.
- Potter N., Hotchkiss J., 1995,** *Food Science,* Chapman & Hall, 5th edition, USA, p.334-337.
- Raoult- Walk A.L. 1994,** Recent advantages in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 5, 255-260.
- Rastogi N.K. Raghavarao K.S.M.S., Niranjana K., Knorr D. 2002.** Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 48-59.
- Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Niranjana K., Knorr D., 2002.** Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology*. 2002, 13.
- Rodríguez-Calleja J.M. , Cruz-Romero M.C., O’Sullivan M.G., García-López M.L., Kerry J.P., 2011** High-pressure-based hurdle strategy to extend the shelf-life of fresh chicken breast fillets. *Food Control* 25 (2012) 516-524.
- Romero Barranco C., Brenes Balbuena M., Garcia-Garcia P., Garrido Fernandez A. 2001.** Management of spent brines or osmotic solutions. *Journal of Food Engineering* 49, 237-246.
- Ross T., McMeekin T. A., 1993** Predictive Microbiology . *International Journal of Food Microbiology* 23 (1994) 241-264.
- Ruff M. D., 1999** Important parasites in poultry production systems. *Veterinary Parasitology* 84 (1999) 337–347.

- Sakaridis I., Soutos N., Dovas C.I., Papavergou E., Ambrosiadis I., Koidis P., 2011** Lactic acid bacteria from chicken carcasses with inhibitory activity against *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*. *Anaerobe* 18 (2012) 62-66.
- Salminen E. , Rintala J. , 2001** Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste – a review. *Bioresource Technology* 83 (2002) 13–26.
- Savvaidis I.N., Economou T. , Pournis N., Ntzimani A., 2008** Nisin–EDTA treatments and modified atmosphere packaging to increase fresh chicken meat shelf-life. *Food Chemistry* 114 (2009) 1470–1476.
- Schmidt F.C. , Carciofi B.A.M, Laurindo J.B., 2007** Salting operational diagrams for chicken breast cuts: Hydration–dehydration. *Journal of Food Engineering* 88 (2008) 36–44.
- Soyer A., Ozalp B., Dalmis U., Bilgin V., 2009** Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry* 120 (2010) 1025–1030.
- Stiles M., Holzapfel W. H., 1996** Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *International Journal of Food Microbiology* 36 (1997) 1- 29.
- Szymczak J. A., Plochanski, W. J., & Konopacka, D. 1998.** The osmotic influence of repeated use of sucrose syrup on the quality of osmoconvectively dried sour cherries. In C. B. Akritidis, D Marinos Kouris, G. D. Saravacos, In *Proceedings of the 11th international drying symposium (IDS '98)*, vol. A (pp. 895-902). Thessaloniki: Ziti Editions.
- Torreggiani D , 1995** Technological aspects of osmotic dehydration in foods. [editor] G. V. Barbosa-Canovas and J. Walte-Chanes. *Food Preservation by Moisture Control – Fundamentals & Applications*. USA: TECHNOMIC Publication, 1995, pp. 281-304.
- Veld J., 1996** Microbial and biochemical spoilage of foods. *International Journal of Food Microbiology* 33 (1996) 1-18.
- Volpato G., Michielin E.M.Z., Ferreira S.R.S., Petrus J.C.C., 2005** Kinetics of the diffusion of sodium chloride in chicken breast (*pectoralis major*) during curing. *Journal of Food Engineering* 79 (2007) 779–785.
- Yongsawatdigul J., Gunasekaran S. 1996.** Microwave-vacuum drying of cranberries: part 1. Energy use and efficiency. *J Food Processing and Preservation* 20, 121-143.
- Yusop S. M., O’Sullivan M. G., Kerry J. F., Kerry J. P., 2009,** Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat Science* 85 (2010) 657–663.
- Yuste J., Mor-Mur M., Capellas M., Guamis B., Pla R., 1998** Microbiological quality of mechanically recovered poultry meat treated with high hydrostatic pressure and nisin. *Food Microbiology*, 1998, 15, 407-414.

Γεωργάκης Σ., 2005, Το Κρέας και τα Προϊόντα του (Παραγωγή-Εμπορία-Τεχνολογία-Υγιεινή). ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΙΔΕΙΑ (εκδ.), Θεσσαλονίκη.

Τζιά Κ., Ταούκης Π., Ωραιοπούλου Β., 2007 Επιστήμη και μηχανική τροφίμων: Συστατικά-Ιδιότητες-Μικροβιολογία-Ποιότητα-Συσκευασία, Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα 2007.

Τζιά Κ., 2010 Σχεδιασμός και λειτουργία βιομηχανίας τροφίμων. Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2010.

Τσιρώνη Θ., 2010, Μελέτη μη θερμικών προκατεργασιών για τη βελτίωση της διατηρησιμότητας ιχθυρών. Διδακτορική διατριβή. Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π, Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων.

Παράρτημα

Ολική μικροβιακή χλωρίδα

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,01739	0,01592	0,01466
5	0,03755	0,02255	0,02327
10	0,05934	0,05314	0,03249
15	0,10499	0,06083	0,06421

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,04797	0,01599	1,87E-06
Row 2	3	0,08337	0,02779	7,16E-05
Row 3	3	0,14497	0,048323	0,000198
Row 4	3	0,23003	0,076677	0,000604
Column 1	4	0,21927	0,054818	0,001412
Column 2	4	0,15244	0,03811	0,000492
Column 3	4	0,13463	0,033658	0,000468

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,006362	3	0,002121	16,86019	0,002503	4,757063
Columns	0,000996	2	0,000498	3,957626	0,080164	5,143253
Error	0,000755	6	0,000126			
Total	0,008113	11				

Ψευδομονάδες

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,01532	0,01592	0,01646
5	0,03105	0,02255	0,02976
10	0,05556	0,05314	0,04246
15	0,10912	0,06083	0,06337

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0477	0,0159	3,25E-07
Row 2	3	0,08336	0,027787	2,1E-05
Row 3	3	0,15116	0,050387	4,86E-05
Row 4	3	0,23332	0,077773	0,000739
Column 1	4	0,21105	0,052763	0,001686
Column 2	4	0,15244	0,03811	0,000492
Column 3	4	0,15205	0,038013	0,000398

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,006689	3	0,00223	12,85587	0,00506	4,757063
Columns	0,000576	2	0,000288	1,661639	0,266531	5,143253
Error	0,001041	6	0,000173			
Total	0,008306	11				

Όψη φρέσκου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0081	0,005	0,0084
5	0,0166	0,0063	0,0096
10	0,025	0,0117	0,0125
15	0,0448	0,0146	0,0128

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0215	0,00716667	3,54333E-06
Row 2	3	0,0325	0,01083333	2,76633E-05
Row 3	3	0,0492	0,0164	5,563E-05
Row 4	3	0,0722	0,02406667	0,000323213
Column 1	4	0,0945	0,023625	0,000246883
Column 2	4	0,0376	0,0094	2,04333E-05
Column 3	4	0,0433	0,010825	4,69583E-06

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,000486897	3	0,0001623	2,958614159	0,119694	4,757062664
Columns	0,000490962	2	0,00024548	4,474972529	0,064645	5,14325285
Error	0,000329138	6	5,4856E-05			
Total	0,001306997	11				

Χρώμα φρέσκου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,01	0,0058	0,0025
5	0,0173	0,0059	0,0051
10	0,0277	0,014	0,006
15	0,0371	0,0143	0,0095

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0183	0,0061	1,41E-05
Row 2	3	0,0283	0,009433	4,66E-05
Row 3	3	0,0477	0,0159	0,00012
Row 4	3	0,0609	0,0203	0,000217
Column 1	4	0,0921	0,023025	0,000141
Column 2	4	0,04	0,01	2,3E-05
Column 3	4	0,0231	0,005775	8,37E-06

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,000366	3	0,000122	4,867715	0,047733	4,757063
Columns	0,000647	2	0,000323	12,90106	0,006716	5,143253
Error	0,00015	6	2,51E-05			
Total	0,001163	11				

Οσμή φρέσκου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0118	0,0088	0,0163
5	0,0224	0,0132	0,0214
10	0,0327	0,0178	0,0274
15	0,0362	0,0287	0,0278

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0369	0,0123	1,43E-05
Row 2	3	0,057	0,019	2,55E-05
Row 3	3	0,0779	0,025967	5,7E-05
Row 4	3	0,0927	0,0309	2,13E-05
Column 1	4	0,1031	0,025775	0,000121
Column 2	4	0,0685	0,017125	7,3E-05
Column 3	4	0,0929	0,023225	2,99E-05

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,000594	3	0,000198	15,22508	0,003271	4,757063
Columns	0,000158	2	7,9E-05	6,075602	0,036119	5,143253
Error	7,8E-05	6	1,3E-05			
Total	0,00083	11				

Σκληρότητα μαγειρεμένου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0107	0,0075	0,0008
5	0,0137	0,0097	0,0044
10	0,0176	0,0105	0,0059
15	0,0185	0,0127	0,0102

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,019	0,006333	2,55233E-05
Row 2	3	0,0278	0,009267	2,17633E-05
Row 3	3	0,034	0,011333	3,47433E-05
Row 4	3	0,0414	0,0138	1,813E-05
Column 1	4	0,0605	0,015125	1,30425E-05
Column 2	4	0,0404	0,0101	4,61333E-06
Column 3	4	0,0213	0,005325	1,51425E-05

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	9,01967E-05	3	3,00656E-05	22,00365928	0,001225117	4,757063
Columns	0,000192122	2	9,60608E-05	70,3027038	6,85494E-05	5,143253
Error	8,19833E-06	6	1,36639E-06			
Total	0,000290517	11				

Προσκολλησιμότητα μαγειρεμένου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0042	0,0038	0,0041
5	0,0073	0,0073	0,006
10	0,0103	0,0088	0,0089
15	0,0137	0,093	0,0092

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0121	0,004033333	4,3333E-08
Row 2	3	0,0206	0,006866667	5,6333E-07
Row 3	3	0,028	0,009333333	7,0333E-07
Row 4	3	0,1159	0,038633333	0,00222186
Column 1	4	0,0355	0,008875	1,6549E-05
Column 2	4	0,1129	0,028225	0,00186919
Column 3	4	0,0282	0,00705	0,00000595

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,00233023	3	0,000776743	1,39333031	0,33289623	4,75706266
Columns	0,001101512	2	0,000550756	0,98795157	0,42571028	5,14325285
Error	0,003344835	6	0,000557473			
Total	0,006776577	11				

Υφή μαγειρεμένου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0067	0,003	0,003
5	0,0159	0,0066	0,0065
10	0,0171	0,0106	0,0087
15	0,0426	0,0107	0,0092

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0127	0,004233333	4,56333E-06
Row 2	3	0,029	0,009666667	2,91433E-05
Row 3	3	0,0364	0,012133333	1,94033E-05
Row 4	3	0,0625	0,020833333	0,000355903
Column 1	4	0,0823	0,020575	0,000237183
Column 2	4	0,0309	0,007725	1,35692E-05
Column 3	4	0,0274	0,00685	7,96333E-06

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,00043047	3	0,00014349	2,490605337	0,157390019	4,757062664
Columns	0,000472352	2	0,000236176	4,099385261	0,075457347	5,14325285
Error	0,000345675	6	5,76125E-05			
Total	0,001248497	11				

Γεύση μαγειρεμένου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0029	0,0024	0,002
5	0,015	0,0077	0,0064
10	0,0222	0,0138	0,0098
15	0,0471	0,0193	0,0168

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0073	0,00243333	2,03333E-07
Row 2	3	0,0291	0,0097	0,00002149
Row 3	3	0,0458	0,01526667	4,00533E-05
Row 4	3	0,0832	0,02773333	0,000282863
Column 1	4	0,0872	0,0218	0,0003479
Column 2	4	0,0432	0,0108	5,38067E-05
Column 3	4	0,035	0,00875	3,89967E-05

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,001026897	3	0,000342299	6,956980263	0,0222132	4,7570627
Columns	0,000394007	2	0,000197003	4,003951944	0,078584	5,1432528
Error	0,000295213	6	4,92022E-05			
Total	0,001716117	11				

Μετάγευση μαγειρεμένου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0042	0,0022	0,0035
5	0,015	0,0068	0,0086
10	0,0219	0,0163	0,0121
15	0,0435	0,018	0,0155

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,0099	0,0033	0,00000103
Row 2	3	0,0304	0,010133333	1,85733E-05
Row 3	3	0,0503	0,016766667	2,41733E-05
Row 4	3	0,077	0,025666667	0,000240083
Column 1	4	0,0846	0,02115	0,00027507
Column 2	4	0,0433	0,010825	5,73492E-05
Column 3	4	0,0397	0,009925	2,62825E-05

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,000819607	3	0,000273202	6,390736782	0,026835066	4,757062664
Columns	0,000311222	2	0,000155611	3,640043145	0,092225509	5,14325285
Error	0,000256498	6	4,27497E-05			
Total	0,001387327	11				

Συνολική Εντύπωση μαγειρεμένου προϊόντος

$k(d^{-1})$

T	Control	OD	ODa
0	0,0069	0,0062	0,0049
5	0,0184	0,0111	0,088
10	0,026	0,0171	0,0138
15	0,0572	0,0211	0,0181

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	3	0,018	0,006	0,00000103
Row 2	3	0,1175	0,039166667	0,001801843
Row 3	3	0,0569	0,018966667	3,98233E-05
Row 4	3	0,0964	0,032133333	0,000473503
Column 1	4	0,1085	0,027125	0,000463649
Column 2	4	0,0555	0,013875	4,30692E-05
Column 3	4	0,1248	0,0312	0,0014641

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,001936487	3	0,000645496	0,974095619	0,464545026	4,7570627
Columns	0,000656432	2	0,000328216	0,495299468	0,63228167	5,1432528
Error	0,003975968	6	0,000662661			
Total	0,006568887	11				