



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**Μελέτη της επίδρασης του όζοντος στον χρόνο ζωής φρέσκου
κρέατος κοτόπουλου**

ΑΓΓΕΛΟΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

Τεχνολόγος Γεωπόνος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2018



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**Μελέτη της επίδρασης του όζοντος στον χρόνο ζωής φρέσκου
κρέατος κοτόπουλου**

ΑΓΓΕΛΟΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

Τεχνολόγος Γεωπόνος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2018

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επιβλέπων: ΣΑΒΒΑΪΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Καθηγητής του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη: ΜΠΑΔΕΚΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

Επ. Καθηγήτρια του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΣΤΑΛΙΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Καθηγητής του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες στον (αποβιώσαντα) Αναπληρωτή καθηγητή κ. Κυριάκο Ρηγανάκο του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την αρχική επιλογή του ερευνητικού θέματος και την συνολική του υποστήριξη σε ότι αφορά την εκτέλεση του παρόντος πειράματος.

Στην συνέχεια θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Ιωάννη Σαββαΐδη Καθηγητή του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την καθοδήγηση του σε ότι αφορά την συγγραφή της παρούσας διατριβής και την εκτίμηση των τελικών αποτελεσμάτων.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ.κ. Κωνσταντίνο Σταλικά, Καθηγητή και την κα Μπαδέκα Αναστασία Επίκουρος Καθηγήτρια του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή και για τις εύστοχες παρατηρήσεις και υποδείξεις στην παρούσα διατριβή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	8
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.2 ΚΟΤΟΠΟΥΛΟ.....	9
1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	9
1.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	11
1.2.3 ΦΥΛΕΣ ΟΡΝΙΘΩΝ ΚΡΕΑΤΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	12
1.2.4 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΚΡΕΑΤΟΣ ΚΟΤΟΠΟΥΛΟΥ	21
1.2.5 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΥΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ.....	23
1.2.6 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΡΕΑΤΟΣ ΚΟΤΟΠΟΥΛΟΥ.....	26
1.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΡΕΑΤΟΣ ΚΟΤΟΠΟΥΛΟΥ.....	31
1.3.1 ΨΥΞΗ.....	31
1.3.2. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΣΗ.....	32
1.3.3. ΟΖΟΝΙΣΜΟΣ	34
1.4 ΟΖΟΝ O ₃	35
1.4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΟΖΟΝ.....	35
1.4.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.....	36
1.4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ.....	39
1.4.4 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΟΖΟΝ	41
1.4.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.....	42
1.4.6 ΟΖΟΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ.....	43
1.4.7 ΤΟ ΟΖΟΝ ΚΑΙ Η ΥΓΙΕΙΝΗ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	46

1.5	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	ΤΟΥ	ΚΡΕΑΤΟΣ	
ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ.....				54
1.5.1	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΣΕ	ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ	
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ.....				60
1.6	ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ			63
1.7	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΕΥΝΑΣ.....			68
2.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ			69
2.1	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....			69
2.2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....			70
2.2.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....			70
2.2.2	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ pH.....			71
2.2.3	ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΖΟΝΙΣΜΟΥ			71
2.2.3.1	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΟΖΟΝΤΟΣ.....			72
2.2.3.2	ΣΥΣΚΕΥΗ	ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ	ΑΕΡΙΟΥ	
ΟΖΟΝΤΟΣ.....				73
2.2.4	ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			74
2.2.4.1	ΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΧΛΩΡΙΔΑ (ΟΜΧ), ΖΥΜΕΣ –			
ΜΥΚΗΤΕΣ, ΕΝΤΕΡΟΒΑΚΤΗΡΙΑ, ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ				
ΟΞΕΟΣ, ΨΕΥΔΟΜΟΝΑΔΕΣ.....				74
2.2.4.1.1	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ.....			74
2.2.4.1.2	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ.....			75
2.3	ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ.....			76
2.4	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....			77
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ			78
3.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....			78
3.2	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ pH.....			81
3.3	ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			84
3.4	ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ			96
3.5	ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ			102
3.6	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ	ΤΗΣ	
ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΙΔΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΙΣΜΟΥ.....				105

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	107
5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	110
6. ABSTRACT.....	112
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	113

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Όρνιθα, ή κοινώς **κότα**, ή κοινώς **πετεινός** ή **κόκκορας**, (ουδέτερο το **κοτόπουλο**) (επιστ. *Gallus gallus domesticus* - Όρνιθα η όρνιθα η οικιακή) είναι ένα εξημερωμένο πτηνό. Είναι ένα από τα πιο κοινά και διαδεδομένα οικόσιτα ζώα, αφού υπολογίζεται ότι το 2003 υπήρχαν γύρω στα 24 δισεκατομμύρια εκπρόσωποι του είδους (Firefly Encyclopedia of Birds, Ed. Perrins, Christopher. Buffalo, N.Y.: Firefly Books, Ltd., 2003). Δηλαδή υπάρχουν περισσότερες κότες στον κόσμο από οποιοδήποτε άλλο πουλί, ή και από τους ανθρώπους. Ο άνθρωπος εκτρέφει τις κότες κυρίως ως πηγή τροφίμων, για το κρέας τους και τα αυγά τους. Η κότα πιστεύεται ότι εξημερώθηκε στην Ινδία, ενώ πρόσφατα ανακαλύφθηκαν στοιχεία ότι η εξημέρωσή της είχε ήδη ξεκινήσει στο Βιετνάμ πριν από 10.000 χρόνια (Sherman, David M. 2002). Από την Ινδία το εξημερωμένο πτηνό διαδόθηκε στην Περσία, τη Λυδία, μετά στη δυτική Μικρά Ασία και γύρω στον 9-8 αιώνα π.Χ. και στην Ελλάδα. Η κότα ήταν γνωστή στην Αίγυπτο από την 18η Δυναστεία, σαν το "το πουλί που γεννάει ένα αυγό κάθε μέρα". Η κότα ήρθε στην Αίγυπτο από την Συρία και τη Βαβυλώνα (Howard Carter, 1923). Το κρέας των ορνίθων από τους προϊστορικούς χρόνους κατείχε ένα σημαντικό κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής. Για τον λόγο αυτό από πολύ νωρίς αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας. Η ανάγκη των καταναλωτών για ζωικές πρωτεΐνες και η επιθυμία για μια ισορροπημένη και υγιεινή διατροφή, έχουν κάνει τον τομέα της πτηνοτροφίας σημαντική βιομηχανική επιχείρηση σε όλο τον κόσμο. Παράλληλα τα τελευταία χρόνια σημαντική πρόοδος έχει γίνει στον τομέα της συσκευασίας και συντήρησης του κρέατος των ορνίθων, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των καταναλωτών για τρόφιμα με

μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και παράλληλα να αυξηθεί η ανταγωνιστικότητα των προϊόντων (Αλκήνης, 2009).

1.2 ΚΟΤΟΠΟΥΛΟ

1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ορνιθοτροφία (ή πτηνοτροφία) είναι ένας κλάδος της αγροτικής οικονομίας που ασχολείται με την εκτροφή πουλερικών η οποία περιλαμβάνει τις όρνιθες, τις γαλοπούλες, τις πάπιες, τις χήνες, τις φραγκόκοτες, τα ορτύκια, τα περιστέρια και τους φασιανούς με σκοπό την παραγωγή αυγών, κρέατος καθώς φτερών και πτίλων. Η ορνιθοτροφία αποτελεί το δυναμικότερο κλάδο της ελληνικής κτηνοτροφίας, αφού η αυτάρκεια που εξασφαλίζει σε αυγά ή κρέας ξεπερνάει το 90 % (<http://www.GAIApedia.gr>, 2015). Η κατάσταση του κλάδου αυτού σκιαγραφείται ως ακολούθως:

Μέχρι το τέλος του II Παγκόσμιου πολέμου στη χώρα μας, όπως και στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, δεν υπήρχε συστηματική ορνιθοτροφία αλλά μόνο χωρική. Τα κρεοπαραγωγά ορνίθια ήταν άγνωστα και το ορνίθιο κρέας ήταν ένα «παραπροϊόν» που προερχόταν κυρίως από τη σφαγή των ορνίθων μετά το τέλος της ωοτοκίας τους. Οι όρνιθες αυτές που προέρχονταν αρχικά από τον εγχώριο πληθυσμό ορνίθων (εγχώρια όρνιθα) και αργότερα από τις φυλές Λευκή Λεγκόρν, Κόκκινη Ροντ Άιλαντ κτλ., εκτρέφονταν στις αυλές των αγροτικών σπιτιών κατά τον παραδοσιακό τρόπο και η ετήσια παραγωγή τους ήταν 30-100 αυγά/όρνιθα (Γιαννακόπουλος, Τσερβένη- Γούση, 2009).

Μετά το 1950, άρχισε σταδιακά η ανάπτυξη της ορνιθοτροφίας, που ουσιαστικά στη δεκαετία 1960-70 πέρασε στη συστηματική της μορφή και εμπορευματοποιήθηκε η παραγωγή της. Η ανάπτυξή της ήταν

εντυπωσιακή. Η διάρθρωσή της μεταβλήθηκε, εισήχθηκαν εξειδικευμένοι στην αυγοπαραγωγή και κρεοπαραγωγή τύποι ορνίθων και ορνιθίων, εφαρμόστηκε καινούργια τεχνολογία και βελτιώθηκε σημαντικά η οργάνωση της παραγωγής. Ειδικότερα, η συστηματική αυγοπαραγωγός ορνιθοτροφία εμφανίσθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1950, ενώ η κρεοπαραγωγός λίγο αργότερα στις αρχές της δεκαετίας του 1960, γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας (Αθήνα, Θεσσαλονίκη), με την ίδρυση μεγάλων επιχειρηματικών μονάδων (<http://www.GAIApedia.gr>, 2015, Γιαννακόπουλος, Τσερβένη Γούση, 2009).

Η ορνιθοτροφία αποτελεί σήμερα ένα σημαντικό, δυναμικό και ανεξάρτητο από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας, κλάδο της κτηνοτροφίας. Έχει το συγκριτικό πλεονέκτημα, απέναντι στους άλλους κλάδους της κτηνοτροφίας, του σχετικά χαμηλού κόστους παραγωγής των προϊόντων της. Δηλαδή, ο κλάδος της ορνιθοτροφίας έναντι των άλλων κλάδων της ζωικής παραγωγής παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα και κυρίως δεν είναι οργανικά δεμένος με τη γη και ο χρόνος επιστροφής του επενδυμένου κεφαλαίου είναι σχετικά μικρός με αποτέλεσμα να εμφανίζει αυξημένη προσαρμοστικότητα στις μεταβολές της αγοράς (Γιαννακόπουλος, Τσερβένη Γούση, 2009).

Η πτηνοτροφία στην Ελλάδα είναι από τους πιο δυναμικούς κλάδους της αγροτικής οικονομίας και αντιπροσωπεύει σήμερα το 5 % της συνολικής αξίας της αγροτικής παραγωγής.

1.2.2.ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Οι οργανωμένες πτηνοτροφικές επιχειρήσεις στην Ελλάδα παράγουν ετησίως 120.000.000 κοτόπουλα και 1.500.000.000 αυγά. Η παραγωγή καλύπτει σχεδόν πλήρως την εγχώρια ζήτηση. Στον κλάδο δραστηριοποιούνται περί τις 50 επιχειρήσεις διαφόρων μεγεθών. Στην ζωική παραγωγή δραστηριοποιούνται περί τις 2000 αγρότες πτηνοτρόφοι, οι οποίοι συνεργάζονται με τις οργανωμένες / καθετοποιημένες επιχειρήσεις. Η παραγωγή κοτόπουλου είναι συγκεντρωμένη κατά 45 % στην Ήπειρο , κατά 27 % στην Στερεά Ελλάδα και κατά 18 % στην Μακεδονία και τη Θράκη . Οι οργανωμένες επιχειρήσεις του κλάδου απασχολούν άμεσα πάνω από 4.000 άτομα. Στα πτηνοτροφεία αντίστοιχα απασχολούνται περί τα 6.000 άτομα. Από τον κλάδο εξαρτώνται απόλυτα άλλες 5.000 θέσεις εργασίας που αφορούν συνεργεία συλλογής και καθαρισμού, μεταφορές πρώτων υλών και ετοιμών, εργαστήρια μεταποίησης, ψητοπωλεία κλπ.

Η Ελληνική Πτηνοτροφία απορροφά ετησίως πάνω από 500.000 δημητριακών (σιτάρι και καλαμπόκι). Από την Ελληνική παραγωγή απορροφά κυρίως τις ζωοτροφικές ποιότητες, οι οποίες λόγω του ανταγωνισμού και του κόστους μεταφοράς δύσκολα θα αποτελούσαν αντικείμενο εξαγωγής. Οι οργανωμένες επιχειρήσεις του κλάδου πραγματοποίησαν το 2004 συνολικό τζίρο περί τα 700.000.000 €, ενώ περίπου 1.200.000.000 € είναι ο τζίρος των άμεσα εξαρτημένων με αυτές (προμηθευτές – λιανοπωλητές). Μόνο στο άμεσο προσωπικό των οργανωμένων επιχειρήσεων καταβλήθηκαν το 2005 ως καθαρές αποδοχές άνω των 50.000.000 € ενώ καταβλήθηκαν και περί τα 27.000.000 € στα ασφαλιστικά τους ταμεία . Τα ποσά για το σύνολο του κλάδου είναι τριπλάσια ενώ αν συνυπολογισθούν και οι έμμεσα

εξαρτώμενες θέσεις εργασίας πλησιάζουν το τετραπλάσιο. Τα επενδεδυμένα κεφάλαια στον κλάδο ξεπερνούν σε σημερινές τιμές το 1.000.000.000 €. Μόνον οι μονάδες της ζωικής παραγωγής (κοτέτσια), ξεπερνούν σε έκταση τα 3.000.000 τετραγωνικά. Το σύνολο σχεδόν των μονάδων μεταποίησης έχει εκσυγχρονισθεί την τελευταία δεκαετία, ενώ ακόμα και σήμερα βρίσκονται σε εξέλιξη επενδυτικά προγράμματα ύψους άνω των 30.000.000 €. Το 80% της Ελληνικής παραγωγής ελέγχεται από 10 επιχειρήσεις, οι οποίες είναι πλήρως καθετοποιημένες και καλύπτουν την παραγωγή νεοσσών, την παραγωγή φυράματος, την σφαγή – τυποποίηση, την εμπορία – διακίνηση ([http:// www. GAIAPedia. gr](http://www.GAIApedia.gr), 2015).

1.2.3. ΦΥΛΕΣ ΟΡΝΙΘΩΝ ΚΡΕΑΤΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

- **Cornish**

Η Cornish, γνωστή ως Indian Game σε μητρική κομητεία της Κορνουάλης στην Αγγλία (Ηνωμένο Βασίλειο), καθώς επίσης και ως Cornish Game fowl είναι μια φυλή ορνίθων. Τα πτηνά των Cornish, καθώς και οι διασταυρώσεις τους είναι η περισσότερη χρησιμοποιούμενη φυλή στην κρεοπαραγωγό βιομηχανία. Πρόκειται για βαριά, μυώδη πουλιά που γεννούν καφετί αυγά και απαιτούν λίγη ζωοτροφή αν βρίσκονται σε ελεύθερη βοσκή (Εικόνα 1.2.3.1).



Εικόνα 1.2.3.1: Όρνιθα φυλής Cornish

Χαρακτηριστικά

Πρόκειται για μεγάλη, κοντόχοντρη φυλή και συχνά διασταυρώνεται με άλλες φυλές για να ενισχυθεί η παραγωγή κρέατος. Υπάρχουν δύο ποικιλίες:

- Η Cornish Game και
- Η Jubilee Cornish Game

Η Cornish Game είναι σκούρου μπλε-πράσινου χρωματισμού με καφέ διαμόρφωση για τις όρνιθες. Η Jubilee Cornish Game είναι πολύ ελαφρύτερα και λιγότερο γεροδεμένα. Συνήθως είναι ελαφρώς σταρένια στο χρώμα με ανοιχτά καφετί σημεία. Τα Indian game, επίσης γνωστά ως Cornish μερικές φορές αποκαλούνται ως μπουλντόγκ ανάμεσα στα κοτόπουλα.

Η φυλή αυτή ποικίλει στους χρωματισμούς της και είναι αρκετά δημοφιλές πτηνό σε επιδείξεις αν και έχει την τάση για κακοφτιαγμένα πόδια που οφείλεται στη μεγάλη απόσταση των γοφών. Δίνει επίσης εξαιρετική κρεοπαραγωγική όρνιθα όταν διασταυρώνεται με όρνιθες της φυλής Sussex ή της Dorking.

Κατά μέσο όρο η Indian Game παράγει 160-180 αυγά ετησίως. Η επιθετικότητα είναι κοινό χαρακτηριστικό που είναι εύκολο να αντιμετωπιστεί. Η φυλή 21 περιλαμβάνει επίσης καλές μητέρες. Η Indian Game απαιτεί περισσότερο χώρο σε σχέση με άλλες φυλές ορνίθων κι έτσι μπορεί να μην είναι κατάλληλη για εκτροφείς στα προάστια ή για τους λάτρεις τους είδους. Η Indian Game είναι ιδιαίτερα επιρρεπής στα παράσιτα και η Cornish πρέπει να προστατεύεται περισσότερο καθώς τα φτερά της είναι λεπτότερα απ' των άλλων πτηνών.

Το βάρος των πτηνών κυμαίνεται στα 4 kg για τον κόκορα, στα 3 kg για την όρνιθα και στο 1 kg για το κοκοράκι και την πουλάδα. Στις αντίστοιχες μικρόσωμες ποικιλίες τα βάρη κυμαίνονται στα 2 kg για τον κόκορα και στο 1,5 kg για την κότα (Πετρόπουλος 2016).

➤ **Plymouth rock**

Η Plymouth Rock, (Εικόνα 1.2.3.2) συχνά καλούμενη απλώς Rocks ή Barred Rocks (από το πολύ γνωστό ραβδωτό χρωματισμό τους), είναι μία φυλή όρνιθας που προήλθε από τις ΗΠΑ. Η Plymouth Rock είναι ένα πτηνό μικτής κατεύθυνσης, ανθεκτικό στο κρύο και επομένως αποτελεί μία καλή φυλή για έναν ιδιοκτήτη μικρής φάρμας ή κοτετσιού στην πίσω αυλή. Η Barred Rock συχνά αποκαλείται Plymouth Rock, αλλά αυτός ο τίτλος ορθότερα ανήκει σε ολόκληρη τη φυλή, όχι μόνο στο είδος Barred.



Εικόνα 1.2.3.2: Όρνιθα φυλής Plymouth Rock

Προέλευση

Η φυλή αυτή αναπτύχθηκε στη Νέα Αγγλία στα μέσα του 19ο αιώνα και πρωτοπαρουσιάστηκε ως φυλή το 1849. Οι Plymouth Rock εκτράφηκαν ως πουλερικά μικτής κατεύθυνσης, εννοώντας ότι εκτιμούνταν τόσο για το κρέας όσο και για την ωοπαραγωγική τους ικανότητα. Η πρώτη Plymouth Rock είχε ραβδώσεις και τα άλλα είδη αναπτύχθηκαν αργότερα. Η φυλή έγινε διάσημη πολύ γρήγορα και στην πραγματικότητα, μέχρι το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, καμία άλλη φυλή δεν κρατήθηκε και εκτράφηκε ποτέ τόσο εντατικά στις ΗΠΑ όσο η Barred Plymouth Rock. Η φήμη της προήλθε από τις αρετές της ως μία εξαιρετική όρνιθα φάρμας: την ανθεκτικότητα, την πειθαρχία και την άριστη παραγωγή τόσο αυγών όσο και κρέατος. Τα περισσότερα από τα άλλα είδη αναπτύχθηκαν από διασταυρώσεις που περιείχαν κάποιο γονίδιο από το προγονικό παρελθόν του ραβδωτού είδους. Στην αρχή της ανάπτυξής τους, το όνομα Plymouth Rock συνεπαγόταν ένα ραβδωτό πτηνό, αλλά καθώς αναπτύχθηκαν και άλλα είδη, έγινε η ονομασία για τη φυλή. Η Barred Plymouth Rock ήταν μία από τις φυλές που θεμελίωσε τη

βιομηχανία πάχυνσης στα 1920, και η White Rock συνεχίζει να χρησιμοποιείται ως η θηλυκή πλευρά της εμπορικής διασταύρωσης πάχυνσης.

Η Plymouth Rock είχε επίσης τη στιγμή της δόξας της στον επιστημονικό κόσμο: χρησιμοποιήθηκε ως αντικείμενο μελέτης της ιογενούς ογκογένεσης. Ο Francis Peyton Rous, ένας παθολόγος εργαζόμενος στο Πανεπιστήμιο Rockefeller της Νέας Υόρκης ανακάλυψε το 1911 ρετροϊό (που σήμερα ονομάζεται ιός Rous sarcoma) υπεύθυνο για το νεόπλασμα των ορνίθων, χαρακτηριστικό για αυτή τη φυλή. Για αυτή την ανακάλυψη του απονεμήθηκε ένα βραβείο Nobel στη Φυσιολογία και την Ιατρική το 1966.

Χαρακτηριστικά

Οι Plymouth Rocks είναι όρνιθες μεγάλες και μεγάλου χρόνου ζωής. Κάποια είδη είναι καλά για ωοτοκία ενώ άλλα εκτρέφονται κυρίως για το κρέας. Διαθέτουν μία μεγάλη πλάτη, βαθύ γεμάτο στήθος και κίτρινο δέρμα και πόδια. Οι κόττες έχουν μια βαθιά, γεμάτη κοιλιά, το οποίο είναι ένα σημάδι μιας καλής ωοτόκου. Το πρόσωπο της Plymouth Rock είναι κόκκινο με κόκκινους λοβούς αυτιών, ένα φωτεινό κίτρινο ράμφος, καφετιά μάτια και ένα ενιαίο λειρί μετρίου μεγέθους. Τα φτερά τους συγκρατούνται αρκετά χαλαρά, αλλά δεν είναι τόσο μεγάλα ώστε να μπερδεύονται εύκολα. Τα κάτω φτερά της όρνιθας είναι απαλά σαν χνούδι, όπως τα φτερά των μωρών κοτόπουλων.

Όσον αφορά στην ιδιοσυγκρασία, τόσο οι κόκορες όσο και οι κόττες είναι ήρεμα και τα πηγαίνουν καλά με τους ανθρώπους και τα άλλα ζώα, όπως τα κατοικίδια.

Χρώματα

Υπάρχουν οχτώ χρώματα της φυλής Plymouth Rock αναγνωρισμένα στον περισσότερο κόσμο, εκτός από την Αυστραλία, που η ραβδόχρωμη χωρίζεται σε δύο διαφορετικά χρώματα, τη σκουρόχρωμη (Dark Barred) και την ανοιχτόχρωμη (Light Barred). Η διαφορά μεταξύ των δύο χρωμάτων είναι ιδιαίτερα αισθητή, με τις ρίγες λευκού χρώματος πλατύτερες και τις γκρίζες λεπτότερες στην ανοιχτόχρωμη από ό,τι στη σκουρόχρωμη.

Ο κατάλογος με τα χρώματα που ισχύουν για τον περισσότερο κόσμο (συγκεκριμένα το Ηνωμένο Βασίλειο, την Αμερική και τον Καναδά), είναι ο ακόλουθος:

- Barred White
- Buff Partridge
- Silver Penciled
- Blue Columbian
- Black

Αυγό

Οι Plymouth Rock γεννάνε ένα μεγάλο αυγό που ποικίλει στο χρώμα από ανοιχτό μέχρι μέτριο καφετί με έναν τόνο ροζ. Τα πτηνά συνεχίζουν να γεννάνε καθ' όλο το χειμώνα, αλλά με μειωμένη παραγωγή. Το πλήθος των αυγών εξαρτάται από την προσπάθεια των πτηνών.

Βάρος

Τυπικά βάρη για τις Plymouth Rocks, όπως ορίζεται από την Αμερικανική Ένωση Πουλερικών, είναι ως ακολούθως: κόκορας: 4,3 kg, κότα: 3,4 kg, κοκοράκι: 3,6 kg και πουλάδα: 2,3-2,7 kg (Πετρόπουλος 2016).

- **Orpington**

Η Orpington (Εικόνα 1.2.3.3) είναι μια φυλή κοτόπουλου που πήρε τ' όνομά της απ' την πόλη Orpington της Αγγλίας η οποία εν μέρει έγινε διάσημη απ' αυτή τη φυλή.



Εικόνα 1.2.3.3: Όρνιθα φυλής Orpington

Η ράτσα αυτή ανήκει στις αγγλικές φυλές κοτόπουλων που αναπαράχθηκε για να αποτελέσει μια εξαιρετική φωτόκα όρνιθα με ταυτόχρονα καλή ποιότητα κρέατος.

Το μεγάλο τους μέγεθος και το «ωραίο» παρουσιαστικό τους μαζί με το πλούσιο χρώμα τους και τις ήπιες καμπύλες τα καθιστούν πολύ

ελκυστικά πτηνά και ως εκ τούτου η δημοτικότητά τους έχει αυξηθεί σαν πουλί επίδειξης.

Αποτελούν καλές μητέρες για τα μικρά τους. Αν και έχουν μεγάλο μέγεθος είναι ικανά να πετάνε σε μικρές αποστάσεις. Αποτελούν λοιπόν πουλερικά οικόσιτης μορφής. Χάρη στην κατασκευή τους ανταπεξέρχονται πολύ καλά στα ψυχρά κλίματα.

Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη φυλή έχει ένα βαρύ, μεγάλο σώμα με χαμηλή στάση και το κάτω μέρος του σώματός τους καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των ποδιών τους. Ορισμένα χαρακτηριστικά της Oprington είναι τα εξής:

- Πρόκειται για βαριά πουλιά βάρους περίπου 4,5 kg ο κόκορας, 3,6-48 kg η κότα, 3,8 kg το κοκοράκι και 3,2 kg η πουλάδα. Τα βάρη των αντίστοιχων μικρόσωμων ποικιλιών κυμαίνονται γύρω στα 2 kg για τον κόκορα και 1,6 kg για την κότα.
- Απαλό και πλούσιο πτέρωμα που κρύβει σχεδόν τα πόδια του πουλιού
- Καμπυλωτό σχήμα με κοντή πλάτη που σχηματίζει το γράμμα U, μικρό κεφάλι με ένα μεσαίου μεγέθους μικρό λειρί. Μεγάλα και χνουδωτά φτερά κάνοντάς το να φαίνεται εξαιρετικά μεγάλο.

Χρησιμότητα

Η φυλή αυτή γεννά γύρω στα 175-200 αυγά το χρόνο, μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους και χρώματος ανοιχτού καφετί. Η ωοτοκία τους δε σταματά κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Παλιότερα άτομα της φυλής ήταν ικανά να γεννάνε μέχρι και 340 αυγά το χρόνο. Αυτή η μείωση της

παραγωγής οφείλεται στην επιλογή των κτηνοτρόφων για την εμφάνιση του πτηνού πέρα απ' τη χρησιμότητα. Τα κοτόπουλα επίσης γίνονται μεγαλόσωμα κι έτσι είναι κατάλληλα για κατανάλωση. Δημιουργούν επίσης καλές μητέρες. Όλες αυτές οι ιδιότητες τα καθιστούν ως κατάλληλη οικόσιτη φυλή (Πετρόπουλος 2016).

- **Cochin**

Καταγωγή

Αυτή η φυλή όρνιθας αρχικά ανατράφηκε στην Κίνα και στη συνέχεια εξήχθη στη Βρετανία και στην Αμερική στα μέσα του 19ο αιώνα.

Αυτή η φυλή κοτόπουλου όχι απλά είναι η μεγαλύτερη που έχει ποτέ υπάρξει, με τα αρσενικά άτομα της ράτσας να ζυγίζουν μέχρι και 5 kg, αλλά το μαλακό και πλούσιο φτέρωμα κάνει τα πουλερικά αυτά να ξεχωρίζουν αρκετά και να δείχνουν ακόμα μεγαλύτερα του μεγέθους τους. Μόλις στις Ηνωμένες Πολιτείες, η φυλή αναπτύχθηκε σημαντικά μέχρι τη σημερινή της κατάσταση. Υπάρχει επίσης η αντίστοιχη μικρόσωμη φυλή η οποία συχνά αποκαλείται «Pekin bantam».

Χαρακτηριστικά

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω το πιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης φυλής είναι το υπερβολικό φτέρωμα που καλύπτει όλο το μήκος του παιδιού. Το δέρμα κάτω απ' τα φτερά είναι κίτρινου χρωματισμού και το χρώμα των αυγών είναι ανοιχτό καφέ. Το μέγεθος των αυγών είναι μέτριο. Τα πρότυπα βάρη είναι 5 kg για έναν κόκορα, περίπου 4 για μία κότα kg, 4 kg για ένα κοκοράκι και 3,2 kg για ένα κοτόπουλο kg. Τα χρώματα της ράτσας ποικίλουν περιλαμβάνοντας μαύρο, μπλε, απόχρωση του ασημί, του χρυσαφένιου, λευκό κ.ά. Τα Cochins τα συναντάμε επίσης σε μια ποικιλία αποκαλούμενη

«Κατσαρά», στην οποία τα φτερά στρέφονται προς τα έξω. Η φυλή αυτή είναι επίσης γνωστή για τις καλές μητέρες ακόμη και ως μητέρες για κοτόπουλα άλλων φυλών καθώς επίσης κι ότι μπορούν να γεννούν πολλά αυγά, αλλά συνήθως όχι για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Επίσης τα άτομα αυτής της ράτσας είναι γνωστό ότι πρόκειται για ένα καλό οικόσιτο ζώο καθώς είναι ήμερο και θεωρούνται ως μία απ' τις πιο φιλικές φυλές κοτόπουλων. Οι Cochins (Εικόνα 1.2.3.4) είναι αρκετά ήρεμες όρνιθες και τείνουν να είναι επίσης και αρκετά ήρεμες (Πετρόπουλος 2016).



Εικόνα 1.2.3.4: Όρνιθα φυλής Cochin

1.2.4 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΟΡΝΙΘΕΙΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

Το κρέας των πουλερικών από θρεπτική άποψη αποτελεί άριστη τροφή. Η μέση σύσταση του ωμού κρέατος των πουλερικών είναι:

- Νερό 64%
- Πρωτεΐνη 32%
- Λίπος 3.5%

Το δέρμα τους είναι επιπρόσθετα πηγή βιταμινών και ανόργανων συστατικών. Η πρωτεΐνη των πουλερικών είναι παραπλήσιας βιολογικής αξίας με εκείνη του κρέατος των θηλαστικών, ενώ το λίπος τους περιέχει μεγαλύτερο ποσό ακόρεστων λιπαρών οξέων από ότι το κρέας των θηλαστικών (Βουδούρης, Κοντομηνάς, 2007). Αναλυτικά οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία και η σύσταση του λίπους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2.4.5 και στον Πίνακα 1.2.4.6

Πίνακας 1.2.4.5: Βιταμίνες και ιχνοστοιχεία που περιέχονται στο κρέας των πουλερικών (πηγή:<http://nutrition.med.uoc.gr>)

Βιταμίνες και Ιχνοστοιχεία	mg/100g
Ασβέστιο	10
Κάλιο	134
Μαγνήσιο	37
Κάλιο	22
Σελήνιο	51,6
Σίδηρος	0,8
Φώσφορος	532
Χρόμιο	1,9

Πίνακας 1.2.4.6: Σύσταση λίπους του κρέατος των πουλερικών
(πηγή: <http://nutrition.med.uoc.gr>)

Λίπος	% σύσταση λίπους
Κορεσμένα	31,5
Μονοακόρεστα cis	34,0
Πολυακόρεστα cis	30,3
Trans	0,5
ω-3	3,9
ω-6	26,0

1.2.5. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΥΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ

Οι μύες του σώματος αποτελούνται από 75% νερό, 20% πρωτεΐνες, 5% λιπίδια και 1% υδατάνθρακες, βιταμίνες και ανόργανα συστατικά. Το νερό υπάρχει μέσα στη δομή των μυών, είτε εντός των μυϊκών ινιδίων, είτε μεταξύ των μυϊκών ινιδίων, είτε ανάμεσα στα μυϊκά ινίδια και την κυτταρική μεμβράνη (σαρκόλημμα), είτε μεταξύ των μυϊκών κυττάρων (Longergan, 2010). Το νερό, επειδή είναι πολικό μόριο, είναι συνδεδεμένο με τις ηλεκτρικά φορτισμένες ομάδες των πρωτεϊνών των μυών, με αποτέλεσμα την ισχυρή έλξη και ακινητοποίηση του και είναι γνωστό και ως δεσμευμένο νερό (Hasan, 2012). Το δεσμευμένο νερό αποθηκεύεται στην περιοχή των μη υδατικών συστατικών, όπως είναι οι πρωτεΐνες, έχοντας μειωμένη κινητικότητα. Το ελεύθερο νερό συγκρατείται με ασθενείς δυνάμεις στην επιφάνεια του μυός. Δεν επηρεάζεται εύκολα η ροή του από τον μυ, παρά μόνο μετά την έξοδο του δεσμευμένου νερού από αυτό, ύστερα από την εμφάνιση της νεκρικής ακαμψίας και των υπόλοιπων αλλαγών του μυός (Longergan, 2010). Ο σκελετικός μυς περιβάλλεται από το επιμύσιο, που είναι ένα παχύ στρώμα συνδετικού ιστού. Στους περισσότερους μυς το

επιμύσιο συνεχίζει με τους τένοντες, που συνδέουν τους μυς με τα οστά. Ο μυς υποδιαιρείται σε μυϊκές ίνες, οι οποίες συντάσσονται σε δεσμίδες και συγκροτούν τον μυ. Αυτές οι δεσμίδες περιβάλλονται από ένα άλλο περίβλημα συνδετικού ιστού, το περιμύσιο. Το συνδετικό περίβλημα της κάθε δεσμίδας επεκτείνεται στο εσωτερικό και περιβάλλει χωριστά την κάθε μυϊκή ίνα, σχηματίζοντας το ενδομύσιο. Το ενδομύσιο είναι ένα λεπτό στρώμα συνδετικού ιστού, που βρίσκεται πάνω στην κυτταρική μεμβράνη των μυών (σαρκόλημμα) και αποτελείται από μια μεμβράνη που είναι συνδεδεμένη με ένα εξωτερικό στρώμα (δικτυωτό στρώμα), το οποίο περιβάλλεται από ινίδια κολλαγόνου, ενταγμένα σε μια μήτρα. Στο εσωτερικό των μυών υπάρχουν διαμερίσματα. Είναι ο ενδομυϊκός χώρος εντός των μυϊκών ινιδίων και ο εξωκυττάριος χώρος (Longergan, 2010).

Οι μυϊκές ίνες χωρίζονται ανάλογα με τη δομή και τη λειτουργικότητά τους σε κόκκινες και λευκές. Οι κόκκινες έχουν μικρή διάμετρο, είναι πλούσιες σε μυοσφαιρίνη και εμπλέκονται στον αερόβιο μεταβολισμό. Οι λευκές μυϊκές ίνες έχουν μεγαλύτερη διάμετρο και εμπλέκονται στις αναερόβιες διεργασίες. Στα πτηνά η διάμετρος της μυϊκής ίνας αυξάνεται με την ηλικία (Dransfield and Sosnicki, 1999). Το κρέας αποτελείται από τρεις κατηγορίες πρωτεϊνών: α) τις πρωτεΐνες ακτίνη, μυοσίνη, τροπομυοσίνη και τροπονίνη που συμβάλλουν στο μηχανισμό συστολής των μυών, β) τις διαλυτές πρωτεΐνες στο νερό όπως είναι η μυοσφαιρίνη μαζί με ένζυμα και γ) τις αδιάλυτες στο νερό πρωτεΐνες που περιλαμβάνουν το συνδετικό ιστό και τις πρωτεΐνες των μεμβρανών. (Belitz et al. 2009) Ο συνδετικός ιστός των μυών του σώματος μαζί με το ενδομύσιο, το περιμύσιο και το επιμύσιο, συνθέτουν ένα δίκτυο ινών κολλαγόνου και ελαστίνης, ενσωματωμένα σε ένα σύμπλεγμα πρωτεογλυκανών (Lepetit, 2008). Το κολλαγόνο αποτελεί το 15-50% του συνολικού συνδετικού ιστού και το 30-35% των συνολικών

πρωτεϊνών του σώματος (Curca et al. 2009). Το κολλαγόνο αποτελείται από τα αμινοξέα γλυκίνη, προλίνη, 4-υδροξυπρολίνη, 5-υδροξυπρολίνη. Η υδροξυπρολίνη, επειδή βρίσκεται αποκλειστικά στον συνδετικό ιστό, δίνει πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα του συνδετικού ιστού στο κρέας (Belitz, et al. 2009). Η βασική δομική μονάδα του κολλαγόνου είναι το τροποκολλαγόνο, με μοριακό βάρος 300.000 και μήκος 280 nm. Κάθε μόριο τροποκολλαγόνου αποτελείται από 3 πολυπεπτιδικές έλικες, οι οποίες ονομάζονται α-έλικες. Επομένως, το κολλαγόνο αποτελείται από μια δεξιόστροφη δέσμη τριών αριστερόστροφων α-ελικών, οι οποίες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους ενδομοριακά, με δεσμούς υδρογόνου. Η τριπλή έλικα που σχηματίζεται αποτελείται από επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες Gly-X-Y, όπου X και Y είναι η προλίνη και η υδροξυπρολίνη (Weston et al. 2002). Η συγκεκριμένη δομή του κολλαγόνου αναφέρεται ως κρυσταλλική. Πριν την θέρμανση το κολλαγόνο έχει την μορφή της τριπλής έλικας και υψηλό συντελεστή ελαστικότητας. Με τη θέρμανση το 58-65% της δομής αυτής του κολλαγόνου μετατρέπεται σε άμορφη δομή. Με τη θέρμανση καταστρέφονται οι δεσμοί υδρογόνου του μορίου του κολλαγόνου με αποτέλεσμα να συστέλλεται και να επέρχεται η συρρίκνωση του. Η θερμική συρρίκνωση των κολλαγόνων ινών περιορίζεται από τις μυϊκές ίνες. Αυτό συνεπάγεται πως η αντίσταση των μυϊκών ινών επιδρά στην τελική συρρίκνωση των κολλαγόνων ινών (Lepetit, 2008, Πασχαλίδου, 2013).

1.2.6. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΟΡΝΙΘΕΙΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

Η μικροβιολογία του κρέατος άρχισε να προσελκύει την προσοχή των επιστημόνων αμέσως μετά την καθιέρωση της βακτηριολογίας ως ανεξάρτητη επιστήμη. Το ενδιαφέρον για την επιστήμη αυτή αυξήθηκε στην δεκαετία του 1930, όταν για πρώτη φορά τεράστιες ποσότητες κρέατος άρχισαν να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις (Αλκήνης, 2009, Davies and Board, 1998).

Στα ζωντανά υγιή ζώα, οι μικροοργανισμοί εντοπίζονται μόνο στον εντερικό σωλήνα και η είσοδό τους σε άλλους ιστούς εμποδίζεται από το ανοσοποιητικό σύστημα. Μετά την σφαγή, οι μηχανισμοί άμυνας καταρρέουν, με αποτέλεσμα η μίανση του κρέατος να είναι αναπόφευκτη. Το περιβάλλον του χώρου σφαγής, επεξεργασίας και συσκευασίας αποτελεί την κυριότερη πηγή μίανσης του φρέσκου κρέατος. Πιο συγκεκριμένα, το δέρμα και το τριχωτό των ζώων, ο εντερικός σωλήνας, τα κόπρανα, το νερό που χρησιμοποιείται κατά τη σφαγή, επεξεργασία και συσκευασία του κρέατος, τα χέρια και τα ρούχα των εργατών, ακόμα και ο αέρας δίνουν την ευκαιρία σε ένα εύρος μικροοργανισμών να αποικίσουν την επιφάνεια του κρέατος. Στο φρέσκο κρέας, μίανση εντοπίζεται κυρίως στην επιφάνεια του κρέατος (Αλκήνης, 2009).

Η μικροβιακή αλλοίωση μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα μιας σειράς αλλαγών στα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά του κρέατος, λόγω της επικράτησης των μικροοργανισμών (Αλκήνης, 2009, Nychas et al. 2008). Οι αλλαγές αυτές οφείλονται στους μεταβολίτες των μικροοργανισμών και γίνονται αντιληπτές με τις μεταβολές που παρατηρούνται στην οσμή, το άρωμα και γενικότερα την εμφάνιση του τροφίμου. Η αλλοίωση δεν αποδίδεται σε όλους τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται πάνω στο κρέας, αλλά σε ένα συγκεκριμένο κάθε

φορά μικροβιακό πληθυσμό, ο οποίος είναι γνωστός ως εφήμεροι (ειδικοί) αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί (EAM, Ephemeral (Specific) Spoilage Organisms, E(S)SO). Η επικράτηση των EAM δεν είναι καθορισμένη, αλλά εξαρτάται κάθε φορά από μία σειρά παραγόντων κατά τη σφαγή, επεξεργασία, μεταφορά και συντήρηση του κρέατος (Αλκήνης, 2009, Nychas, et al. 2008). Οι μικροοργανισμοί που θα καταφέρουν τελικά να επικρατήσουν είναι αυτοί οι οποίοι διαθέτουν τέτοιες στρατηγικές που τους επιτρέπουν να προσαρμοστούν καλύτερα στο μικροπεριβάλλον του τροφίμου. Είναι γνωστό, πλέον, ότι σε κάθε τρόφιμο, πέντε είδη παραγόντων επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών (ενδογενείς, παράγοντες κατά την επεξεργασία, εξωγενείς, ενδογενείς βιοτικοί παράγοντες και συνεργιστικοί παράγοντες). Οι παράγοντες αυτοί μαζί αποτελούν τις συνιστώσες από κάθε ένα διαφορετικό σημείο του τροφίμου, η εξέλιξη του οποίου είναι δυναμική στο χωροχρόνο, επηρεάζει και επηρεάζεται από τους μικροοργανισμούς. Η τροποποίηση ή/και ο έλεγχος ενός ή περισσότερων από τους παραπάνω παράγοντες οδηγεί σε διαφορετική επιλογή ή/και εξέλιξη των μικροοργανισμών, χαρακτηριστικό που μπορεί να έχει εφαρμογή στην δημιουργία προϊόντων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (Αλκήνης, 2009, Nychas and Skandamis, 2005).

Η αλλοίωση των τροφίμων αποτελεί ένα θέμα με τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις και οφείλεται είτε σε χημικά αίτια, για παράδειγμα στην οξείδωση των λιπών, είτε σε βιολογικά, δηλαδή, την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Η μικροβιακή αιτία αλλοίωσης είναι η συνηθέστερη. Αν και τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στον τομέα της συντήρησης των τροφίμων και την παράταση του χρόνου ζωής τους, υπολογίζεται ότι περίπου το 25% όλων των τροφίμων που

παράγονται παγκοσμίως απορρίπτονται λόγω μικροβιακή αλλοίωσης (Αλκήνης, 2009).

Είναι γνωστό ότι το εύρος Gram (-) βακτηρίων που ανήκουν στα γένη *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter* και *Moraxella*, με επικρατέστερο το γένος των *Pseudomonas spp.*, αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της αλλοιογόνου μικροχλωρίδας για το κρέας που συντηρείται αερόβια σε θερμοκρασίες ψύξης. Από το γένος των ψευδομονάδων, τα είδη *Pseudomonas fragi*, *P. lundensis* και *P. fluorescens* είναι τα σημαντικότερα. Τα βακτήρια αυτά αναπτύσσονται ταχύτατα και γρήγορα εκτοπίζουν τους υπόλοιπους μικροοργανισμούς. Η ανάπτυξη των ψευδομονάδων σε επίπεδα των $10^7 - 10^8$ έχει συνδεθεί με την εμφάνιση βακτηριακής γλίτσας (slime) και δυσσομίας (off – odour). Τα χαρακτηριστικά αυτά γίνονται αντιληπτά μετά την εξάντληση της γλυκόζης και του γαλακτικού οξέος (Αλκήνης, 2009, Nychas et al. 2008).

Εκτός από τους παραπάνω μικροοργανισμούς, ψυχρότροφα είδη της οικογένειας *Enterobacteriaceae* (π.χ.) *Hafnia alvei*, *Serratia liquefaciens*, *Enterobacter agglomerans*) αποτελούν μέρος της μικροχλωρίδας κρέατος, αποτελούν δείκτες υγιεινής του προϊόντος (Αλκήνης, 2009, Nychas and Skandamis, 2005).

Οι ψευδομονάδες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε περιβάλλον εμπλουτισμένο σε διοξείδιο του άνθρακα, με αποτέλεσμα την αναστολή της ανάπτυξής τους στις συνθήκες αυτές. Η αλλοίωση του κρέατος που συντηρείται σε περιβάλλον με διοξείδιο του άνθρακα αποδίδεται κυρίως στα γαλακτικά βακτήρια και το *Brochotrix thermosphata*. Τα βακτήρια αυτά απαντώνται στην φυσική χλωρίδα του κρέατος που συντηρείται αερόβια, δε συμβάλλουν, όμως στην αλλοίωση. Αντίθετα, τα δύο αυτά είδη βακτηρίων προκαλούν ένα άλλο είδος αλλοίωσης (οξίνιση, souring),

το οποίο εντοπίζεται σε κρέατα συσκευασμένα σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό. Το είδος αυτό της αλλοίωσης είναι ηπιότερο από τη σήψη που προκαλούν οι ψευδομονάδες, λόγω των λιγότερα δύσοσμων μεταβολιτών των γαλακτικών βακτηρίων και του *B. Thermosphacta*. Τον τελευταίο καιρό, όλο και πιο σημαντικός γίνεται ο ρόλος των πρωτεολυτικών ειδών της οικογένειας Enterobacteriaceae στην αλλοίωση κρέατος συσκευασμένου σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό (Αλκήνης, 2009, Dainty et al. 1986) καθώς και η συμβολή των βακτηρίων αυτών στην παραγωγή δύσοσμων μεταβολιτών (Αλκήνης, 2009, Nortje and Shaw, 1989).

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι υπάρχουν δύο είδη αλλοίωσης, ανάλογα με τις συνθήκες συντήρησης του προϊόντος. Ο πρώτος οφείλεται στον ανταγωνισμό των Gram(-) (κυρίως των ψευδομονάδων), οι οποίοι προκαλούν σήψη του κρέατος, ενώ ο δεύτερος αποδίδεται στον ανταγωνισμό των Gram(+) βακτηρίων, τα οποία προκαλούν οξίνιση (Αλκήνης, 2009, Nychas and Skandamis, 2005).

Γενικά, το κρέας των πουλερικών είναι εξαιρετικά ευαίσθητο σε βακτηριακές μολυσματικές ουσίες λόγω μεγάλων ποσοτήτων θρεπτικών ουσιών, της υψηλής ενεργότητας νερού (a_w) και της υψηλότερης τιμής του pH περιορίζοντας τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (Lawrie, 1998). Στην περίπτωση του κρέατος και των προϊόντων κρέατος, οι ενζυματικές και χημικές αντιδράσεις είναι υπεύθυνες για την αρχική απώλεια της φρεσκάδας, ενώ η μικροβιακή δραστηριότητα είναι υπεύθυνη για την επακόλουθη αλλοίωση.

Τα ωμά πουλερικά είναι μια γνωστή πηγή σαλμονέλας και καμπυλοβακτηριδίων, τα οποία μπορούν να μεταφέρονται ασυμπτωματικά στο έντερο και να μπορούν να μολύνουν τα προϊόντα των πουλερικών. Σε μικρότερο βαθμό, Κλωστηρίδιο (*C. Perfringens*),

σταφυλόκοκκος (*S. Aureus*), λιστέρια (*L. Monocytogenes*), και *E. coli* μπορούν επίσης να βρεθούν στην μικροχλωρίδα του κοτόπουλου. Μετά τη σφαγή, Gram⁺ ράβδοι και μικροκοκκίδες (*Corynebacterium*, *Micrococcus* και *Vagococcus*) περιλαμβάνονται στους κυριότερους μικροοργανισμούς στο κρέας πουλερικών, αλλά και αρνητικά κατά Gram βακτηρίδια όπως Ψευδομονάδα (*Pseudomonas*), Ακτινοβακτήρια (*Actinobacter*), Ακινετοβακτήριο (*Acinetobacter*), Εντεροβακτηριοειδή (*Enterobacteriaceae*), Φλαβοβακτήριο (*Flavobacterium*) και *Psychrobacter* υπερισχύουν στα τελικά προϊόντα. Οι μύκητες θεωρούνται μικρότερης σημασίας στην αλλοίωση των πουλερικών. Μικροβιολογικά τα προβλήματα των προϊόντων των πουλερικών είναι παρόμοια με εκείνα του κόκκινου κρέατος (Jay , 2005, Lund et al., 2000).

Σε διατηρημένα με απλή ψύξη κρέας πουλερικών στελέχη της Ψευδομονάς (*Pseudomonas*) συμπεριλαμβανομένων των *P. fluorescens*, *P. fragi* και *P. putida*, είναι τα βακτηρίδια που προκαλούν αλλοίωση πιο γρήγορα. Σε μικρότερο βαθμό, *Enterobacter*, *Acinetobacter* και *Psychrobacter* μπορεί επίσης να αναπτυχθούν (Lund et al., 2000). Τα πιο κυρίαρχα γένη των ζυμομυκητικών σε σφάγια κρεατοπαραγωγής αποθηκευμένα στους 4 °C είναι *Candida*, *Cryptococcus* και *Yarrowia* (Jay et al., 2005).

1.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΡΝΙΘΕΙΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

1.3.1 ΨΥΞΗ

Η συντήρηση των τροφίμων σε ελεγχόμενη χαμηλή θερμοκρασία, οφείλεται στο γεγονός ότι με ελάττωση της θερμοκρασίας ελαττώνεται συγχρόνως ο ρυθμός των χημικών και των βιολογικών δράσεων των μικροοργανισμών και των ενζύμων, ενώ παράλληλα επιβραδύνονται οι οξειδώσεις, η υδρόλυση και η εξάτμιση του νερού. Η επιβράδυνση των δράσεων αυτών και της μεταβολικής δραστηριότητας των ζωντανών ιστών των τροφίμων είναι τόσο μεγαλύτερες, όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία. Η ψύξη είναι μια φυσική μέθοδος συντήρησης, τα αποτελέσματα της δε διαρκούν μόνο όσο διαρκεί η εφαρμογή της (Κοντομηνάς και Ρηγανάκος, 2007).

Τα τρόφιμα τα οποία συντηρούνται με ψύξη διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα εψυγμένα και τα κατεψυγμένα τρόφιμα (Κοντομηνάς και Ρηγανάκος, 2007). Εψυγμένα είναι εκείνα τα τρόφιμα στα οποία η υπό ψύξη συντήρηση γίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία, αλλά επάνω από το σημείο έναρξης στερεοποίησης του περιεχομένου νερού και κατεψυγμένα είναι εκείνα τα τρόφιμα στα οποία η υπό ψύξη συντήρηση γίνεται σε θερμοκρασίες αρκετά κάτω από τους 0°C, οπότε το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου νερού έχει στερεοποιηθεί.

Η ψύξη χρησιμοποιείται ευρέως γιατί είναι αποτελεσματική για βραχυχρόνια συντήρηση επιβραδύνοντας τα παρακάτω φαινόμενα:

- Ανάπτυξη μικροοργανισμών.
- Μεταβολικές δραστηριότητες, μετά την συλλογή, των ακέραιων φυτικών ιστών (αναπνοή, μαλάκωμα της υφής, αλλαγή χρώματος, ανεπιθύμητη βλάστηση της πατάτας,

γήρανση λόγω ωρίμανσης κλπ.), και μετά τη σφαγή μεταβολικών δραστηριοτήτων των ζωικών ιστών.

- Χημικές αντιδράσεις υποβιβασμού, όπως ενζυμικής οξειδωτικής κασπάνωσης, οξείδωσης των λιπών και χημικές αλλαγές οι οποίες σχετίζονται με την υποβάθμιση του χρώματος και γενικά με την απώλεια της θρεπτικής αξίας των τροφίμων.
- Απώλεια υγρασίας.

1.3.2 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΣΗ

Η εφαρμογή της ακτινοβόλησης στη συντήρηση των τροφίμων άρχισε στα μέσα της δεκαετίας του 1940, με την εξέλιξη πηγών ακτινοβολίας υψηλής έντασης.

Με την ακτινοβόληση είναι δυνατή η καταστροφή άλλοτε μερικών και άλλοτε όλων σχεδόν των μικροοργανισμών του τροφίμου. Είναι ακόμα δυνατή η καταστροφή παρασίτων, εντόμων και η αναστολή ή η επιβράδυνση της βλάστησης διαφόρων κονδύλων. Η κατεργασία ακτινοβόλησης θεωρείται σε ορισμένες χώρες ως ένα πρόσθετο τροφίμων, για το οποίο μάλιστα δεν είναι ακόμα απόλυτα γνωστές οι χημικές μεταβολές της οποίες μπορεί να προκαλέσει στο επεξεργασμένο τρόφιμο (Κοντομηνάς και Ρηγανάκος, 2007).

Κατάλληλες για την ακτινοβόληση των τροφίμων είναι οι ιονίζουσες ακτινοβολίες. Από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες κατάλληλες για την επεξεργασία και την συντήρηση των τροφίμων είναι κυρίως οι ακτίνες γ και οι δέσμες ηλεκτρονίων. Οι ακτίνες γ αν και έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα θεωρούνται πολύ δαπανηρές για την βιομηχανική εφαρμογή και έχουν περιορισμένη εφαρμογή. Οι ακτίνες α ,

τα νετρόνια και τα πρωτόνια προκαλούν σημαντική βλάβη στα τρόφιμα και επιπλέον μπορούν να δημιουργήσουν ανεπιθύμητη δευτερογενή ραδιενέργεια και συνεπώς δεν χρησιμοποιούνται στην ακτινοβολήση των τροφίμων (Κοντομηνάς και Ρηγανάκος, 2007).

Η συνηθισμένη μονάδα μέτρησης της δόσης ακτινοβολίας είναι το Gy, που ορίζεται ως η ποσότητα της ακτινοβολίας που προκαλεί απορρόφηση ενέργειας 100 ergs ανά γραμμάριο υλικού (Δεμερτζής, Κοντομηνάς, 2006).

Οι περισσότερες από τις διεργασίες ακτινοβολήσης που εφαρμόζονται στα τρόφιμα μπορούν να καταταγούν σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

1. Ραδιοαποστείρωση. Κατά την ραδιοαποστείρωση παράγεται ένα εμπορικά αποστειρωμένο προϊόν.

2. Ραδιοπαστερίωση. Η ραδιοπαστερίωση στοχεύει στην καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών που έχουν άμεση σχέση με την δημόσια υγεία.

3. Ήπια ραδιοπαστερίωση. Κατά την ήπια ραδιοπαστερίωση η κατεργασία με ακτινοβολήση στοχεύει στην παράταση του χρόνου διατήρησης του προϊόντος με γενική μείωση των βλαστητικών βακτηριδίων.

4. Απεντόμωση με ακτινοβολήση. Η κατεργασία αυτή στοχεύει στην καταστροφή των εντόμων.

5. Παρεμπόδιση της εκβλάστησης σε αποθηκευμένα λαχανικά.(Κοντομηνάς και Ρηγανάκος, 2007)

Παρά την εντατική έρευνα που έγινε πάνω στη συντήρηση των τροφίμων με ιονίζουσες ακτινοβολίες τα τελευταία 50 χρόνια, οι

πρακτικές εφαρμογές της τεχνολογίας της είναι πολύ λίγες. Οι κύριοι λόγοι είναι δύο:

- Οι δυσάρεστες γεύσεις και οσμές που αποκτούν πολλά ακτινοβολημένα τρόφιμα.
- Οι αμφίβολες σχετικά με το αβλαβές των ακτινοβολημένων τροφίμων.

1.3.3 ΟΖΟΝΙΣΜΟΣ

Ο οζονισμός είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη συντήρηση των τροφίμων με σκοπό την αύξηση του χρόνου ζωής τους. Η χρησιμοποίηση του όζοντος αποσκοπεί στην απαίτηση των καταναλωτών για φρέσκα και κυρίως ασφαλή προϊόντα (FDA, 1995).

Το όζον τόσο στην αέρια όσο και στην υγρή φάση είναι αποτελεσματικό σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (ppm) ώστε να αδρανοποιηθεί η πλειονότητα των μικροοργανισμών (βακτήρια, ζύμες, μύκητες, παράσιτα και ιοί). Εξίσου σημαντικό ρόλο για την καταστροφή των μικροοργανισμών από τη δράση του αερίου όζοντος διαδραματίζει η καλλιέργειας, το pH του μέσου, η θερμοκρασία, η υγρασία και η παρουσία προσθέτων (π.χ. οξέων, σταθεροποιητών, σακχάρων κ.τ.λ.) (Kim et al., 1999).

1.4 OZON O₃

1.4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ OZON

Το 1795, ο Ολλανδός πειραματιστής Martinus Van Marum (1750-1837) αντιλήφθηκε ότι ο αέρας κοντά σε μια ηλεκτροστατική γεννήτρια, αποκτούσε μια διαφορετική οσμή, όταν η γεννήτρια λειτουργούσε και πραγματοποιούνταν ηλεκτρικές εκκενώσεις ([http:// www. lateralscience. co.uk](http://www.lateralscience.co.uk)). Παρόμοια οσμή αποκτούσε ο αέρας κατά τη διάρκεια καταιγίδων με κάθε είδους ατμοσφαιρικές ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές, κεραυνοί). Η οσμή αυτή οφείλεται στο σχηματισμό όζοντος, μιας αλλοτροπικής μορφής του οξυγόνου περιορισμένης σταθερότητας. Οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να αντιληφθούν την οσμή του όζοντος ακόμη σε συγκεντρώσεις 0,02 - 0,05 ppm, ή περίπου το 1/10 της μέγιστης επιτρεπόμενης για έκθεση 15 λεπτών (0,3 ppm) (<http://el.wikipedia.org/wiki/όζον>, <http://www.lenntech.com>).

Τον 20^ο αιώνα το όζον πιστοποιήθηκε ότι βρίσκεται σε ίχνη 0,1-1,1 ppm στη στρατόσφαιρα, δηλαδή στο στρώμα της ατμόσφαιρας σε ύψος 15-50 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης. Το όζον είναι εξαιρετικά αραιό και εκτιμάται πως αν όλο το όζον μπορούσε να συγκεντρωθεί σε μια στιβάδα καθαρού όζοντος στην επιφάνεια της γης, αυτή θα είχε πάχος μόλις 3 mm. Το όζον αυτό έχει προστατευτική σημασία για τους ζωντανούς οργανισμούς στην επιφάνεια της γης επειδή απορροφά τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) του ήλιου και ιδιαίτερα της περιοχής B, (UV-B, 280-320 nm), λόγω της αντίδρασης απορρόφησης: $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O^{\cdot}$. Η μέγιστη απορρόφηση του όζοντος παρουσιάζεται στα 255,3 nm (Greenwood, Earnshaw, 1984).

Όταν δεν υπήρχε ακόμη όζον στην ατμόσφαιρα, οι αρχέγονοι οργανισμοί μπόρεσαν να αναπτυχθούν στο νερό των ωκεανών και σε

αρκετό βάθος, που τους προφύλαγε από την υπεριώδη ακτινοβολία. Τα τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια τα κυανοβακτήρια παρήγαγαν με φωτοσύνθεση αρκετό οξυγόνο (O_2) στην ατμόσφαιρα. Μικρό μέρος του οξυγόνου της στρατόσφαιρας μετατράπηκε σε όζον (O_3) δημιουργώντας μια μεγάλη διάχυτη περιοχή της τροπόσφαιρας, που συχνά αναφέρεται ως **οζονόσφαιρα**. Το οξυγόνο και το όζον απορροφούν τις βλαπτικές υπεριώδεις ακτινοβολίες και το γεγονός αυτό επέτρεψε να εξελιχθούν οι οργανισμοί σε αμφίβιους και στη συνέχεια σε χερσαίους.

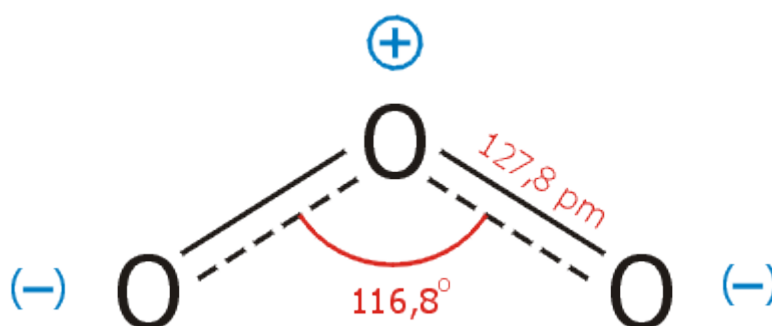
Το 1840, την ίδια οσμή αντιλήφθηκε ο Christian Friedrich Schönbein κατά την ηλεκτρόλυση ύδατος και ονόμασε την εκλυόμενη αέρια ουσία όζον (από την ελληνική λέξη: "όζω" που σημαίνει αναδίδω μια άσχημη οσμή, μυρίζω άσχημα). Το 1863 ο Ελβετός χημικός Jacques-Louis Soret (1827-1890) απέδειξε ότι το όζον είναι τριατομικό οξυγόνο (O_3) και αυτό επιβεβαιώθηκε από τον Schönbein δύο χρόνια αργότερα.

1.4.2. ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Το όζον είναι αέριο ανοικτού κυανού χρώματος και απαντάται στα χαμηλότερα επίπεδα της στρατόσφαιρας. Η οσμή του είναι χαρακτηριστική και γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο όταν η ελάχιστη συγκέντρωση κυμαίνεται ανάμεσα σε 5 και 20 ppb. Σχηματίζεται κυρίως από την αντίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) με το οξυγόνο σύμφωνα με την αντίδραση: $3O_2 \rightarrow 2O_3 + \text{θερμότητα} + \text{φως}$. Η υπεριώδης ακτινοβολία διασπά το μοριακό O_2 σε δυο μονήρη $O^\cdot$, μερικά από αυτά αντιδρούν με το O_2 και έτσι σχηματίζεται το όζον (O_3). Το όζον σχηματίζεται επίσης στην ατμόσφαιρα από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Ο καθαρός αέρας στην τροπόσφαιρα (ύψος μέχρι 15 km) περιέχει όζον σε συγκέντρωση μικρότερη των 40 ppb. Αυξημένα επίπεδα όζοντος στην τροπόσφαιρα

(>40 ppb) οφείλονται στη φωτοχημική ρύπανση και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία του ανθρώπου. Η οσμή του όζοντος στα όρια που γίνεται αισθητή μπορεί να θεωρηθεί έως και ευχάριστη, αφού δίνει την αίσθηση φρέσκου και καθαρού αέρα. Η σύντομη εισπνοή όζοντος σε μεγάλες σχετικά συγκεντρώσεις αφήνει την αίσθηση της οσμής του για αρκετή ώρα μετά την εισπνοή και στη συνέχεια μπορεί να απευαισθητοποιήσει την όσφρηση (Βαλαβανίδης, Ευσταθίου, 2009). Το όζον έχει μοριακό βάρος 48, πυκνότητα 2,144 g l⁻¹, οξειδοαναγωγικό δυναμικό 2,07 V και διαλυτότητα στο νερό 190 mg l⁻¹ (0° C) (Μιλτιάδης κ.α., 2010).

Το μόριο του όζοντος έχει μη γραμμική διάταξη και τα 3 άτομα οξυγόνου σχηματίζουν γωνία 116,8° με μήκος δεσμών -O-O- 127,8 pm (1 pm = 10⁻¹² m). Η ηλεκτρονιακή του διαμόρφωση είναι δύο δομές σε συντονισμό μεταξύ τους με αντιμετάθεση απλού και διπλού δεσμού, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.4.1). Το όζον είναι διαμαγνητική ένωση και λόγω της κατανομής των φορτίων εμφανίζει διπολική ροπή (0,5337 D) (Greenwood, Earnshaw, 1984, Wiberg et al, 2002).



Σχήμα 1.4.1 : Το μόριο του όζοντος

Το όζον είναι ασταθές και από τη στιγμή που σχηματίζεται αμέσως αρχίζει και διασπάται σε μονήρες O⁻ και O₂. Πέρα από το μονήρες οξυγόνο, που είναι πολύ ενεργό, παρουσία νερού ή υψηλής σχετικής

υγρασίας σχηματίζεται και η ρίζα του $\text{OH}^\cdot$ η οποία μαζί με το O_3 και το $\text{O}^\cdot$ συμπεριλαμβάνεται στις ενεργές μορφές οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) οι οποίες οξειδώνουν οργανικές ενώσεις και είναι υπεύθυνες για το οξειδωτικό στρες των ζωικών και φυτικών οργανισμών (Μιλτιάδης κ.α 2010).

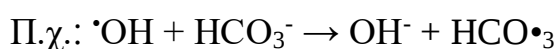
Η αποσύνθεση του όζοντος είναι ταχύτατη στην υδατική φάση των τροφίμων και για αυτό η αντιμικροβιακή δράση του λαμβάνει χώρα κυρίως στην επιφάνεια (Kim, et al, 1999). Το όζον αποικοδομείται σε διαλύματα με καθορισμένο τρόπο δίνοντας ρίζες υδροϋπεροξειδίου ($\cdot\text{HO}_2$), υδροξυλίου ($\cdot\text{HO}$) και υπεροξειδίου ($\cdot\text{O}_2^\cdot$). Η δραστηριότητα του όζοντος οφείλεται στην πολύ μεγάλη οξειδωτική δύναμη των ελευθέρων αυτών ριζών. Συγκεκριμένα η αποικοδόμηση του όζοντος περιλαμβάνει αντιδράσεις έναρξης, διάδοσης και τερματισμού (Staehelin & Hoigne, 1985).

A) Κατά την έναρξη σχηματίζονται ελεύθερες ρίζες, όπως το ανιόν του υπεροξειδίου ($\cdot\text{O}_2^\cdot$) και η ρίζα του υδροϋπεροξειδίου ($\cdot\text{HO}_2$). Ο σχηματισμός αυτών των ριζών οδηγεί στη δημιουργία της ρίζας υδροξυλίου ($\cdot\text{HO}$) που είναι ένα πολύ ενεργό ιόν.

B) Οι αντιδράσεις διάδοσης οδηγούν στον επανασχηματισμό ριζών υδροϋπεροξειδίου και υπεροξειδίου, όπως φαίνεται παρακάτω:



Γ) Ο τερματισμός αναφέρεται σε αντιδράσεις που οδηγούν στην κατανάλωση ριζών υδροξυλίου, χωρίς τον επανασχηματισμό της ρίζας του ανιόντος υπεροξειδίου.



Η ημιζωή του όζοντος στον αέρα επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία και από τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Επειδή το όζον αντιδρά με οσμές, καπνό, βακτήρια, σπόρια μυκήτων και υδρατμούς που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα στην πραγματικότητα η ημι-ζωή του όζοντος στον αέρα, υπό συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας, δεν διαρκεί περισσότερο από 30 min. Η ημιζωή του όζοντος στο νερό είναι πολύ συντομότερη από ότι στον αέρα. Η διαλυτότητα του όζοντος στους 25° C είναι 109 mg l⁻¹ ενώ η διαλυτότητα του οξυγόνου είναι 8 mg l⁻¹, δηλαδή το όζον είναι 13 φορές πιο διαλυτό στο νερό από ότι είναι το οξυγόνο. Διασπάται ταχύτατα σε όξινα διαλύματα, ενώ είναι πολύ σταθερότερο σε αλκαλικά (Βαλαβανίδης, Ευσταθίου, 2009). Τα παραπάνω φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του όζοντος από άποψη διαλυτότητας στο νερό και δραστηριότητας το καθιστούν χρήσιμο εργαλείο στη βιομηχανία τροφίμων για την αποστείρωση του εξοπλισμού και την απολύμανση των τροφίμων (Μιλτιάδης κ.α, 2010).

1.4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Σε εμπορική κλίμακα υπάρχουν δύο τρόποι παραγωγής όζοντος. Ο πρώτος τρόπος είναι η παραγωγή του με βάση την UV ακτινοβολία (μήκος κύματος 254 nm), χρησιμοποιώντας ατμοσφαιρικό αέρα ή αέρα εμπλουτισμένο με O₂. Οι UV γεννήτριες συνήθως παράγουν μικροποσότητες όζοντος (0,5% ή και λιγότερο). Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται το οξυγόνο να εκτεθεί στην UV ακτινοβολία για μακρύ χρονικό διάστημα και το αέριο που δε δέχεται την ακτινοβολία δεν μετατρέπεται σε όζον. Αυτά τα μειονεκτήματα καθιστούν τις συσκευές αυτές μη πρακτικές για εφαρμογές όπου η κίνηση του νερού ή του αέρα για απολύμανση είναι αρκετά γρήγορη.

Ο δεύτερος τρόπος αφορά τη διοχέτευση αέρα εμπλουτισμένου με O_2 ή O_2 υψηλής καθαρότητας σε υψηλή ηλεκτρική τάση η οποία είναι συνήθως γνωστή ως γεννήτρια εκκένωσης τύπου στεφάνης (Corona Discharge) (Martinez-Romero et al. 2007). Οι γεννήτριες τύπου στεφάνης είναι ακριβότερες από τις UV όμως έχουν το πλεονέκτημα της παραγωγής υψηλότερων συγκεντρώσεων O_3 (Suslow, T.V. 2004). Αυτός ο τύπος είναι ο πιο συνήθης για βιομηχανική ή οικιακή χρήση. Παράγουν οξείδια του αζώτου, ως παραπροϊόντα, τα οποία περιορίζονται με τη χρήση υγροσκοπικού μέσου για την μείωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Η δυναμικότητα παραγωγής όζοντος των γεννητριών εκφράζεται σε $g\ h^{-1}$.

Το όζον μπορεί επίσης να παραχθεί με χημικές, θερμικές, χημειοπυρηνικές και ηλεκτρολυτικές μεθόδους (Kim et al, 1999) .

Στη φωτοχημική μέθοδο, το όζον παράγεται σε μικρές συγκεντρώσεις (0,03 ppm) από το οξυγόνο του αέρα με ακτινοβολία UV, η οποία παράγεται από υψηλής εκπομπής λάμπες, σε μήκος κύματος 185 nm (Langlais et al, 1991).

Στη ραδιοχημική μέθοδο, το όζον παράγεται με ακτινοβολία του οξυγόνου μέσω ραδιενεργών ακτίνων (Manley & Niegowski, 1967).

Στην ηλεκτρολυτική μέθοδο, το όζον σχηματίζεται από την ηλεκτρόλυση του θειϊκού οξέος. Η μέθοδος προκαλεί διάβρωση στα ηλεκτρόδια και χρειάζεται ειδικούς ηλεκτρολύτες ή νερό με χαμηλή ειδική αγωγιμότητα. Ωστόσο, δεν απαιτείται καμιά προετοιμασία στην τροφοδότηση του αερίου και γίνεται χρήση χαμηλού δυναμικού ρεύματος (Langlais et al, 1991).

1.4.4 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΟΖΟΝ

Το όζον δεν είναι τοξικό μόνο για τους μικροοργανισμούς είναι εξίσου τοξικό και για τον άνθρωπο. Οι εργαζόμενοι που έρχονται σε επαφή με το όζον πρέπει να λαμβάνουν μέτρα ατομικής προστασίας, από τη στιγμή που το αέριο επιδρά άμεσα στο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας ζαλάδα και ερεθισμό στα μάτια και στον λάρυγγα. Ωστόσο, σε χαμηλές συγκεντρώσεις το όζον δεν είναι τοξικό για τον άνθρωπο (Βασιλακάκης κ.α, 2010, Artés et al, 2007). Με βάση αυτά τα δεδομένα ο οργανισμός Ασφαλείας και Υγείας των εργαζομένων των ΗΠΑ (Occupational Safety & Health Administration, OSHA) έχει προτείνει ως ανώτατο όριο έκθεσης για τους εργαζομένους τα 15 min σε συγκέντρωση 0,3 ppm (Mahapatra et al, 2005) και 8 h σε συγκέντρωση 0,1 ppm (Smilanick, 2003). Πάνω από συγκέντρωση 0,2 ppm μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου (Artés et al, 2009), ενώ τα 5 ppm θεωρούνται ως συγκέντρωση άμεσα επικίνδυνη για τη ζωή και την υγεία του ανθρώπου (Immediately Dangerous to Health & Life, IDHL). Αυτή είναι και η μέγιστη συγκέντρωση για την οποία υπάρχουν εγκεκριμένες αναπνευστικές μάσκες και υψηλότερα επίπεδα όζοντος από αυτή τη συγκέντρωση είναι επικίνδυνα και απαιτούν ειδικό ατομικό αναπνευστικό εξοπλισμό (Smilanick, 2003).

1.4.5. ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Η έντονη οξειδωτική δράση και η μη υπολειμματικότητα του όζοντος, λόγω της ταχείας διάσπασής του προς οξυγόνο, το καθιστούν εξαιρετικό φυσικό αποσμητικό μέσο, μικροβιοκτόνο και μυκητοκτόνο. Τυπικές εφαρμογές του περιλαμβάνουν:

- 1) χρήση ως λευκαντική και αποχρωστική ουσία (π.χ. για άλευρα, λίπη, κηρούς, χάρτη),
- 2) αποστείρωση ύδατος και άλλων συσκευών για ιατρική χρήση,
- 3) απολύμανση πόσιμου ύδατος,
- 4) εξυγίανση εδαφών,
- 5) εντομοκτόνο σε χώρους αποθήκευσης σπόρων,
- 6) επεξεργασία αποβλήτων,
- 7) αποσμητικό πολυσύχναστων χώρων (ιδιαίτερα με καπνιστές) και ως μέσο "εξυγίανσης" κτηρίων από μικροοργανισμούς και παραμένουσες οσμές,
- 8) οξειδωτικό αντιδραστήριο στα χημικά εργαστήρια και τις χημικές βιομηχανίες,
- 9) στην βιομηχανία τροφίμων όπως, την ελάττωση του μικροβιακού φορτίου των πουλερικών, την απολύμανση των χώρων αποθήκευσης και συντήρησης των τροφίμων.

Η παραγωγή όζοντος για οικιακή χρήση είναι πλέον εύκολη και στο εμπόριο διατίθεται πλήθος οζονιστήρων χαμηλού κόστους. Ωστόσο, ιατρικές οργανώσεις αντιτίθενται στην ανεξέλεγκτη χρήση των συσκευών αυτών και προειδοποιούν για τα ενδεχόμενα προβλήματα υγείας που μπορεί να προκαλέσει η μακροχρόνια χρήση τους. Ακόμη έχει

αναφερθεί ότι τα "αποσμητικά" αποτελέσματα του όζοντος μπορεί να οφείλονται και στην εξαιτίας του απευαισθητοποίηση των οσφρητικών κυττάρων (Dondo et al, 1992, <http://ww3.arb.ca.gov>).

Η χρήση του όζοντος για την επεξεργασία και απολύμανση φυσικών υδάτων προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι του χλωρίου αν και το κόστος είναι μεγαλύτερο. Έτσι, το νερό του οποίου η επεξεργασία που διατίθεται για κατανάλωση δεν περιέχει ίχνη επιβλαβών χλωριούχων οργανικών ενώσεων (π.χ. CHCl_3), που σχηματίζονται από την αντίδραση του χλωρίου με φυσικά οργανικά συστατικά του ύδατος. Επιπλέον, στην περίπτωση επεξεργασία λυμάτων, το όζον διασπά τις οργανικές ενώσεις σε μικρότερα μόρια και υποβοηθά έτσι τη βιοαποδομησιμότητά τους σε επόμενα στάδια επεξεργασίας.

1.4.6. OZON KAI ANTIMIKROBIAKH ΔΡΑΣΗ

Το όζον όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω είναι ένα ασταθές μόριο. Το τρίτο άτομο οξυγόνου είναι χαλαρά δεσμευμένο και μπορεί εύκολα να αποσπασθεί από το μόριο και να αντιδράσει με άλλα μόρια με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός ισχυρά δραστικού οξειδωτικού συστήματος (Horvath, Bilitzky et al, 1985).

Ο μηχανισμός δράσης του όζοντος έναντι των βακτηρίων οφείλεται στην ισχυρή οξειδωτική του δράση και αναστέλλει σημαντικές κυτταρικές λειτουργίες, όπως π.χ. τη σύνθεση των μορίων RNA και DNA. Επίσης οξειδώνει τις ολεφίνες σχηματίζοντας κυκλικές προσθήκες στους διπλούς δεσμούς (Uppu et al, 1995). Τέλος, οξειδώνει τις σουλφρυδρυλικές ομάδες, κυρίως της κυστεΐνης, οι οποίες χαρακτηρίζουν τα μικροβιακά ένζυμα (Khadre et al, 2001).

Είναι πιο αποτελεσματικό έναντι των κατά Gram (-) αρνητικών βακτηρίων, ενώ οι ζύμες και οι μύκητες είναι πιο ανθεκτικοί, ενώ τα σπόρια των βακτηρίων είναι τα πλέον ανθεκτικά από όλα τα είδη των μικροοργανισμών. Η χρήση του δεν ενδείκνυται για τη συντήρηση τροφίμων και προϊόντων που είναι επιρρεπή στην οξείδωση (Kim et al, 1999).

Η αντιμικροβιακή δράση του όζοντος επηρεάζεται από το pH, τη θερμοκρασία, την υγρασία και τέλος την παρουσία σωματιδίων ύλης. Υπερισχύει έναντι άλλων οξειδωτικών παραγόντων αφού η δράση του απαιτεί χαμηλές συγκεντρώσεις και μικρότερο χρόνο επαφής (Bader & Hoine, 1982).

Έχει αναφερθεί ότι οι χημικές αντιδράσεις του όζοντος είναι εξαιρετικά επιλεκτικές σε ένα ευρέος φάσμα βακτηρίων, μυκήτων, ιών, πρωτόζωων, βακτηρίων και μυκητιακά σπόρια (Cullen et al, 2010, Khadre et al, 2001, Muthukumarappan et al, 2008). Το όζον καταστρέφει τους μικροοργανισμούς με οξείδωση των συστατικών των ζωτικών κυτταρικών. Στα βακτήρια, το κυτταρικό τοίχωμα είναι ο πρωταρχικός στόχος για την αντιμικροβιακή δράση. Η αδρανοποίηση από το όζον είναι μια σύνθετη διαδικασία που επιτίθεται στην κυτταρική μεμβράνη, στα συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων και στα ενδοκυτταρικά συστατικά (Khadre et al, 2001).

Στον Πίνακα 1.4.1 παρουσιάζονται ορισμένες προτεινόμενες συγκεντρώσεις όζοντος που απαιτούνται για την καταστροφή ορισμένων μικροοργανισμών σε διάφορα τρόφιμα (Muthukumarappan et al., 2000).

Πίνακας 1.4.1: Προτεινόμενες συγκεντρώσεις όζοντος που απαιτούνται για την καταστροφή ορισμένων μικροοργανισμών σε διάφορα τρόφιμα

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΔΟΣΗ ΟΖΟΝΤΟΣ	ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ
Μαύρα μούρα	0,3 mg/L	<i>Botrytis cinerea</i>
Λάχανο	7–13 mg/L	Επέκταση διάρκειας ζωής
Καρότα	5–15 mg/L 0,06 mg/L	Επέκταση διάρκειας ζωής <i>Botrytis cinerea</i> / <i>Scerotinia</i> <i>Sclerotiorum</i>
Πατάτες	20–25 mg/L	Επέκταση διάρκειας ζωής
Γαλακτοκομικά	5 mg/L	<i>Alcaligenes faecalis</i> / <i>P. fluorescens</i>
Ψάρι	0,27 mg/L 0,111 mg/L 0,064 mg/L	<i>P. putida</i> / <i>B. thermospacta</i> / <i>L. plantarum</i> / <i>Shewanella</i> <i>putrefaciens</i> / <i>Enterobacter</i> sp. <i>Enterococcus seriolicida</i> <i>Pasteurella piscicida</i> / <i>Vibrio</i> <i>Anguillarum</i>
Πουλερικά	0,2–0,4 mg/L	<i>Salmonella</i> sp./ <i>Enterobacteriaceae</i>
Καλαμπόκι	1,4 ml/L	<i>E. coli</i> / <i>Salmonella typhimurium</i>
Νερό	0,35 mg/L	<i>A. hydrophila</i> / <i>B. subtilis</i> / <i>E. coli</i> / <i>V. cholerae</i> / <i>P. aeruginosa</i> / <i>L. monocytogenes</i> / <i>Salm. typhi</i> / <i>Staph. aureus</i> / <i>Y. Enterocolitica</i>

1.4.7. ΤΟ ΟΖΟΝ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗ ΤΩΝ ΤΡΙΦΙΜΩΝ

· Καταστροφή ιών και βακτηριδίων

Τα βακτηρίδια είναι ευάλωτα στο όζον. Π.χ., το κολοβακτηρίδιο καταστρέφεται από συμπυκνώσεις όζοντος μόλις 0,01 mg/L και σε χρόνο επαφής 15 δευτερόλεπτα στους 25°C. Ο στρεπτόκοκκος καταστρέφεται ακόμα πιο εύκολα. Οι ιοί είναι ανθεκτικότεροι από τα βακτηρίδια, αλλά και αυτοί πάλι οξειδώνονται μέσα σε σύντομο χρόνο και με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος (Γκέρτζου, 2013).

· Οξείδωση οργανικών ουσιών

Το όζον είναι ένας ισχυρότατος παράγων στην εξουδετέρωση φυσικών και συνθετικών οργανικών ουσιών (φυτοφάρμακα, υπολείμματα φυσικών ζυμώσεων, εντομοκτόνα). Μερικές οργανικές ουσίες καταστρέφονται σε δευτερόλεπτα (π.χ. φαινόλες και φορμικό οξύ), ενώ άλλες χρειάζονται περισσότερο χρόνο (π.χ. ορισμένα εντομοκτόνα, τριχλωροαιθάνες κλπ.) Σε μερικές περιπτώσεις οργανικών ουσιών, η οξείδωση είναι μόνο μερική, με αποτέλεσμα η ουσία να παράγει πολύπλοκες αδιάλυτες ύλες που απομακρύνονται εύκολα από ένα φίλτρο ενεργού άνθρακα (Γκέρτζου, 2013).

· Οξείδωση ανόργανων ουσιών

Το όζον οξειδώνει ταχύτατα και αποτελεσματικά πολλές ανόργανες συνθέσεις παράγοντας αβλαβή υποπροϊόντα. Μερικά παραδείγματα: Στην περίπτωση του σιδήρου, του μαγγανίου και του αρσενικού, η οξείδωση γίνεται ταχύτατα και αφήνει αδιάλυτες συνθέσεις που μπορούν να απομακρυνθούν εύκολα από ένα φίλτρο ενεργού άνθρακα. Τα ιόντα του σουλφιδίου οξειδώνονται σε άλατα θειικού οξέος που είναι αβλαβή, ενώ εξαφανίζονται και οι όποιες οσμές θείου. Οι

νιτρώδεις εστέρες οξειδώνονται σε νιτρικά άλατα που είναι σταθερά και αβλαβή (Γκέρτζου, 2013).

Αρκετοί ερευνητές εξέτασαν την απολύμανση του βοείου κρέατος από το όζον και τα αποτελέσματα ήταν μεταβλητά (Gorman et al., 1995, 1997, Reagan et al., 1996).

Άλλες ερευνητικές ομάδες διαπίστωσαν ότι το αέριο όζον ελαχιστοποίησε ή εμπόδισε την ανάπτυξη μικροοργανισμών στην επιφάνεια του κρέατος (Kaess and Weidemann, 1968, Greer and Jones, 1989, Mitsuda et al., 1990).

Οι Kaess & Weidemann (1968), ανέφεραν ότι οι πληθυσμοί της *Pseudomonas spp.* και του *Cl.Scottii* σε βοδινό κρέας μειώθηκαν αισθητά σε αέριο όζον ($> 2 \text{ mg/L}$), η φάση λογαριθμικής ανάπτυξης του *Thamnidium spp.* και *Penicillium spp.* αυξήθηκε, αλλά ο ρυθμός αύξησης δεν άλλαξε. Το χρώμα στην επιφάνεια του βοδινού κρέατος, επεξεργασμένου με όζον ($< 0,6 \text{ mg/L}$), δεν διέφερε από το δείγμα του μάρτυρα. Οι ίδιοι ερευνητές παρατήρησαν ότι, αέριο μίγμα όζοντος, συγκέντρωσης $0,1 \text{ mg/L}$ και περιεκτικότητας σε υγρασία 60 με 90% ήταν αρκετό για να απενεργοποιήσει τη δράση των βακτηρίων, ενώ για την παρεμπόδιση ανάπτυξης των μυκήτων χρειάστηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις (Γκέρτζου, 2013, Kaess & Weidemann, 1968).

Οι Dondo et al. (1992), μελέτησαν τη χρήση του όζοντος σε βοδινό κρέας αποθηκευμένο σε θερμοκρασία ψύξης. Παρατήρησαν ότι το όζον καθυστέρησε την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που υπήρχαν στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Επιπλέον, βελτίωσε την οργανοληπτική ποιότητα και μείωσε τον σχηματισμό πτητικών ενώσεων.

Πολλοί ερευνητές έχουν αποδείξει την μικροβιοκτόνο αποτελεσματικότητα και ασφάλεια του όζοντος για χρήση στο πλύσιμο των σφαγίων πουλερικών (Barnes and Impey, 1968, Yang and Chen, 1979, Sheldon and Brown, 1986, Caracciolo, 1990, Izat et al., 1990, Jindal et al, (1995) και την εξυγίανση του εξοπλισμού εκκολαπτηρίου (Whistler and Sheldon, 1989).

Σύμφωνα με τους Sheldon & Brown (1986), χρησιμοποιήθηκε υδατικό διάλυμα όζοντος, συγκέντρωσης 3 έως 4,5 ppm για 45 λεπτά. Αποτέλεσμα της χρήσης του ήταν η απολύμανση των πουλερικών μετά τη σφαγή τους αφού διαπιστώθηκε μείωση των μικροοργανισμών κατά 2 λογαρίθμους. Ακόμη, δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη οξείδωση στα λίπη, στην ανάπτυξη οσμών και στην αλλαγή του χρώματος (Sheldon & Brown, 1986).

Οι Waldroup et al. (1993), παρατήρησαν ότι η χρήση 0,5 ppm όζοντος οδήγησε στην θανάτωση όλων των κυττάρων E.coli σε πουλερικά, ενώ ο πληθυσμός της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας μειώθηκε σημαντικά (Waldroup et al, 1993).

Σε μια άλλη μελέτη το όζον χρησιμοποιήθηκε για να απενεργοποιήσει τους μικροοργανισμούς σε κρέας πουλερικών. Αυτό επιτεύχθηκε όταν εφαρμόστηκε στο κρέας αέριο μίγμα όζοντος με ροή 1500 ppm/ λεπτό για 50 λεπτά (Kim & Kim, 1991).

Στη βιομηχανία ιχθυρών, το όζον δοκιμάστηκε ως προς τη βακτηριοκτόνο δράση του και ως προς την ικανότητά του να βελτιώνει τις οργανοληπτικές ιδιότητές τους. Μελετήθηκε η δυνατότητα συντήρησης στο σκουμπρί με χρήση όζοντος (Haraguchi et al., 1969). Η επίδραση διαλύματος NaCl 3% που περιείχε 0,6 ppm όζοντος για 30 και

60 λεπτά στο δέρμα εκσπλαχνισμένων ψαριών, μείωσε το βακτηριακό πληθυσμό κατά 2 με 3 λογαρίθμους. Ο χρόνος ζωής αυξήθηκε από 20 έως 60% όταν η εφαρμογή του όζοντος γινόταν κάθε 2 ημέρες. Παρατηρήθηκε ότι το όζον ήταν αποτελεσματικό, σε απεσταγμένο νερό και σε διάλυμα NaCl 3%, για την αδρανοποίηση μικροοργανισμών, όπως *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Chen et al, 1987).

Οι Kotters et al. (1997), παρατήρησαν ότι το επαναλαμβανόμενο πλύσιμο των πετρόψαρων με οζονισμένο νερό κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους από το σημείο αλίευσης προς το εργαστήριο, επιμήκυνε το χρόνο ζωής τους κατά 36 ώρες (Kotters et al, 1997).

Επιπλέον, οι Campos et al. (2005), κατεργάστηκαν δείγματα σαρδέλας και παρατήρησαν ότι τα δείγματα σαρδέλας που αποθηκεύτηκαν σε διάλυμα όζοντος, που περιείχε πάγο, είχαν χρόνο ζωής 19 ημέρες. Αντίθετα, ο χρόνος ζωής δειγμάτων σαρδέλας που αποθηκεύτηκαν σε κρυστάλλους πάγου και νιφάδες πάγου, που δεν είχαν υποστεί οζονισμό, ήταν 15 και 8 ημέρες αντίστοιχα. Επίσης, η αποθήκευση σε διάλυμα όζοντος που περιείχε πάγο οδήγησε σε σημαντική μείωση της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, ψυχρότροφων βακτηρίων, αναερόβιων βακτηρίων και κολοβακτηρίων (Campos et al, 2006).

Τα φρέσκα ψάρια μπορούν να συντηρηθούν περισσότερο εάν πλένονται σε νερό που περιέχει όζον και πάγο που προήλθε από οζονισμένο νερό. Το όζον μείωσε τους μολυσματικούς παράγοντες της επιφάνειας των ψαριών κατά την διάρκεια αποθήκευσης σε κατάψυξη (Dondo et al, 1992).

Παράταση στο χρόνο ζωής του οζονισμένου φρέσκου μυδιού συσκευασμένου σε κενό παρατηρήθηκε από τους Manousaridis et al. (2005). Η συγκέντρωση όζοντος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1mg/L και ο χρόνος έκθεσης των μυδιών στο υδατικό διάλυμα όζοντος 60 με 90 λεπτά. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι, η διάρκεια ζωής των οζονισμένων μυδιών για χρόνο 90 λεπτών αυξήθηκε κατά 3 ημέρες σε σχέση με αυτόν του μάρτυρα (Manousaridis et al, 2005).

Οι Rojek et al. (1995), χρησιμοποίησαν όζον υπό πίεση για να μειώσουν τον μικροβιακό πληθυσμό στο αποβουτυρωμένο γάλα. Η συγκέντρωση του αερίου όζοντος που χρησιμοποιήθηκε ήταν από 5 έως 35 mg/L και ο χρόνος επεξεργασίας 5 με 25 λεπτά. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το όζον ήταν αποτελεσματικό στην μείωση των ψυχρότροφων πληθυσμών κατά 2,4 λογαρίθμους. Οι ίδιοι ερευνητές μελέτησαν την συμπεριφορά του όζοντος στο τυρόγαλα και στο χυμό μήλου και παρατήρησαν παρόμοια μικροβιολογική μείωση.

Το όζον επίσης έχει χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ανάπτυξης μυκήτων στην επιφάνεια του τυριού Cheddar. Σε υψηλές συγκεντρώσεις αερίου όζοντος (3-10 ppm), το όζον φάνηκε να καταστρέφει τους μύκητες. Όμως, μετά το τέλος του οζονισμού η ανάπτυξη των μυκήτων αυξήθηκε (Gibson, C.A., et al.1960). Ακόμη, σύμφωνα με τους Hovarth et al. (1985), η επεξεργασία του τυριού Cheddar με χρήση υδατικού διαλύματος όζοντος (0,02 mg/L) αύξησε το χρόνο ζωής του προϊόντος σε 11 εβδομάδες κατά την διάρκεια της ωρίμανσης.

Προκειμένου να μελετηθεί το όζον ως συντηρητικό σε αποξηραμένα τρόφιμα, οι Naitoh et al. (1987), χρησιμοποίησαν διάφορους σπόρους δημητριακών, αλεύρι, φασόλια και ολόκληρα μπαχαρικά και τα επεξεργάστηκαν με συγκέντρωση όζοντος από 0,5 έως 50 mg/L, σε χρόνο 1 έως 6 ώρες, με ρυθμό ροής 100L/min και σε

θερμοκρασία 5 έως 50°C. Με λίγες εξαιρέσεις, μεγαλύτερος χρόνος και χαμηλότερη θερμοκρασία έκθεσης συνετέλεσε σε υψηλότερη μικροβιοκτόνο δράση στα τρόφιμα. Οι ερευνητές βρήκαν ότι σε συγκεντρώσεις όζοντος < 5ppm δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στην οξείδωση του λίπους, κάτι που δεν ίσχυε σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όζοντος.

Οι Naitoh & Shiga (1989), ανέφεραν ότι η ταυτόχρονη κατεργασία με μίγμα οζονισμένου αέρα (0,02-0,2 ppm) και οζονισμένου νερού (0,3-0,5 ppm) επέφερε ολική μείωση στο ποσοστό των μικροβίων και επιμήκυνση του χρόνου ζωής σε διάφορες ποικιλίες φασολιών (black matpe και alfalfa).

Το όζον χρησιμοποιήθηκε και στην επεξεργασία φρούτων και λαχανικών όπου σημειώθηκε αύξηση του χρόνου ζωής των προϊόντων (Norton et al, 1968, Rice et al, 1982). Ο Bazarova (1982), αποθήκευσε μήλα σε ειδικό χώρο θερμοκρασίας 0-10°C, σχετικής υγρασίας 90-95% όπου διοχετευόταν αέριο όζον (5-6 mg/L) καθημερινά για 4 ώρες. Η επεξεργασία αυτή προκάλεσε ελάττωση της απώλειας βάρους και γενικά μείωση της αλλοίωσης του προϊόντος. Οι Horvath et al. (1985), παρατήρησαν ότι η αύξηση του χρόνου ζωής των μήλων οφειλόταν στην οξείδωση του αιθυλενίου και στην αφαίρεση άλλων μεταβολικών προϊόντων από το όζον.

Επιπλέον, το όζον έχει προταθεί ως εναλλακτική μέθοδος, αντί της παστερίωσης, στην επεξεργασία χυμού από μήλα και χυμού από πορτοκάλια, καθώς οδήγησε σε μείωση του πληθυσμού της *Escherichia coli* O157:H7 και της *Salmonella* spp. της τάξης του 10^5 (Williams et al, 2005).

Επεξεργασία μούρων με τη χρήση αερίου όζοντος σε συγκεντρώσεις 0,1-0,3 ppm, εμπόδισε την ανάπτυξη μυκήτων για 12 ημέρες σε θερμοκρασία 20°C. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκε κανένας επιφανειακός τραυματισμός στο προϊόν (Barth et al, 1995). Σταφύλια τα οποία εκτέθηκαν σε διάλυμα όζοντος (8 mg/L) για 20 λεπτά οδήγησαν στη μείωση των βακτηρίων, των μυκήτων και των ζυμών. Περαιτέρω μείωση των μυκήτων και αύξηση στο χρόνο ζωής των σταφυλιών παρατηρήθηκε κατά την αποθήκευση αυτών σε θερμοκρασία ψύξης (Sarig et al, 1996).

Στα λαχανικά τα πλεονεκτήματα χρήσης του όζοντος ήταν παρόμοια με εκείνα κατά την κατεργασία των φρούτων. Τα κρεμμύδια και οι πατάτες αποθηκεύτηκαν σε θαλάμους που ήταν καλυμμένοι με ταινία πολυαιθυλενίου, στους οποίους παραγόταν αέριο όζον στις εξής συνθήκες: 0,2 mg/L για 8 ώρες/ημέρα, 5 ημέρες/εβδομάδα (Faitel'berg-Blank et al, 1979). Η κατεργασία με όζον μείωσε την πρόσληψη οξυγόνου, ενώ ήταν αισθητή η παρεμποδιστική επίδραση στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Ο Baranovskaya et al. (1979), χρησιμοποίησαν αέριο όζον κατά τη βιομηχανική αποθήκευση καρπών πατάτας, κρεμμυδιών και ζαχαρότευτλων. Διατήρησαν τη συγκέντρωση του όζοντος στα 3 mg/L, σε θερμοκρασία 6 έως 14°C και σχετική υγρασία 93-97%. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ποσοστά των βακτηρίων και των ζυμών ήταν πολύ ελαττωμένα για τα κατεργασμένα δείγματα, ενώ η χημική σύσταση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δεν άλλαξαν ιδιαίτερα. Η κατεργασία με όζον μείωσε κατά 80-90% το συνολικό πληθυσμό των βακτηρίων στο σκόρδο και στο τζίντζερ, ενώ βελτίωσε τις οργανοληπτικές του ιδιότητες (Kim et al, 1999). Αέριο όζον (4,9% vol/vol, 0,5 L/min) διοχετεύθηκε σε νερό και το μίγμα εφαρμόστηκε σε

μαρούλια. Μετά την κατεργασία διαπιστώθηκε μείωση στη φυσική μικροβιακή ανάπτυξη από 1,5 έως 1,9 λογαρίθμους εντός 5 λεπτών. Οι ερευνητές Kim et al. (1999), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το υδατικό διάλυμα όζοντος ήταν η πιο αποτελεσματική μέθοδος οζονισμού για το μαρούλι.

Επιμήκυνση στο χρόνο ζωής φρεσκοκομμένου σέλινου παρατήρησαν οι Zhang et al. (2005), οι οποίοι το μεταχειρίστηκαν με οζονισμένο νερό χαμηλών συγκεντρώσεων, της τάξης των 0,03 ppm, 0,08 ppm και 0,18 ppm. Σε όλες τις περιπτώσεις βελτιώθηκαν οι οργανοληπτικές του ιδιότητες, ενώ η καλύτερη συντήρηση στο φρεσκοκομμένο σέλινο παρατηρήθηκε σε συγκέντρωση οζονισμένου νερού 0,18 ppm, όπου μειώθηκε το βακτηριακό φορτίο κατά 1,69 λογαρίθμους.

Οι Skog & Chu (2000), παρατήρησαν ότι συγκέντρωση 0,4 ppm αερίου όζοντος αύξησε σημαντικά την ποιότητα και το χρόνο ζωής σε μπρόκολα και αγγούρια, κατά την αποθήκευση αυτών σε ψυχρό περιβάλλον.

Δείγματα μαύρου πιπεριού, που περιείχαν ποικίλα επίπεδα υγρασίας, ψεκάστηκαν με αέριο όζον (συγκέντρωσης 6,7 mg/L) για απολύμανση, για περισσότερο από 6 ώρες. Τα συνολικά αερόβια και αναερόβια βακτήρια των κατεργασμένων με όζον δειγμάτων μειώθηκαν από 3 έως 6 λογαρίθμους, ανάλογα με τα επίπεδα υγρασίας. Η μεταχείριση με όζον του μαύρου πιπεριού οξείδωσε μερικώς διάφορα πτητικά έλαια, ενώ η μεταχείριση ολόκληρων των κόκκων του μαύρου πιπεριού δεν είχε καμιά επίδραση σε αυτά. Επειδή ο οζονισμός του μαύρου πιπεριού μείωσε το μικροβιακό του φορτίο και δεν προκάλεσε καμιά σημαντική οξείδωση στα πτητικά του έλαια, προτάθηκε ως μέθοδος για τη βιομηχανική του επεξεργασία (Zhao & Cranston, 1995).

1.5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ ΤΩΝ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ

Η συσκευασία είναι απαραίτητη στην εμπορία του προϊόντος, διότι παρέχει προστασία, διευκολύνει τη διακίνηση, εξασφαλίζει οικονομία χώρου και συντελεί στην καλύτερη εμφάνισή του. Το κιβώτιο συσκευασίας αποτελεί τη μονάδα για μεταφορά και εμπορία του προϊόντος από τον τόπο παραγωγής στον τόπο της κατανάλωσης. Και ως τέτοιο, πρέπει να έχει σχεδιασθεί σωστά και να χρησιμοποιείται κατάλληλα ώστε να προστατεύει το προϊόν κατά διάφορους μετασυσλλεκτικούς χειρισμούς (Σφακιωτάκης, 2004).

Κατά τη συσκευασία εξασφαλίζεται προστασία στο προϊόν περιορίζοντας στο ελάχιστο της μηχανικές ζημιές που προκαλούνται είτε:

- Λόγω τριβών
- Λόγω συμπίεσης
- Λόγω χτυπημάτων

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η συσκευασία δεν θα πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά από την επεξεργασία και την διατήρηση του τροφίμου, αλλά θα πρέπει να εξετάζονται οι παράμετροι που εμπλέκονται, εφόσον αλληλεπιδρούν μεταξύ της με ένα πολύπλοκο τρόπο. Εάν γίνει επικέντρωση σε ένα μόνο θέμα εις βάρος των άλλων θα οδηγήσει σε εμπορική αποτυχία (Κοντομηνάς και Ρηγανάκος, 2007).

Θα πρέπει να μελετηθεί ένας μεγάλος αριθμός κριτηρίων όταν επιλέγεται ένα σύστημα συσκευασίας για ένα τρόφιμο. Αυτά τα κριτήρια περιλαμβάνουν την σταθερότητα του τροφίμου σε σχέση με την επιδείνωση που μπορεί να λάβει χώρα από χημικές, βιοχημικές και μικροβιολογικές αντιδράσεις. Οι ρυθμοί αυτών των αντιδράσεων εξαρτώνται από εσωτερικούς (σύσταση) και εξωτερικούς (περιβαλλοντικούς) παράγοντες:

- Τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τις οποίες θα εκτεθεί το τρόφιμο κατά την διανομή και αποθήκευση. Η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος είναι οι δύο πιο σημαντικοί παράγοντες και καθορίζουν της ιδιότητες φραγμού που απαιτούνται από τη συσκευασία.
- Τη συμβατότητα της συσκευασίας σε σχέση με τη μέθοδο συντήρησης που έχει επιλεγεί.
- Τη φύση και τη σύσταση του συγκεκριμένου υλικού συσκευασίας και τη δυναμική του όσον αφορά την ασφάλεια και την ποιότητα του συσκευασμένου τροφίμου, ως συνέπεια της μεταφοράς των συστατικών από το υλικό συσκευασίας στο τρόφιμο.

Ο όρος πλαστικά αναφέρεται σε μια μεγάλη ομάδα υλικών τα οποία αποτελούνται από το βασικό μακρομόριο (πολυμερές) και από μια σειρά βιομηχανικά πρόσθετα, τα οποία προστίθενται στο πολυμερές για να βελτιώσουν τις μηχανικές κυρίως, αλλά και φυσικοχημικές ιδιότητές τους. Το μοριακό τους βάρος μπορεί να είναι από μερικές δεκάδες χιλιάδες μέχρι εκατομμύρια και παρασκευάζονται με συνένωση μικρών επαναλαμβανόμενων δομικών μονάδων (μορίων) τα οποία ονομάζονται μονομερή. Επίσης μπορούν να συνδυαστούν διαφορετικά μονομερή στο ίδιο μόριο πολυμερούς, ώστε το υλικό που προκύπτει να συνδυάζει διάφορες ιδιότητες ανάλογα με τις ιδιότητες των μονομερών. Αυτά τα υλικά ονομάζονται συμπολυμερή.

Τα πολυμερή δημιουργούνται είτε με πολυμερισμό προσθήκης είτε με πολυμερισμό συμπύκνωσης. Ο πολυμερισμός προσθήκης πραγματοποιείται με συνένωση διαδοχικών μονομερών, κάτω από κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και με παρουσία ενός

καταλύτη και ενός εκκινήτη. Το μήκος των μακρομοριακών αλυσίδων αυξάνεται με την προσθήκη των μορίων μονομερούς στα άκρα.

Κατά τον πολυμερισμό συμπύκνωσης, δύο ή περισσότερα μόρια αντιδρούν μεταξύ τους για την παραγωγή του πολυμερούς με σύγχρονη απελευθέρωση ενός μικρού συνήθως μορίου. Τα αρχικά μονομερή διαφέρουν από αυτά που αποτελούν την αλυσίδα του πολυμερούς.

Διάφορα υλικά συσκευασίας έχουν χρησιμοποιηθεί για τη συσκευασία κρέατος ορνίθων, αλλά τα πιο κοινά είδη συσκευασίας παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

Διογκωμένο πολυστυρόλιο (PS)

Ανήκει στην ομάδα των υποκατεστημένων ολεφινών. Το διογκωμένο PS είναι υλικό ελαφρύ, ημιεύκαμτο, φθινό και χρησιμοποιείται στη συσκευασία με συχνότητα μεγαλύτερη από κάθε άλλο αφρώδες υλικό. Τη συσκευασία ενδιαφέρει το υλικό σε πυκνότητα 0,05-0,19 g/ml και πάχος 0,38-3,8 mm. Στην βασική ρητίνη του ομοπολυμερούς PS προστίθεται 8% διογκωτικός παράγοντας (πεντάνιο). Με θέρμανση στους 85-96 °C το πεντάνιο εξατμίζεται και δημιουργεί εσωτερικά στη δομή την πίεση που απαιτείται για την διόγκωση των κόκκων πολυστυρολίου. Οι διογκωμένοι κόκκοι πλέον, οδηγούνται με έγχυση σε καλούπια αλουμινίου όπου διοχετεύεται ατμός για ενεργοποίηση της διόγκωσης των κόκκων. Η θερμότητα και η πίεση μέσα στο καλούπι προκαλούν σύντηξη των κόκκων μεταξύ τους για την δημιουργία του κυψελωτού αφρού που αποκτά τις διαστάσεις και το σχήμα του καλουπιού. Το καλούπι στη συνέχεια ψύχεται και ανοίγει για την εξαγωγή του διογκωμένου υλικού (Κοντομηνάς και Ρηγανάκος, 2007).

Το PS έχει χαμηλή διαπερατότητα στους υδρατμούς, μέτριο φραγμό στα αέρια, μηχανικές ιδιότητες και χαμηλή αναφλεξιμότητα, κατόπιν προσθήκης κατάλληλων προσθέτων στο στάδιο της διόγκωσης. Είναι ακόμη αρκετά αδρανές και έχει επιτραπεί από τον FDA (ΗΠΑ) για την χρήση σε επαφή με τρόφιμα.

Χρησιμοποιείται στη συσκευασία οπωροκηπευτικών σε επίπεδους δίσκους, καθώς επίσης και σε πολλά άλλα τρόφιμα π.χ κρεατοσκευάσματα.

Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Τα υλικά συσκευασίας από πολυβινυλοχλωρίδιο που επιτρέπουν την συσσώρευση του CO₂ σε 10-12 mg/100ml και εξαντλούν το O₂ σε 2 mg/100ml, θεωρούνται τα καλύτερα (Kuyper et al, 1993).

Το PVC παράγεται με πολυμερισμό του μονομερούς βινυλοχλωριδίου παρουσία υπεροξειδίων σε θερμοκρασία 35-75 °C, όπως και το PS ανήκει και αυτό στην οικογένεια των υποκατεστημένων ολεφινών .

Το υλικό που παράγεται είναι σκληρό, εύθραυστο, διαυγές, με εξαιρετική αντίσταση στην υγρασία, χαμηλή διαπερατότητα στα αέρια, μέτρια διαπερατότητα στους υδρατμούς, καλή αντίσταση στα λίπη και έλαια και αντοχή στα οξέα και τις βάσεις. Η ενσωμάτωση πλαστικοποιητών έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεμβράνης πολύ πιο μαλακής, εύκαμπτης που επεξεργάζεται με ευκολία. Οι πιο κοινοί πλαστικοποιητές για το PVC είναι οι φθαλικοί και αδιπικοί εστέρες, με πλέον χρησιμοποιούμενο τον αδιπικό διοκτυλεστέρα τα τελευταία 15 χρόνια. Συχνά χρησιμοποιείται και ένας δευτερεύων πλαστικοποιητής π.χ. το εποξειδωμένο σογιέλαιο ή ένας πολυμερικός πλαστικοποιητής. Μπορεί να επιτευχθεί και εσωτερική πλαστικοποίηση με

συμπολυμερισμό του PVC με οξικό βινυλεστέρα, αιθυλένιο ή ακρυλικό μεθυλεστέρα, (Κοντομηνάς, 1995).

Το PVC σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 130 °C αποικοδομείται, ελευθερώνοντας HCl με σύγχρονη αλλοίωση του χρώματός του στις θερμοκρασίες παρασκευής του. Αυτά τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα προλαμβάνονται με τη χρήση σταθεροποιητών φωτός και θέρμανσης. Εκτός των πλαστικοποιητών και των σταθεροποιητών, το PVC περιέχει στη μάζα του και άλλα πρόσθετα, όπως αντιοξειδωτικά, λιπαντικά, αντιστατικά κτλ, με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να έχει χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζονται από τα πρόσθετα που περιέχει.

Τα προϊόντα συσκευασίας που παρασκευάζονται από PVC είναι άκαμπτοι και ημιεύκαμπτοι περιέκτες, πώματα δοχείων ή φιαλών και εύκαμπτες μεμβράνες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία κρέατος και λαχανικών.

Πολυαιθυλένιο (PE, HDPE, LDPE, LLDPE)

Ανήκει στην ομάδα των πολυολεφινών. Είναι από τα απλά στη δομή πολυμερή, παρασκευάζονται με πολυμερισμό του αιθυλενίου. Ανάλογα με τον τρόπο πολυμερισμού μπορεί να ληφθεί το πολυαιθυλένιο που διακρίνεται σε: υψηλής πυκνότητας (HDPE) με ευθεία αλυσίδα, χαμηλής πυκνότητας (LDPE) με διακλαδισμένη αλυσίδα και το γραμμικό χαμηλής πυκνότητας (LLDPE) το οποίο δεν περιέχει διακλαδώσεις μεγάλης αλυσίδας αλλά πολλές μικρές πλευρικές αλυσίδες.

Το LDPE έχει κρυσταλλικότητα 50-60 % και η πυκνότητα του κυμαίνεται μεταξύ 0,915 g/cm³ και 0,940 g/cm³. Είναι σχετικά χημικά αδρανές, ελάχιστα διαπερατό στους υδρατμούς αλλά πολύ διαπερατό στο οξυγόνο, αέρια και στις οσμές. Μπορεί να λαμινारιστεί, να επιστρωθεί με εξώθηση και να συνεξωθηθεί. Είναι φθηνό, ευκατέργαστο, έχει

μηχανική αντοχή, είναι εύκαμπτο, περιέχει σχετικά μικρή ποσότητα προσθέτων και στη μορφή λεπτών μεμβρανών είναι διαφανές. Έχει πολύ καλή ικανότητα θερμοσυγκόλλησης και εύκολα επιστρώνεται πάνω σε άλλα υλικά όπως το χαρτί και το αλουμίνιο.

Το HDPE έχει κρυσταλλικότητα 70-80% και η πυκνότητα του κυμαίνεται μεταξύ 0,940 g/cm³ και 0,970 g/cm³. Το HDPE συγκρινόμενο με το LDPE είναι πιο άκαμπτο, πιο σκληρό και λιγότερο διαφανές. Είναι ανθεκτικό στα λίπη και έλαια και μαλακώνει σε υψηλότερη θερμοκρασία αλλά έχει μικρότερη αντοχή κρούσης. Έχει πολύ καλό φραγμό στα αέρια σε σχέση με το LLDPE.

Το LLDPE είναι κρυσταλλικό και παρόλο που έχει παρόμοια δομή με το HDPE, η πυκνότητά του είναι σαν και αυτή του LDPE, δηλαδή μεταξύ 0,915 g/cm³ και 0,926 g/cm³. Η γραμμικότητα στο μακρομόριο παρέχει αντοχή, ενώ οι διακλαδώσεις σκληρότητα.

Τα πλεονεκτήματα του LLDPE έναντι του LDPE είναι η βελτιωμένη αντοχή σε χημικά αντιδραστήρια, καλύτερη αντοχή στο όριο θραύσης και μεγαλύτερο εκατοστιαίο ποσοστό επιμήκυνσης στο όριο θραύσης.

Τα προϊόντα συσκευασίας που παρασκευάζονται από PE και τα παράγωγα αυτού είναι μεμβράνες, σακούλες, άκαμπτοι και ημιεύκαμπτοι περιέκτες. Χρησιμοποιείται ευρέως για την συσκευασία διαφόρων τροφίμων(Κοντομηνάς, 1995).

1.5.1. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Με τον όρο συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες εννοούμε αυτή κατά την οποία η φυσική σύσταση του αέρα (78% άζωτο, 21% οξυγόνο και 0,03% διοξειδίου του άνθρακα) αντικαθίσταται με ένα ή περισσότερα αέρια, τα οποία δημιουργούν μια εναλλακτική ατμόσφαιρα, με ευεργετικές επιδράσεις πάνω στο προϊόν (Phillips, 1996). Βασικότερος σκοπός των τροποποιημένων ατμοσφαιρών είναι η παράταση του χρόνου ζωής των προϊόντων, η παρεμπόδιση της εμφάνισης ανεπιθύμητων αλλαγών στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, χαρακτηριστικά που οδηγούν στην απόρριψή του και η διασφάλιση της ασφάλειας του προϊόντος. Τα παραπάνω, η συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και το κενό τα επιτυγχάνουν επιδρώντας πάνω στην συσκευασία με τρεις τρόπους:

1. Επιβραδύνουν τις φυσικοχημικές, μικροβιολογικές και οργανοληπτικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά την αλλοίωση των τροφίμων
2. Ελέγχουν την εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου
3. Εμποδίζουν την μίανση του προϊόντος, κρατώντας το τρόφιμο ασφαλή στο εσωτερικό του περιέκτη.

Τρία είναι τα κυριότερα αέρια που χρησιμοποιούνται στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο. Τα αέρια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μόνα τους είτε σε μίγματα διαφόρων συστάσεων. Η επιλογή των αερίων αυτών δεν είναι τυχαία, αλλά κάθε αέριο κατέχει ένα συγκεκριμένο ρόλο στον περιέκτη.

Έτσι, το οξυγόνο παρεμποδίζει την ανάπτυξη των αναερόβιων μικροοργανισμών, ενώ προωθεί την ανάπτυξη των αερόβιων.

Επιπροσθέτως, το οξυγόνο είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση ανεπιθύμητων αλλαγών στα τρόφιμα που συντηρούνται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Πιο συγκεκριμένα, το οξυγόνο είναι υπεύθυνο για την οξείδωση και την τάγγιση του λίπους σε κρέας, ψάρια και έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα για την ταχύτερη ωρίμανση των φρούτων και λαχανικών, για την εμφάνιση του μπαγιάτικου σε προϊόντα αρτοποιίας για τις μεταβολές του χρώματος και τέλος για τη μικροβιακή αλλοίωση (Floros and Matsos, 2005). Εξαιτίας των ανεπιθύμητων αυτών μεταβολών στην ποιότητα των τροφίμων, το οξυγόνο γενικά αποφεύγεται στα προϊόντα που συσκευάζονται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Παρόλο αυτά, μικρές ποσότητες οξυγόνου είναι απαραίτητες σε μερικά τρόφιμα (Αλκήνης, 2009).

Το διοξείδιο του άνθρακα διαθέτει ανασταλτική δράση απέναντι στα Gram(-) αερόβια βακτήρια και τις ζύμες, μικροοργανισμοί οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την εμφάνιση δυσάρεστης οσμής και γεύσης σε κρέας, ψάρια και σφάγια πουλερικών. Επίσης το αέριο αυτό είναι ιδιαίτερα ευδιάλυτο στην υδατική φάση των τροφίμων τα οποία και οξινίζει, ως αποτέλεσμα της παραγωγής ανθρακικού οξέος. Το ανθρακικό οξύ παράγεται από την αντίδραση $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ και δεν επιδρά στην γεύση του τροφίμου.

Το άζωτο αποτελεί ένα αδρανές αέριο το οποίο χρησιμοποιείται για το εκτόπισμα του ατμοσφαιρικού αέρα και κυρίως του οξυγόνου. Επίσης εμποδίζει την κατάρρευση της συσκευασίας σε προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και λίπος, λόγω της χαμηλής διαλυτότητας του στην υδατική και λιπαρή φάση των τροφίμων (Αλκήνης, 2009, Nychas and Skandamis, 2005).

Όσον αφορά το κρέας, ψάρια και κρέας πουλερικών, μεγάλη σημασία διαδραματίζεται η αναλογία O_2/CO_2 στον περιέκτη. Η

συγκέντρωση του οξυγόνου θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να διατηρεί το οξυγονομένο φρέσκο κόκκινο χρώμα του προϊόντος και ταυτόχρονα να μην προωθεί την οξείδωση των λιπών, η οποία προκαλείται από υψηλή συγκέντρωση του αερίου αυτού. Επίσης η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα θα πρέπει να είναι σε επίπεδα τα οποία δεν προκαλούν τον αποχρωματισμό του κρέατος (Αλκήνης, 2009, Nychas and Skandamis, 2005).

Ένα είδος συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας αποτελεί η συσκευασία σε κενό. Κατά τη συσκευασία σε κενό, το τρόφιμο τοποθετείται σε πλαστική μεμβράνη χαμηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο, ο αέρας απομακρύνεται με τη βοήθεια συσκευής κενού και στην συνέχεια σφραγίζεται. Όταν η διαδικασία της συσκευασίας γίνει σωστά το ποσοστό του ελεύθερου χώρου της συσκευασίας αποτελείται από $<1\% \text{ O}_2 \text{ (v/v)}$ και $10\text{-}20\% \text{ CO}_2 \text{ (v/v)}$, το οποίο όμως μπορεί να φτάσει μέχρι 30% από την αναπνευστική δραστηριότητα του κρέατος και των μικροοργανισμών (Stiles, 1991). Είναι λοιπόν σημαντικό κατά τη συσκευασία να απομακρυνθεί όσο το δυνατό μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου, έτσι ώστε να παραταθεί ο χρόνος ζωής του προϊόντος για το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα και να επιτευχθεί καλύτερο χρώμα κατά τη συντήρηση. Στο κενό μπορεί να παραχθεί σημαντική απώλεια ορού, γεγονός που επιδρά αρνητικά στην εμφάνιση του προϊόντος. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τη χρησιμοποίηση συσκευασίας που αφήνει όσο το δυνατό μικρότερο χώρο για τη συσσώρευση υγρού (Blakistone, 1998).

1.6. ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ποιοτική εκτίμηση, την αποδοχή καθώς και την ικανότητα πέψης των τροφίμων από τον καταναλωτή παίζουν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Στα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνονται:

1. η εμφάνιση του τροφίμου (ιξώδες, μέγεθος, χρώμα, πιθανός τραυματισμός, στιλπνότητα κ.τ.λ.)
2. η υφή του τροφίμου (ιξώδες, ρεολογικές ιδιότητες, σκληρότητα, χυμώδες κ.τ.λ.)
3. η γεύση και η οσμή (αρωματικό, όξινο, μπαγιάτικο, δύσοσμο κ.τ.λ.) (Πασχαλίδου, 2013, Τασσιούλα-Μάργαρη & Κοντομηνάς, 2003).

Εξέταση υφής

Παρόλο που ο όρος υφή αποτελεί έναν από τους σπουδαιότερους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τον καθορισμό της ποιότητας των τροφίμων, δεν έχει δοθεί γι' αυτόν ικανοποιητικός ορισμός. Συνήθως με τον όρο υφή χαρακτηρίζονται εκείνες οι ιδιότητες των τροφίμων, οι οποίες γίνονται αντιληπτές με το μάσημα και με την πίεση με τα δάχτυλα.

Ένας πιο ικανοποιητικός τρόπος ορισμού της υφής των τροφίμων είναι ο εξής: Υφή είναι ο τρόπος με τον οποίο τα διάφορα δομικά στοιχεία και τα άλλα συστατικά του τροφίμου είναι διαταγμένα και συνδυασμένα, ώστε να αποτελέσουν την μικρο- και μακρο- δομή του, καθώς και οι εξωτερικές μαρτυρίες των δομών αυτών που αποδίδονται με όρους ρευστότητας και παραμορφώσεων.

Η υφή των τροφίμων, όπως έδειξαν στατιστικές μελέτες, αποτελεί σημαντικό κριτήριο για την αποδοχή ή όχι του προϊόντος από τον

καταναλωτή(Πασχαλίδου, 2013, Τασιούλα-Μάργαρη & Κοντομηνάς, 2003).

Εξέταση γεύσης και οσμής

Η γεύση και η οσμή (flavor) αναφέρονται στις αισθήσεις που προκαλεί η τροφή στο στόμα και τη μύτη αντίστοιχα. Δηλαδή η γεύση και η οσμή αποτελούν ιδιότητες του τροφίμου αφενός και του δέκτη (καταναλωτή) αφετέρου. Οι ενώσεις που υπάρχουν στο τρόφιμο δίνουν σε αυτό τις χαρακτηριστικές του οργανοληπτικές ιδιότητες και κατόπιν αλληλεπίδρασής τους με τα αισθητήρια όργανα του ανθρώπου, προκαλούν ένα σήμα, το οποίο μεταφέρεται μέσω του νευρικού συστήματος στον εγκέφαλο και έτσι δημιουργείται η συγκεκριμένη εντύπωση της γεύσης και της οσμής(Πασχαλίδου, 2013, Τασιούλα-Μάργαρη & Κοντομηνάς, 2003).

Γεύση

Τα κύρια γευστικά ερεθίσματα είναι τέσσερα: το γλυκό, το πικρό, το ξινό και το αλμυρό. Η αίσθηση της γεύσης γίνεται αντιληπτή με τη βοήθεια των γευστικών καλύκων που υπάρχουν στη γλώσσα. Αυτοί αποτελούν συσσωματώματα γευστικών κυττάρων τα οποία μοιάζουν με τους κάλυκες των ανθέων. Είναι εξειδικευμένοι σε ομάδες, ώστε να δέχονται ένα ορισμένο είδος γευστικού ερεθίσματος και να μεταβιβάζουν μέσω των κατάλληλων νεύρων που απολήγουν σε αυτούς, τη σχετική πληροφορία στον εγκέφαλο. Οι γευστικοί κάλυκες είναι έτσι κατανεμημένοι στη γλώσσα ώστε το αίσθημα του γλυκού να εντοπίζεται στο οξύ άκρο της γλώσσας (μπροστά), του πικρού στο πίσω άκρο, του αλμυρού και του ξινού στα πλάγια άκρα της γλώσσας (Πασχαλίδου, 2013, Τασιούλα-Μάργαρη & Κοντομηνάς, 2003).

Εκτός από τα τέσσερα κύρια γευστικά ερεθίσματα υπάρχουν και άλλα δευτερεύοντα που συντελούν στη γεύση. Τα σπουδαιότερα από αυτά είναι:

- Το αλκαλικό ερέθισμα που αποδίδεται στην παρουσία του – OH.
- Το στυφό ερέθισμα που οφείλεται στις ταννίνες π.χ. τσάι.
- Το δροσιστικό ερέθισμα που είναι χαρακτηριστικό της μενθόλης.
- Το καυστικό ερέθισμα που είναι χαρακτηριστικό των μπαχαρικών, πιπεριού, πιπεριάς κ.τ.λ. Η γεύση του πιπεριού οφείλεται στην παρουσία της πιπερίνης, ενώ η γεύση της πιπεριάς οφείλεται στην παρουσία της καψαϊκίνης.
- Το μεταλλικό ερέθισμα που αποδίδεται στα άλατα των μετάλλων, όπως του Hg, Ag, Fe, Zn.
- Κατά την ανάμιξη διαφόρων γευστικών ουσιών προκύπτει η σύνθετη γεύση που είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του γλυκού και του ξινού (αναλογία σακχάρων/οξέων) στα φρούτα (Πασχαλίδου, 2013, Τασιούλα-Μάργαρη & Κοντομηνάς, 2003).

Οσμή

Ο μηχανισμός της όσφρησης είναι πολύπλοκότερος από εκείνον της γεύσης. Υπάρχουν χιλιάδες οσμές και η ευαισθησία του οργάνου όσφρησης είναι κατά 100.000 φορές μεγαλύτερη από τη ευαισθησία του οργάνου της γεύσης.

Όταν μια οσμηρή ένωση φτάσει στο όργανο της όσφρησης (μύτη) συμβαίνει αντίδραση μεταξύ του οσμηρού μορίου και του δέκτη της

όσφρησης που οδηγεί στη δημιουργία ηλεκτρικού σήματος. Το ηλεκτρικό αυτό σήμα, μέσω του νευρικού συστήματος φτάνει στον εγκέφαλο, όπου γίνεται και η ταυτοποίηση της συγκεκριμένης οσμής. Ο αριθμός των δεκτών της όσφρησης στη μύτη είναι της τάξης των 100 εκατομμυρίων. Σύμφωνα με τη θεωρία του Amoore η διάκριση των διαφορετικών οσμηρών μορίων γίνεται με βάση το μέγεθος και το σχήμα του μορίου. Οι οσμηρές αυτές ενώσεις εισχωρούν και καλύπτουν τους αντίστοιχους δέκτες της όσφρησης

Το άρωμα ενός τροφίμου είναι συνισταμένη μεγάλου αριθμού ενώσεων. Έτσι λοιπόν για να χαρακτηριστεί το τρόφιμο ως προς το άρωμά του είναι δυνατόν να απομονωθούν οι ενώσεις που είναι υπεύθυνες με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν στην ενότητα για την ανάλυση των πτητικών συστατικών των τροφίμων. Αυτός είναι ο αντικειμενικός τρόπος προσδιορισμού του αρώματος ενός τροφίμου. Όμως πρέπει να σημειωθεί ότι για το σκοπό αυτό και ιδιαίτερα για το χαρακτηρισμό της γεύσης πρέπει να διεξαχθεί και οργανοληπτικός έλεγχος. Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της χρωματογραφικής ανάλυσης μπορούν να δώσουν ολοκληρωμένα συμπεράσματα για το άρωμα των τροφίμων (Πασχαλίδου, 2013, Rothe, 1988).

Οργάνωση οργανοληπτικού ελέγχου των τροφίμων

Ο χώρος της εξέτασης πρέπει να είναι απλός, ευχάριστος, κατάλληλα φωτισμένος, χωρίς οσμές, καλή ηχομόνωση, χωρίς φανταχτερά και γυαλιστερά χρώματα, με θερμοκρασία που κυμαίνεται από 20-22 °C. Ο κάθε δοκιμαστής διαθέτει το δικό του ανεξάρτητο χώρο.

Οι ιδιαίτεροι χώροι των δοκιμαστών πρέπει να είναι ομοιόμορφοι μεταξύ τους, ήσυχοι, ανεξάρτητοι, να έχουν ατομικό φωτισμό, άνετα και

ρυθμιζόμενα καθίσματα. Η πλέον κατάλληλη ώρα για την δοκιμή των δειγμάτων είναι 10- 12 π.μ., διότι έχει παρατηρηθεί ότι εκείνη την ώρα το αίσθημα της πείνας δημιουργεί μέγιστη ευαισθησία στα αισθητήρια όργανα. Κατά την διάρκεια της οργανοληπτικής εξέτασης οι δοκιμαστές δεν πρέπει να έρχονται σε επικοινωνία μεταξύ τους. Επιπλέον, δεν θα πρέπει να έχουν καταναλώσει πριν την εξέταση αλκοόλ, τρόφιμα με πολλά μπαχαρικά και δεν θα πρέπει να έχουν καπνίσει.

Η παρουσίαση των δειγμάτων πρέπει να είναι ομοιόμορφη και ανώνυμη. Ο κάθε δοκιμαστής πρέπει να εξετάζει τα δείγματα ανεξάρτητα και να σημειώνει σε ειδικές καρτέλες τα εκάστοτε αποτελέσματά του.

Επίσης η διάρκεια της δοκιμής δεν πρέπει να ξεπερνά τα 45-60 min, ενώ ο αριθμός των δειγμάτων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10-15.

Οι μέθοδοι δοκιμής που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι:

- Δοκιμασία κατά ζεύγη: Είναι ο πιο απλός τρόπος σύγκρισης 2 δειγμάτων ενός τροφίμου.

- Δοκιμασία σε σχέση με ένα μάρτυρα: Κατά την μέθοδο αυτή ζητείται να συγκριθούν διάφορα δείγματα σε σχέση με το δείγμα μάρτυρα.

- Ομαδική δοκιμή: Η μέθοδος αυτή απαιτεί την σύσταση ομάδας δοκιμαστών, η οποία πρέπει να είναι ομογενής. Με τον τρόπο αυτό το αποτέλεσμα της δοκιμασίας του δείγματος δεν εξαρτάται από την γνώμη ενός προσώπου αλλά περισσότερων (Πασχαλίδου,2013, Ρηγανάκος, 1996).

1.7 ANTIKEIMENO THΣ EPEYNAS

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας αποτέλεσε η μελέτη της επίδρασης αερίου όζοντος και της αερόβιας συσκευασίας στα φυσικοχημικά (χρώμα, pH), στα μικροβιολογικά (OMX, *Pseudomonas* spp., Ζύμες-Μύκητες, Εντεροβακτήρια, Βακτήρια του γαλακτικού οξέος) και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (εμφάνιση, υφή και οσμή) σε κρέας κοτόπουλου με σκοπό την αύξηση του χρόνου ζωής του.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

87 τεμάχια νωπού φιλέτου στήθος κοτόπουλου βάρους το καθένα 300 ± 20 gr παρελήφθησαν από την εταιρία ΠΙΝΔΟΣ Α.Ε σε ψυγείο πολυστυρολίου με χρήση πάγου τον Δεκέμβριο του 2016. Μετά τη μεταφορά τους στο Εργαστήριο Χημείας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων επεξεργάστηκαν την ίδια ημέρα.

Στα νωπά φιλέτα κοτόπουλου έγιναν οι εξής κατεργασίες:

Πραγματοποιήθηκε έκθεση σε τρεις συγκεντρώσεις αέριου όζοντος (2, 5 και 10 ppm) για μια ώρα και στην συνέχεια έγινε συσκευασία σε περιέκτες πολυαμιδίου /πολυαιθυλενίου PA/PE. Το ίδιο πείραμα έλαβε χώρα και σε δείγματα αναφοράς, δηλαδή νωπά φιλέτα κοτόπουλου χωρίς επεξεργασία με όζον (control) αλλά συσκευασμένα στον παραπάνω περιέκτη. Όλα τα παραπάνω δείγματα συντηρήθηκαν υπό ψύξη στους $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ για όλη τη χρονική περίοδο του πειράματος (14 ημέρες).

Τα δείγματα συσκευάστηκαν σε αερόβια συσκευασία με τη βοήθεια ειδικής κλειστικής μηχανής συσκευασίας (Boss, Model Type: N48, Bad Homburg Germany), του Εργαστηρίου Χημείας Τροφίμων του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Όλες οι δειματοληψίες γίνονταν ανά 2 ημέρες. Το πείραμα διήρκεσε 14 ημέρες. Τα δείγματα κωδικοποιήθηκαν ως εξής:

- **Control:** δείγμα αναφοράς (νωπά φιλέτα κοτόπουλου χωρίς έκθεση σε αέριο όζον αλλά συσκευασμένα σε περιέκτες PA/PE)

- **2 ppm – PA/PE:** έκθεση νωπού φιλέτου κοτόπουλου σε συγκέντρωση αερίου όζοντος 2 ppm/1h συσκευασμένα σε περιέκτες PA/PE.
- **5 ppm – PA/PE:** έκθεση νωπού φιλέτου κοτόπουλου σε συγκέντρωση αερίου όζοντος 5 ppm/1h συσκευασμένα σε περιέκτες πολυαμιδίου /πολυαιθυλενίου PA/PE.
- **10 ppm – PA/PE:** έκθεση νωπού φιλέτου κοτόπουλου σε συγκέντρωση αερίου όζοντος 10 ppm/1h συσκευασμένα σε περιέκτες πολυαμιδίου /πολυαιθυλενίου PA/PE.

2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.2.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Ο προσδιορισμός χρώματος έγινε σε νωπό φιλέτο κοτόπουλο. Η μέτρηση έγινε με χρωματόμετρο Hunter Lab, μοντέλο DP-25L Optical Senson colorimeter (Reston VA, USA). Το χρωματόμετρο βαθμονομήθηκε με το λευκό και μαύρο πλακίδιο πριν από κάθε μέτρηση. Για τον προσδιορισμό του χρώματος χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από φιλέτο στήθος κοτόπουλου χωρίς το δέρμα τα οποία τοποθετήθηκαν στις ειδικές τετράγωνες πλάκες. Κάθε δείγμα μετρήθηκε πέντε φορές, στρέφοντας κάθε φορά την πλάκα κατά 45°. Για κάθε προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκαν 3 δείγματα της κάθε επεξεργασίας (n=3) και τα αποτελέσματα ήταν ο μέσος όρος των 3 τιμών.

2.2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ pH

Οι τιμές pH του νωπού κρέατος κοτόπουλου μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας την συσκευή Delta OHM, μοντέλο HD 3456.2, (Padova, Ιταλία) με ακρίβεια $\pm 0,002$. 10 g δείγματος ομογενοποιήθηκαν πλήρως με 10 mL αποσταγμένου νερού (pH=7,0) και στο διάλυμα έγινε εμβάπτιση του ηλεκτροδίου του οργάνου και μετρήθηκε το pH.

2.2.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΖΟΝΙΣΜΟΥ

Η πειραματική διάταξη με την οποία έγινε ο οζονισμός των δειγμάτων παρουσιάζεται στην **Εικόνα 2.2.3.1**. Η συσκευή όζοντος ήταν εξωτερικά συνδεδεμένη με φιάλη οξυγόνου. Το αέριο όζον διαβιβάστηκε μέσα σε ψυγείο θερμοκρασίας $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ και σχετικής υγρασίας RH= 60-70%, μέσω ενός σωλήνα από Teflon, ενώ ο αισθητήρας του ανιχνευτή βρισκόταν μέσα στο ψυγείο.



Εικόνα 2.2.3.1 Πειραματική διάταξη οζονισμού.

A: Οζονιστήρας, B: Ψυγείο, Γ: Φιάλη οξυγόνου

2.2.3.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΟΖΟΝΤΟΣ

Για τον οζονισμό των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ο οζονιστήρας C-Lasky της εταιρείας Air tree (Taiwan).

Ο οζονιστήρας C-lasky L010 έχει μεγάλη αποδοτικότητα, μικρή κατανάλωση ενέργειας και σταθερή παραγωγή όζοντος. Το όζον παράγεται σε μια επιφάνεια μεταξύ δύο σωλήνων χαλαζία ώστε να αποφευχθεί η μεταλλική οξείδωση κατά τη λειτουργία της. Χρησιμοποιεί έναν εσωτερικό ανεμιστήρα που διατηρεί χαμηλή θερμοκρασία στο εσωτερικό του συστήματος. Αυτό το σχέδιο βελτιώνει την αποδοτικότητα της παραγωγής όζοντος και αυξάνει τον χρόνο ζωής της γεννήτριάς του. Ο οζονιστήρας μπορεί να παράγει 2 g/h όζοντος με εσωτερική αεραντλία ή 10 g/h όταν συνδεθεί με εξωτερική παροχή οξυγόνου. Στην **Εικόνα 2.2.3.1.1** διακρίνεται ο οζονιστήρας C-lasky L010.



Εικόνα 2.2.3.1.1. Οζονιστήρας C-Lasky L010.

a: Ένδειξη υπερθέρμανσης, **b:** Χρονόμετρο, **c:** Ένδειξη παροχής αερίου, **d:** Ένδειξη παραγωγής αερίου, **e:** Ρυθμιζόμενη παραγωγή όζοντος, **f:** Διακόπτης, **g:** Ρυθμιζόμενη ροή αερίου

2.2.3.2 ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Για την ανίχνευση της συγκέντρωσης αερίου όζοντος χρησιμοποιήθηκε ο ανιχνευτής OS-4 της εταιρείας Eco-Sensors (Santa Fe, New Mexico USA). Αποτελείται από τον αισθητήρα και από τον ανιχνευτή με τη βοήθεια του οποίου διαβιβάζεται η συγκέντρωση του αερίου όζοντος.

Η συσκευή αυτή ελέγχει το ποσοστό του όζοντος που εισέρχεται στο ψυγείο. Παρέχει σύστημα ειδοποίησης όταν ανιχνεύεται το όζον. Η συσκευή ανιχνεύει συγκεντρώσεις από 0,05-20 ppm και διαθέτει ηλεκτρονική ένδειξη συγκέντρωσης όζοντος. Στην **Εικόνα 2.2.3.2.1** παρουσιάζεται η συσκευή ανίχνευσης αερίου όζοντος OS-4.



Εικόνα 2.2.3.2.1. συσκευή ανίχνευσης αερίου όζοντος OS-4.

2.2.4 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

2.2.4.1 ΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΧΛΩΡΙΔΑ (Ο.Μ.Χ.) , ΖΥΜΕΣ- ΜΥΚΗΤΕΣ, ΕΝΤΕΡΟΒΑΚΤΗΡΙΑ, ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ, ΨΕΥΔΟΜΟΝΑΔΕΣ

2.2.4.1.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- Buffered Peptone Water 0,1%(LAB M, United Kingdom)
- LAB 10 Plate Count Agar (LAB M, United Kingdom)
- LAB 108 Pseudomonas Agar Base (LAB M, United Kingdom)
- LAB X108 Modified C.F.C. (LAB M, United Kingdom)
- LabM, lab036 Rose Bengal Chloromphenicol Agar
- LabM, lab088 Violet Red Bile Glucose Agar
- LabM, lab223 Man Rogosa Sharpe Agar
- Σακούλες Stomacher
- Τρυβλία
- Ομογενοποιητής stomacher (Lab Blender 400, Seward Medical, UK)
- Αυτόκαυστο

2.2.4.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ

Ποσότητα 10 g από τα συσκευασμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου, μεταφέρθηκαν ασηπτικά σε σακούλα Stomacher (Seward Medical, Worthing, West Sussex, UK), που περιείχε 90 ml διαλύματος πεπτονούχου νερού (peptone water) 0,1 % και ομογενοποιήθηκαν για 60 sec με τη χρήση του Lab Blender Stomacher (Seward Medical, London, UK).

Για την μικροβιακή απαρίθμηση 0,1 ml από διαδοχικές αραιώσεις ομογενοποιημένου δείγματος, επιστρώθηκαν στην επιφάνεια στερεού θρεπτικού υλικού. Η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας το θρεπτικό υλικό Plate Count Agar (LabM Lab010), μετά από επώαση για 48 h στους 30°C, οι ψευδομονάδες προσδιορίστηκαν στο Cefrimide Fusidin Cephaloridine Agar (LabM X108, με αντιβιοτικό Modified CFC, LabM X 1080), όπου επώαστηκαν στους 30°C για 48 h. Για τον προσδιορισμό των ζυμών και μυκήτων χρησιμοποιήθηκε το υλικό Rose Bengal Chloramphenicol Agar (LabM lab036) και η επώαση έγινε στους 30°C για 3 ημέρες. Για τα εντεροβακτήρια και τα γαλακτικά βακτήρια ο προσδιορισμός έγινε με ενσωμάτωση 1 ml δείγματος σε 15 περίπου ml λιωμένου (45 °C) Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA, LabM lab088) και Man Rogosa Sharpe Agar (LabM, lab223) αντίστοιχα. Μετά την στερεοποίηση του πρώτου στρώματος άγαρ ακολούθησε προσθήκη ενός επιπλέον στρώματος περίπου 10 ml του αντίστοιχου άγαρ. Για τα εντεροβακτήρια η επώαση έγινε στους 37°C για 24 h και μετρήθηκαν μόνο οι χαρακτηριστικές αποικίες που περιβάλλονταν από μια ρόδινη άλω. Τα γαλακτικά βακτήρια επώαστηκαν στους 30°C για 3 ημέρες.

Σε όλες τις περιπτώσεις η καταμέτρηση των αποικιών για τον προσδιορισμό των πληθυσμών, έγινε στα τρυβλία εκείνα που ο αριθμός

των αποικιών ήταν μεταξύ 20-300. Οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε δεκαδικό λογάριθμο του αριθμού των αποικιών ανά γραμμάριο τροφίμου (colony forming units cfu/g).

2.3 Οργανοληπτική εξέταση

Για τον οργανοληπτικό έλεγχο των δειγμάτων νωπού φιλέτου κοτόπουλου χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία σε σχέση με ένα μάρτυρα. Η οργανοληπτική εξέταση των δειγμάτων ελάμβανε χώρα κάθε 2 ημέρες (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14). Η ομάδα οργανοληπτικής εξέτασης (panel) απαρτίστηκε από πέντε (5) έμπειρα άτομα και αξιολόγησε τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος κοτόπουλου για κάθε ημέρα δειγματοληψίας. Το νωπό κοτόπουλο εξετάστηκε ως προς την οσμή, την υφή και την εμφάνιση σε κλίμακα αξιολόγησης από 1 έως 5 όπως φαίνεται στον **Πίνακα 2.3**, με κατώτερο όριο αποδοχής το 3.

Πίνακας 2.3 Κλίμακα αξιολόγησης-βαθμολογία.

Κλίμακα αξιολόγησης	Βαθμοί (Points)
Εξαιρετικό	5
Πολύ καλό	4
Καλό	3
Μη αποδεκτό	2
Απορριπτέο	1

Η οργανοληπτική εξέταση περιλάμβανε τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

► Εμφάνιση (εσωτερική και εξωτερική). Η εμφάνιση είναι το σύνολο των οπτικών ιδιοτήτων του προϊόντος, τόσο των εσωτερικών όσο και των εξωτερικών, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται το σχήμα, το χρώμα και οι ατέλειες κυρίως στην επιφάνεια του προϊόντος. Η εμφάνιση του προϊόντος εκτιμάται με την οπτική παρατήρηση του νωπού φιλέτου κοτόπουλου.

► Υφή. Εκτιμάται με την αφή, ειδικά μέσω του δέρματος και των δακτύλων.

► Οσμή. Η οσμή εκτιμάται μυρίζοντας το δείγμα.

2.4 Στατιστική επεξεργασία

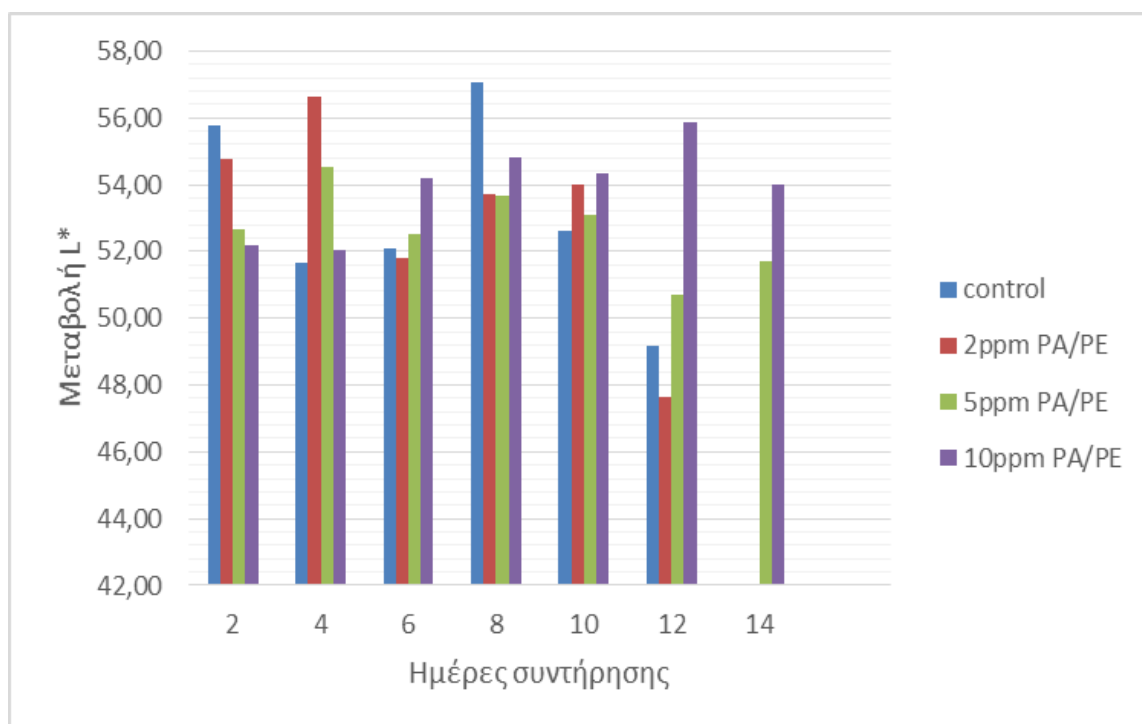
Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με χρήση του λογισμικού SPSS (Version 20 for Windows, SPSS, Chicago, IL. USA). Η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών των παραμέτρων που μελετήθηκαν, έγινε με εφαρμογή της one-way ANOVA. Υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις, με τον συντελεστή p να είναι μικρότερος της τιμής 0,05, στην περίπτωση ύπαρξης στατιστικής διαφοράς μεταξύ των τιμών.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

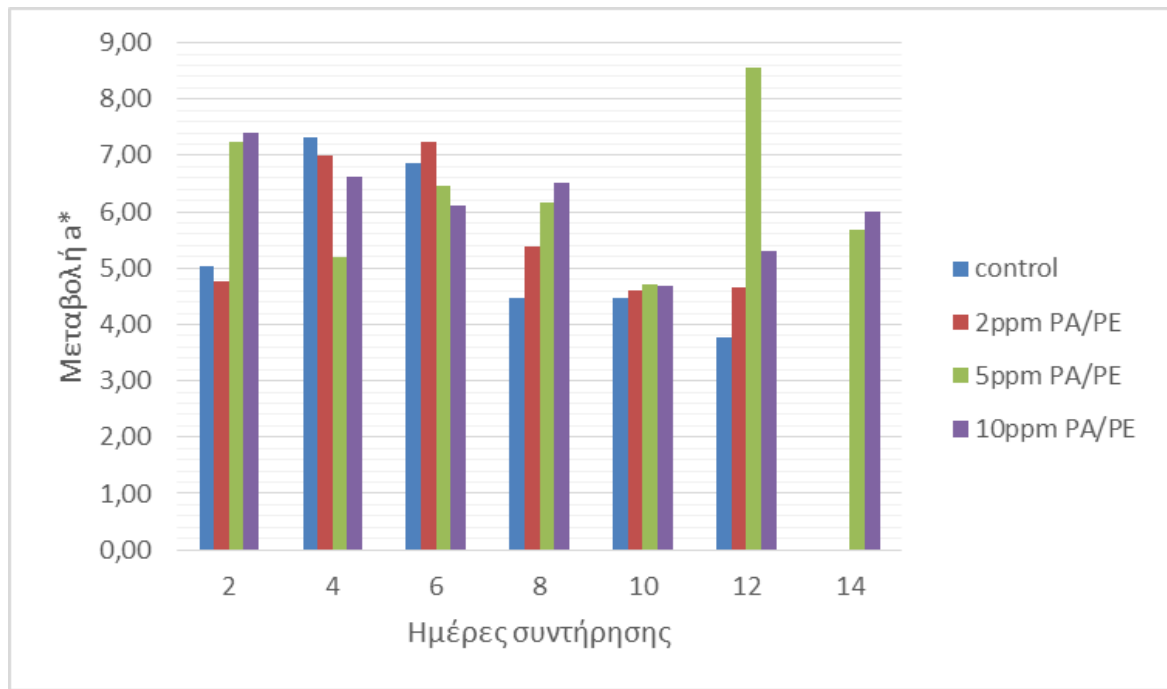
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

3.1. Προσδιορισμός χρώματος

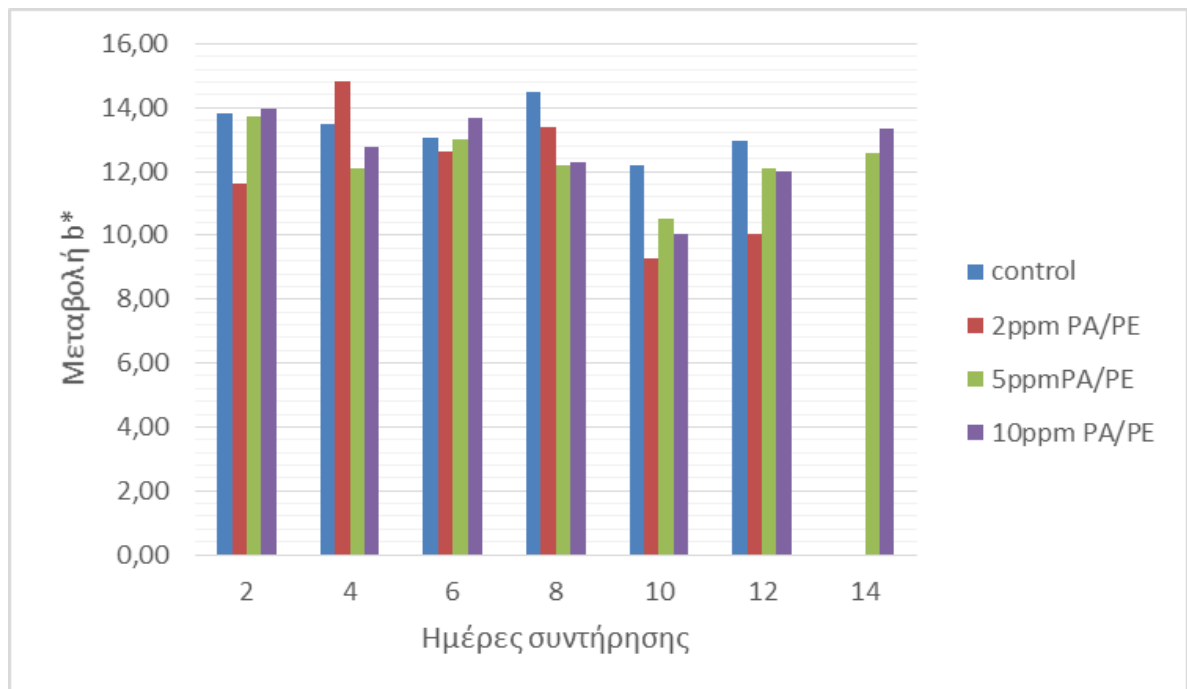
Για τη μέτρηση του χρώματος κοτόπουλου χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Hunter το οποίο υιοθετεί τα σύμβολα L^* , a^* , και b^* για τον προσδιορισμό του χρώματος. Η παράμετρος L^* εκφράζει τη φωτεινότητα, το a^* την ερυθρότητα, και το b^* το κιτρίνισμα. Στα **Διαγράμματα 3.1.1, 3.1.2 και 3.1.3** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβολής του χρώματος ως προς τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* , για την επίδραση του όξοντος στο χρόνο συντήρησης του νωπού κοτόπουλου.



Διάγραμμα 3.1.1. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όξοντος στην παράμετρο L^* κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού κοτόπουλου



Διάγραμμα 3.1.2. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην παράμετρο a^* κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού κοτόπουλου



Διάγραμμα 3.1.3. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην παράμετρο b^* κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού κοτόπουλου.

Συγκεκριμένα, η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι οι τιμές του L^* δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p>0,05$) από τη δόση του αέριου όζοντος αλλά από το χρόνο συντήρησης για όλα τα δείγματα από την 0^η ημέρα ($p<0,05$) (**Διάγραμμα 3.1.1**). Παρατηρείται επίσης ότι οι τιμές του a^* δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p>0,05$) μεταξύ των συγκεντρώσεων οζονισμού και μεταξύ του μάρτυρα με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις όζοντος 10ppm και του μάρτυρα control. Επίσης οι τιμές a^* επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p<0,05$) από το χρόνο συντήρησης σε όλα τα δείγματα (**Διάγραμμα 3.1.2**). Σε ότι αφορά τις τιμές του b^* , αυτές δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p>0,05$) από τη δόση οζονισμού και μεταξύ του μάρτυρα με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 2ppm και 5 ppm και του μάρτυρα control. Τέλος οι τιμές b^* επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p<0,05$) από το χρόνο αποθήκευσης σε όλα τα δείγματα.

Σύμφωνα με τους Gertzou et al (2017) οι τιμές L^* μειώθηκαν μέχρι την ημέρα 16 της αποθήκευσης για το νωπό κοτόπουλο που επεξεργάστηκε σε διάφορες συγκεντρώσεις όζοντος σε σχέση με τα δείγματα αναφοράς και το χρώμα του προϊόντος κατέστη πιο ασαφές. Οι Sheldon και Brown (1986) ανέφεραν ότι τα σφάγια πουλερικών δεν επηρεάστηκαν από τη θεραπεία με όζον, καθώς δεν παρατηρήθηκε απώλεια χρώματος του δέρματος. Οι Chouliara et al. (2007), παρατήρησαν αύξηση των τιμών L^* σε κρέας στήθους κοτόπουλου μετά από χρήση αιθέριου ελαίου ρίγανης και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας.

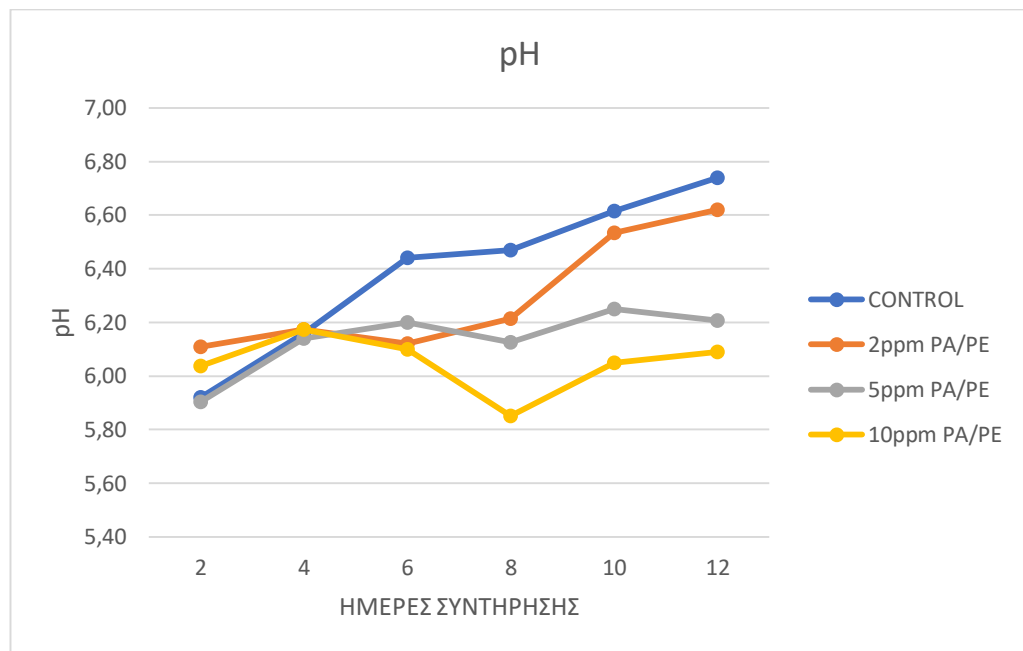
Παρόμοιες μεταβολές στην παράμετρο χρώματος a^* αναφέρθηκε από τους Chouliara et al. (2007), σε μελέτη που περιελάμβανε νωπό κρέας στήθους κοτόπουλου που φυλάσσεται στους 4 ° C και επεξεργασμένο με την μέθοδο MAP και με αιθέριο έλαιο ρίγανης.

Τόσο οι Gertzou et al (2017) όσο και οι Chouliara et al. (2007) παρατήρησαν επίσης ότι οι τιμές b^* δεν επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$) από τη δόση αερίου όζοντος ενώ οι διακυμάνσεις ($p < 0,001$) εξαρτώνται από τον χρόνο αποθήκευσης.

3.2 Προσδιορισμός pH

Από το **Διάγραμμα 3.2.1** παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του όζοντος η τιμή του pH ελαττώνεται με την χαμηλότερη τιμή να εμφανίζει το δείγμα που έχει οζονιστεί με συγκέντρωση όζοντος 10ppm. Συγκεκριμένα για την 2^η μέρα συντήρησης στα δείγματα control, 2 ppm, 5ppm και 10ppm καταγράφονται τιμές pH 5,91, 6,11, 5,90 και 6,04, αντίστοιχα. Μετά την 12^η μέρα τα δείγματα παρουσιάζουν αντίστοιχα τιμές pH ίσες με 6,74, 6,62, 6,21 και 6,09.

Με βάση την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$) σε όλα τα δείγματα όσον αφορά τον χρόνο συντήρησης καθώς και μεταξύ των συγκεντρώσεων του όζοντος, με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκέντρωση 2ppm και του μάρτυρα.



Διάγραμμα 3.2.1 Επίδραση του όζοντος και του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία PA/PE στη παράμετρο pH.

Οι Gertzou et al (2017) έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα για κρέας κοτόπουλου καθώς το pH μειώθηκε στη συσκευασία κενού που περιείχε 5 και 10 mg / L όζοντος σε σύγκριση με τα δείγματα του μάρτυρα.

Οι Kuscu και Pazir (2004), έδειξαν ότι η μείωση του pH αυξάνει την αποτελεσματικότητα του όζοντος, αυξάνοντας ουσιαστικά το ρυθμό αποσύνθεσης του όζοντος. Αυτή η υπόθεση υποστηρίζεται από την κινητική της απενεργοποίησης της *E. coli*, η οποία ήταν πολύ ταχύτερη σε ένα όξινο περιβάλλον, απ' ότι σε βασικό.

Σύμφωνα με τους Cantalejo et al. (2015) ο συνδυασμός του οζονισμού σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και της τεχνικής λυοφιλοποίησης ελαττώνουν ελαφρώς τις τιμές pH σχεδόν σε όλα τα συνδυασμένα επεξεργασμένα δείγματα φιλέτου κοτόπουλου, υπάρχουν

όμως σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$) μόνο μεταξύ των επεξεργασμένων δειγμάτων σε 0,6 ppm όζοντος για 10 λεπτά και των μη επεξεργασμένων δειγμάτων.

Ομοίως, ο Clavijo (2005) ανέφερε χαμηλότερες τιμές pH για τα οζονισμένα αποξηραμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου, σε σύγκριση με τον μάρτυρα (μη οζονισμένα αποξηραμένα φιλέτα στήθους κοτόπουλου). Αυτή η μείωση του pH τείνει να αναστέλλει τη μικροβιακή ανάπτυξη (Stivariuset et al, 2002). Οι Alonso-Calleja et al, (2004) βρήκαν μια υψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ του pH και του μικροβιακού φορτίου καθώς υποδεικνύει ότι οι υψηλές τιμές του pH επηρεάζουν θετικά τη μικροβιακή ανάπτυξη.

Ωστόσο, σύμφωνα με τους Cristian Botta et al, (2018) οι τιμές του pH για βόειο κρέας που συσκευάστηκε σε κενό δεν επηρεάζονται από την επεξεργασία με όζον καθώς και από την επεξεργασία με ηλεκτρολυμένο νερό.

3.3 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Στη παρούσα έρευνα προσδιορίστηκαν η ολική μεσόφιλη χλωρίδα (OMX), Ζύμες-Μύκητες, Εντεροβακτήρια, βακτήρια του γαλακτικού οξέος καθώς και τα βακτήρια του γένους *Pseudomonas spp.*, που αναπτύχθηκαν στο κοτόπουλο κατά την συντήρηση του για 14 ημέρες. Οι μετρήσεις γίνονταν ανά 2 ημέρες (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14). Στα **Διαγράμματα 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 και 3.3.5** φαίνεται η επίδραση του οξονισμού και του χρόνου συντήρησης στην ανάπτυξη της O.M.X, των Ζύμο-Μυκητών, των Εντεροβακτηρίων, των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος καθώς και των βακτηρίων του γένους *Pseudomonas spp.*, αντίστοιχα.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται πως ο πληθυσμός της OMX, των Ζύμο-Μυκητών, των Εντεροβακτηρίων, των Βακτηρίων του γαλακτικού οξέος αλλά και των βακτηρίων του γένους *Pseudomonas spp* επηρεάζεται από τις μέρες αποθήκευσης καθώς και τη χρήση αέριου όζοντος. Το όζον δρα ως αντιμικροβιακός παράγοντας και αυξανόμενης της συγκέντρωσης του μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης. Η ανάπτυξη μικροβιακής χλωρίδας στα δείγματα μάρτυρες τα οποία δεν είχαν εκτεθεί σε κάποια συγκέντρωση όζοντος είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτά που επεξεργάστηκαν με αέριο όζον.

Από το **Διάγραμμα 3.3.1** διαπιστώνεται ότι το δείγμα αναφοράς την 10^η ημέρα βρίσκεται πάνω από το όριο αποδοχής για την OMX (7 logcfu/g) και συνεπώς αυτό τα καθιστά ακατάλληλα προς κατανάλωση.

Συγκεκριμένα όσον αναφορά την OMX το δείγμα αναφοράς την 10^η ημέρα εμφανίζει πληθυσμούς ίσους με 7,71 log cfu/g. Επίσης παρατηρούμε ότι την 10^η ημέρα τα οξονισμένα δείγματα 2ppm, 5ppm και 10ppm εμφανίζουν μικρότερες τιμές πληθυσμού ίσους με 7,63 log

cfu/g, 6,45 log cfu/g και 5,94 log cfu/g αντίστοιχα. Το δείγμα που έχει οξονιστεί σε συγκέντρωση 10ppm βρίσκεται κάτω από το όριο αποδοχής την 12^η ημέρα (6,51 log cfu/g) σε αντίθεση με τα οξονισμένα δείγματα σε συγκεντρώσεις 2ppm και 5ppm που παρουσιάζουν πληθυσμούς μεγαλύτερους από 7 log cfu/g.

Μετά την 14^η ημέρα όλα τα δείγματα κρίνονται ακατάλληλα προς κατανάλωση. Με βάση την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ($p < 0,05$) υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε όλα τα δείγματα όσον αφορά τον χρόνο συντήρησης. Ομοίως και μεταξύ των δόσεων οξονισμού και μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα.

Οι Cantalejo et al. (2016) παρατήρησαν ότι υπήρξε μια ελαφρά μειούμενη τάση στις μεσοφιλικές μετρήσεις όταν αυξήθηκε ο χρόνος οξονισμού με τον συνδυασμό του οξονισμού σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και της τεχνικής λυοφιλοποίησης σε φιλέτα κοτόπουλου. Ο αριθμός των συνολικά αερόβιων μεσόφιλων βακτηρίων στις επεξεργασίες 60 και 120 λεπτών ήταν σημαντικά χαμηλότερο ($p < 0,05$) από ό, τι στα δείγματα κατεργάστηκε για 30 λεπτά. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεξεργασμένων δειγμάτων με 10 και 30 λεπτά.

Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν από τους Stivarius et al. (2002), οι οποίοι ανέφεραν ότι η εφαρμογή 1% οξονισμένου νερό σε 7,2 ° C για 15 λεπτά μείωσε όλους τους βακτηριακούς τύπους σε σχέση με εκείνα που υποβλήθηκαν σε αγωγή για 7 λεπτά. Στο τέλος της αποθήκευσης, οι μεσόφιλες μετρήσεις μειώθηκαν σημαντικά μέχρι τα 6,8 log cfu / g και 3,26 log cfu / g στα δείγματα που έχουν υποστεί επεξεργασία με όζον σε σχέση με τα δείγματα αναφοράς, δηλαδή το κατεψυγμένο κρέας κοτόπουλου και το αποξηραμένο με κατάψυξη κρέας κοτόπουλου, αντιστοίχως.

Οι Muhlisin et al. (2015) ανέφεραν μια μείωση περίπου 1,01 log cfu / g και 1,07 log cfu / g στον ολικό αριθμό αερόβιων και αναερόβιων βακτηρίων, για το στήθος κοτόπουλου που έχει υποστεί επεξεργασία με όζον σε σύγκριση με το μη επεξεργασμένα δείγματα. Παρόλα αυτά, οι αερόβιες μεσοφιλικές μετρήσεις μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος και τον χρόνο έκθεσης. Υψηλή συγκέντρωση όζοντος 0,6 ppm ή περισσότερο είχε σημαντική επίδραση στην αύξηση του βακτηριακού θανάτου. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεσοφιλικές μετρήσεις ήταν σημαντικά χαμηλότερες ($p < 0,05$) σχεδόν όλους τους μήνες (0, 2, 4 και 8) με τα δείγματα να υποβάλλονται σε επεξεργασία σε 0,6ppm και 0,72 ppm όζον για 30 λεπτά σε σύγκριση με δείγματα που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία σε 0,4 ppm για 30 λεπτά.

Ομοίως προκύπτουν τα αποτελέσματα της ανάπτυξης των βακτηρίων του γένους *Pseudomonas* sp. **(Διάγραμμα 3.3.2)**. Αναλυτικότερα, το δείγμα αναφοράς εμφανίζει πληθυσμό 7,42 log cfu/g την 10^η ημέρα αποθήκευσης. Αντίθετα στα οζονισμένα δείγματα 2ppm, 5ppm και 10ppm καταγράφονται πληθυσμοί 6,97 log cfu/g , 6,13 log cfu/g και 5,56 log cfu/g αντίστοιχα. Μετά την 14^η ημέρα τα οζονισμένα δείγματα 5ppm και 10ppm εμφανίζουν πληθυσμούς 7,59 και 6,81 log cfu/g αντίστοιχα. Με βάση την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ($p < 0,05$) υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε όλα τα δείγματα όσον αφορά τον χρόνο συντήρησης. Ομοίως και μεταξύ των δόσεων οζονισμού και μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 2ppm και μεταξύ των δειγμάτων που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 5ppm.

Σύμφωνα με τους Gertzou, et al (2017) οι ψευδομονάδες έφθασαν την τιμή 7 log cfu/g την ημέρα 10 (6,93 log cfu/g) για τα συσκευασμένα

δείγματα σε κενό, ενώ τα δείγματα κοτόπουλου που συσκευάστηκαν σε κενό και επεξεργάστηκαν με αέριο όζον 2, 5 και 10 mg / L δεν έφθασε ποτέ στην εν λόγω ανώτερη οριακή τιμή. Η συνδυασμένη χρήση συσκευασίας κενού και οζονισμού,, είχαν ως αποτέλεσμα τη διατήρηση πληθυσμών ψευδομονάδων κάτω από 7 log cfu/g έως τις 16 ημέρες αποθήκευσης ($p < 0,001$).

Οι Al-Haddad et al. (2005) εφάρμοσαν αέριο όζον συγκέντρωσης $> 2000 \text{ mg / L}$ για 30 λεπτά για να ελέγξει τους πληθυσμούς της *Salmonella infantis* και της *Pseudomonas aeruginosa* που εμβολιάστηκαν στο δέρμα κοτόπουλου (διατηρημένα με απλή ψύξη στήθη). Μια τέτοια υψηλή συγκέντρωση όζοντος είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού της σαλμονέλας κατά 97% και των ψευδομονάδων κατά 95%.

Η καταγραφή των αποτελεσμάτων των ζυμο-μυκητών (**Διάγραμμα 3.3.3**), έδειξε ότι ο ρυθμός ανάπτυξής τους είναι ελαφρώς πιο μικρός σε σχέση με την OMX και τις Ψευδομονάδες. Με βάση την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ($p < 0,05$) υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε όλα τα δείγματα όσον αφορά τον χρόνο συντήρησης. Ομοίως και μεταξύ των δόσεων οζονισμού και μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα control. Το δείγμα αναφοράς εμφανίζει πληθυσμό 6,47 log cfu/g την 10^η μέρα αποθήκευσης. Μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης στα δείγματα που έχουν οζονιστεί με συγκεντρώσεις 2ppm, 5ppm και 10ppm καταγράφονται ελαφρώς μικρότερες τιμές 6,35 log cfu/g, 5,16 log cfu/g και 4,50 log cfu/g αντίστοιχα. Την 14^η ημέρα τα δείγματα 5ppm και 10ppm εμφανίζουν πληθυσμούς 6,97 log cfu/g και 6,39 log cfu/g αντίστοιχα.

Όσο αναφορά τους ζυμομύκητες, οι Gertzou, et al (2017) παρατήρησαν ότι ο αρχικός τους πληθυσμός αυξήθηκε με το χρόνο αποθήκευσης ($p < 0,001$) σε δείγματα κοτόπουλου συσκευασμένα υπό κενό και επεξεργασμένα με όζον. Η συσκευασία υπό κενό σε συνδυασμό με οζονισμό στα 5 ή 10 mg / L, είχε ισχυρή επίδραση στον πληθυσμό των ζυμομυκητών, δεδομένου ότι ποτέ δεν έφτασαν τα 7 log cfu/g κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Πληροφορίες σχετικά με τις μεταβολές στον πληθυσμό των ζυμομυκητών στο κρέας πουλερικών, μετά την εφαρμογή διαφορετικής δόσης όζοντος είναι σπάνια. Τα διαθέσιμα δεδομένα περιλαμβάνουν σταφύλια, μηλίτη μήλου, ξηρά σύκα, φρούτα (Jaiswal, 2017), και μεταλλικό νερό (Watanabe et al., 2010).

Ομοίως από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ($p < 0,05$) των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, παρατηρούμε ότι υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε όλα τα δείγματα όσον αφορά τον χρόνο συντήρησης καθώς και μεταξύ των δόσεων οζονισμού και μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα control. Τα δείγματα **(Διάγραμμα 3.3.4)** παρουσιάζουν μικρότερες τιμές πληθυσμού σε σχέση με την ολική μεσόφιλη χλωρίδα και τις Ψευδομονάδες. Συγκεκριμένα το δείγμα αναφοράς εμφανίζει πληθυσμό 6,76 log cfu/g την 10^η ημέρα αποθήκευσης, ενώ στα οζονισμένα δείγματα 2ppm, 5ppm και 10ppm καταγράφονται μικρότερες τιμές πληθυσμού (6,16 log cfu/g, 5,48 log cfu/g, 4,92 log cfu/g αντίστοιχα). Τέλος τα δείγματα 5ppm και 10ppm εμφανίζουν τιμές πληθυσμού 6,72 log cfu/g και 6,34 log cfu/g αντίστοιχα.

Οι Gertzou, et al (2017) παρατήρησαν ότι τα βακτήρια γαλακτικού οξέος εμφάνισαν διακυμάνσεις στις μετρήσεις τους ανάλογα με το χρόνο αποθήκευσης. Έφθασαν τα 7 log cfu/g την ημέρα 12-14 για τα συσκευασμένα υπό κενό δείγματα και την ημέρα 14-16 για δείγματα κοτόπουλου που υποβλήθηκε σε επεξεργασία με 2 mg/L όζοντος. Η συνδυασμένη χρήση συσκευασίας κενού και οζονισμού σε 5 ή 10 mg/L κατέληξε σε μείωση των μετρήσεων των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια των 16 ημερών αποθήκευσης, καθώς οι πληθυσμοί τους δεν έφθασαν τα 7 log cfu/g.

Από το **Διάγραμμα 3.3.5** παρατηρούμε ότι τα εντεροβακτήρια παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα με τους πληθυσμούς των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος καθώς και με τον πληθυσμό των ζυμομυκητών. Συγκεκριμένα, το δείγμα αναφοράς εμφανίζει τιμές πληθυσμού 6,47 log cfu/g την 10^η ημέρα αποθήκευσης. Τα δείγματα 2ppm, 5ppm και 10ppm την 10^η ημέρα καταγράφουν πληθυσμούς 6,32 log cfu/g , 5,33 log cfu/g και 4,84 log cfu/g αντίστοιχα. Μετά την 14^η ημέρα τα δείγματα 5ppm και 10ppm εμφανίζουν τιμές πληθυσμού 6,31 log cfu/g και 5,99 log cfu/g αντίστοιχα. Τέλος με βάση την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ($p < 0,05$) υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε όλα τα δείγματα όσον αφορά τον χρόνο συντήρησης. Ομοίως και μεταξύ των δόσεων οζονισμού και μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα.

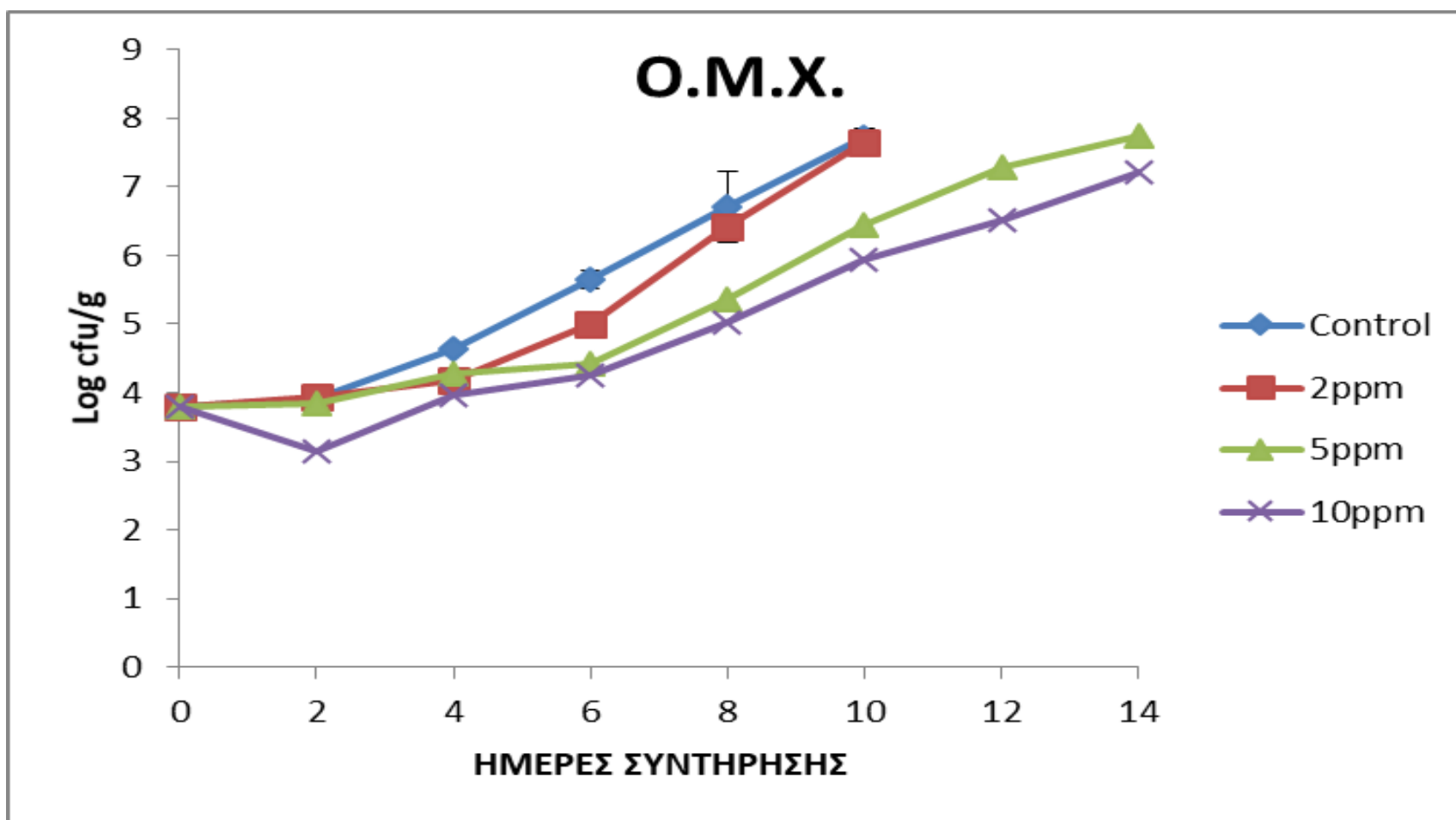
Σύμφωνα με τους Gertzou et al (2017) οι μετρήσεις των δειγμάτων αναφοράς ήταν περίπου 2.83 log cfu/g, ενδεικτικό του κρέατος κοτόπουλου καλής ποιότητας. Τα εντεροβακτηρίδια αυξήθηκαν ($p < 0,001$) με τον χρόνο αποθήκευσης σε όλες τις επεξεργασίες και έφτασε τα 7 log cfu/g για τις ημέρες 12-14 για τα συσκευασμένα υπό

κενό δείγματα, και για τις ημέρες 14-16 για τα συσκευασμένα υπό κενό δείγματα για συγκέντρωση όζοντος 2 mg / L όζοντος.

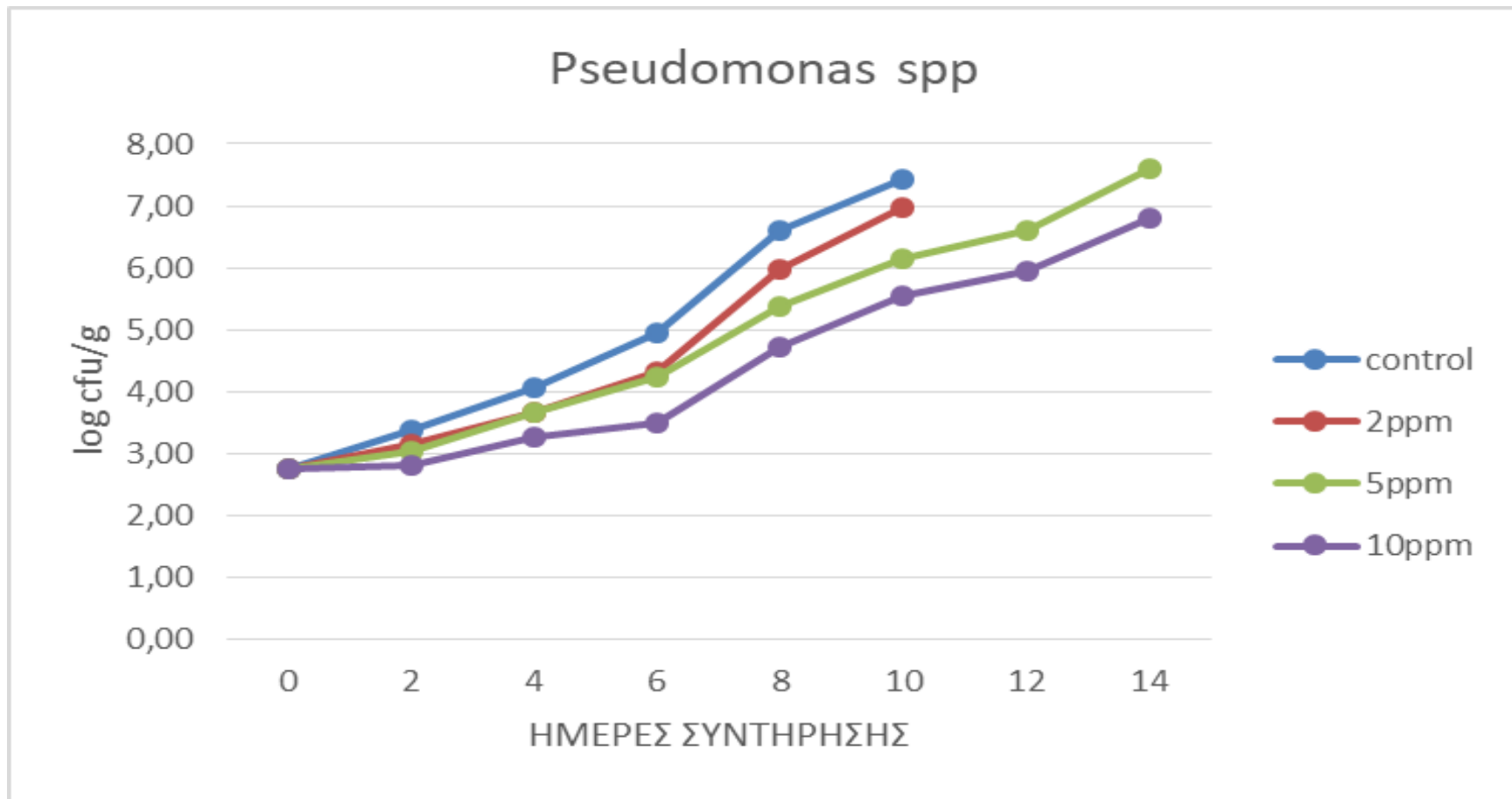
Τα εντεροβακτηρίδια δεν έφτασαν ποτέ 7 log cfu/g χρησιμοποιώντας τον συνδυασμό συσκευασίας κενού και δόση οζονισμού 5 και 10 mg / L για αποθήκευση έως 16 ημέρες.

Οι Nadide Tabakoglu et al. (2018) παρατήρησαν ότι οι μετρήσεις στα εντεροβακτήρια των δειγμάτων μουριάς επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από τη συγκέντρωση όζοντος στα 5.14 mg/ m³ καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Οι αριθμοί των εντεροβακτηριδίων των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν σε συγκέντρωση όζοντος στα 5.14 mg/m³ ήταν στατιστικά σημαντικά ($p < 0.05$) χαμηλότερα από εκείνα που αποθηκεύτηκαν σε συγκέντρωση όζοντος στα 0.64 mg/m³ και στον αέρα του περιβάλλοντος σε κάθε ημέρα δειγματοληψίας.

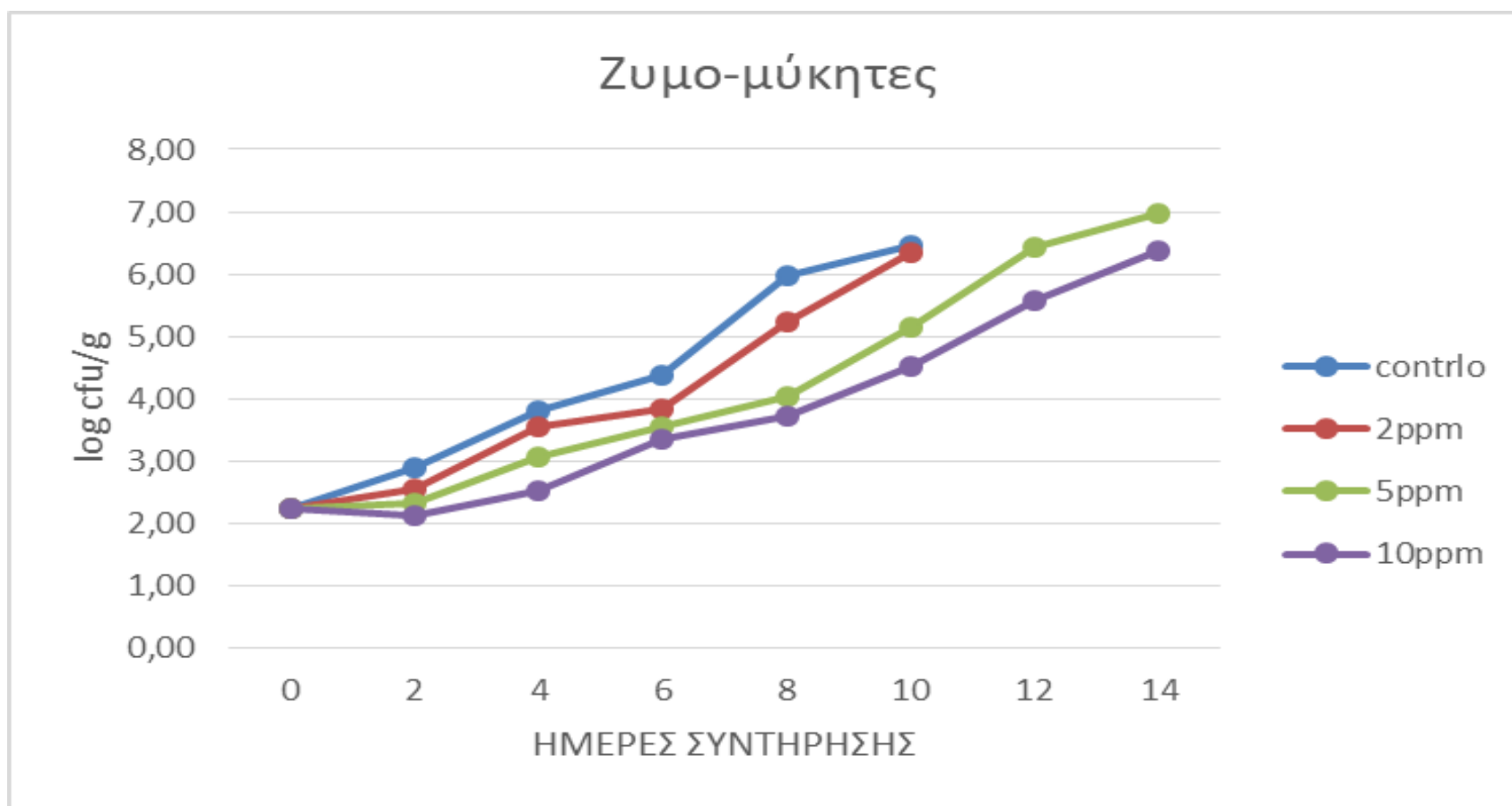
Οι Trindade et al. (2012), σύγκριναν τα διαλύματα όζοντος και χλωρίου ως απολυμαντικά για το κοτόπουλο σε σφαγεία. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, γενικά, το όζον ήταν εξίσου αποτελεσματικό με το χλώριο στην απολύμανση των σφαγίων κοτόπουλου και μπορεί να αποτελέσει πιθανό υποκατάστατο του χλωρίου (δηλ. αναστολή ή χαμηλή καταμέτρηση εντεροβακτηριδίων μεταξύ άλλων μικροοργανισμών).



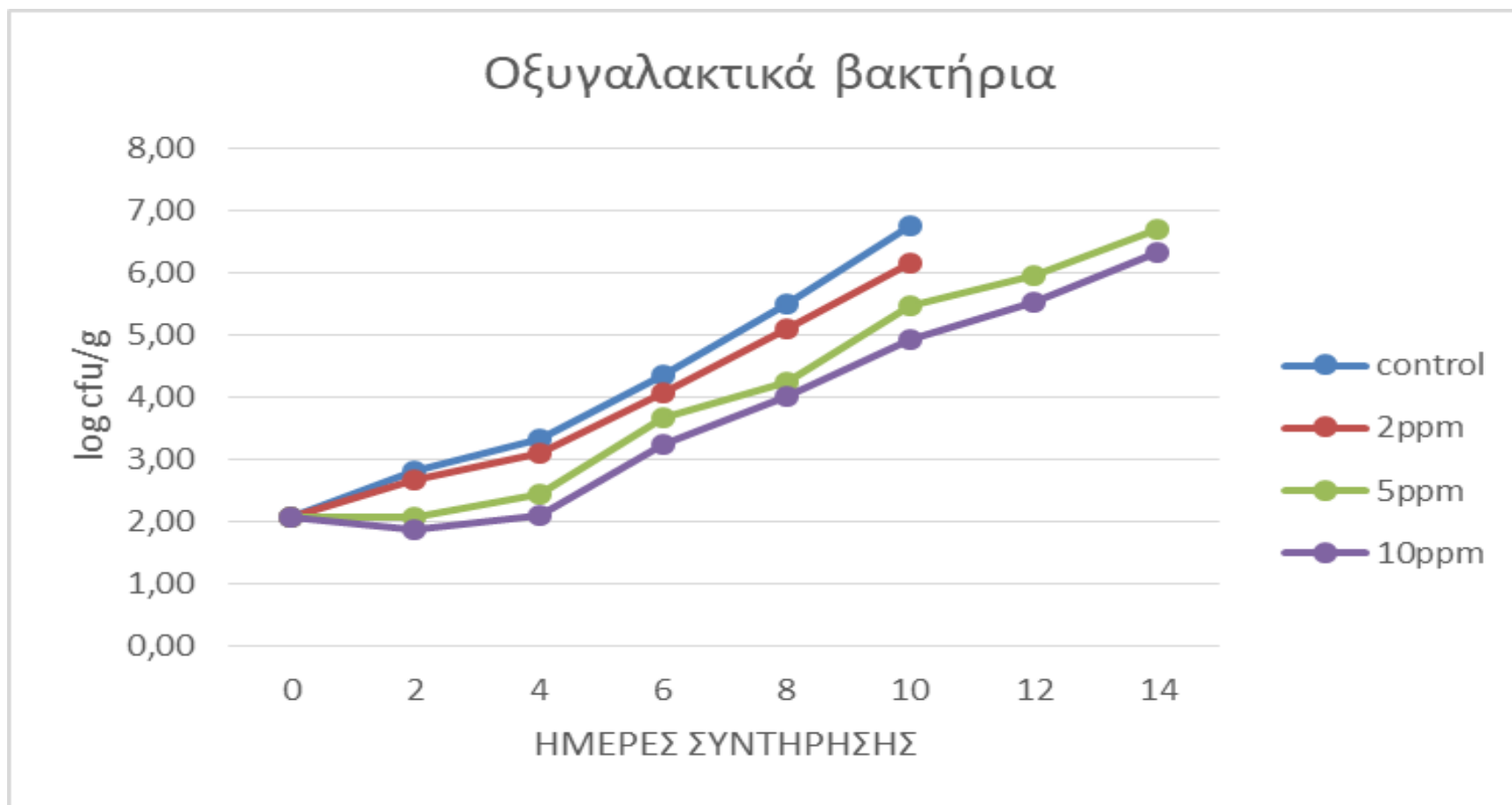
Διάγραμμα 3.3.1. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην ανάπτυξη της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού φιλέτου κοτόπουλου



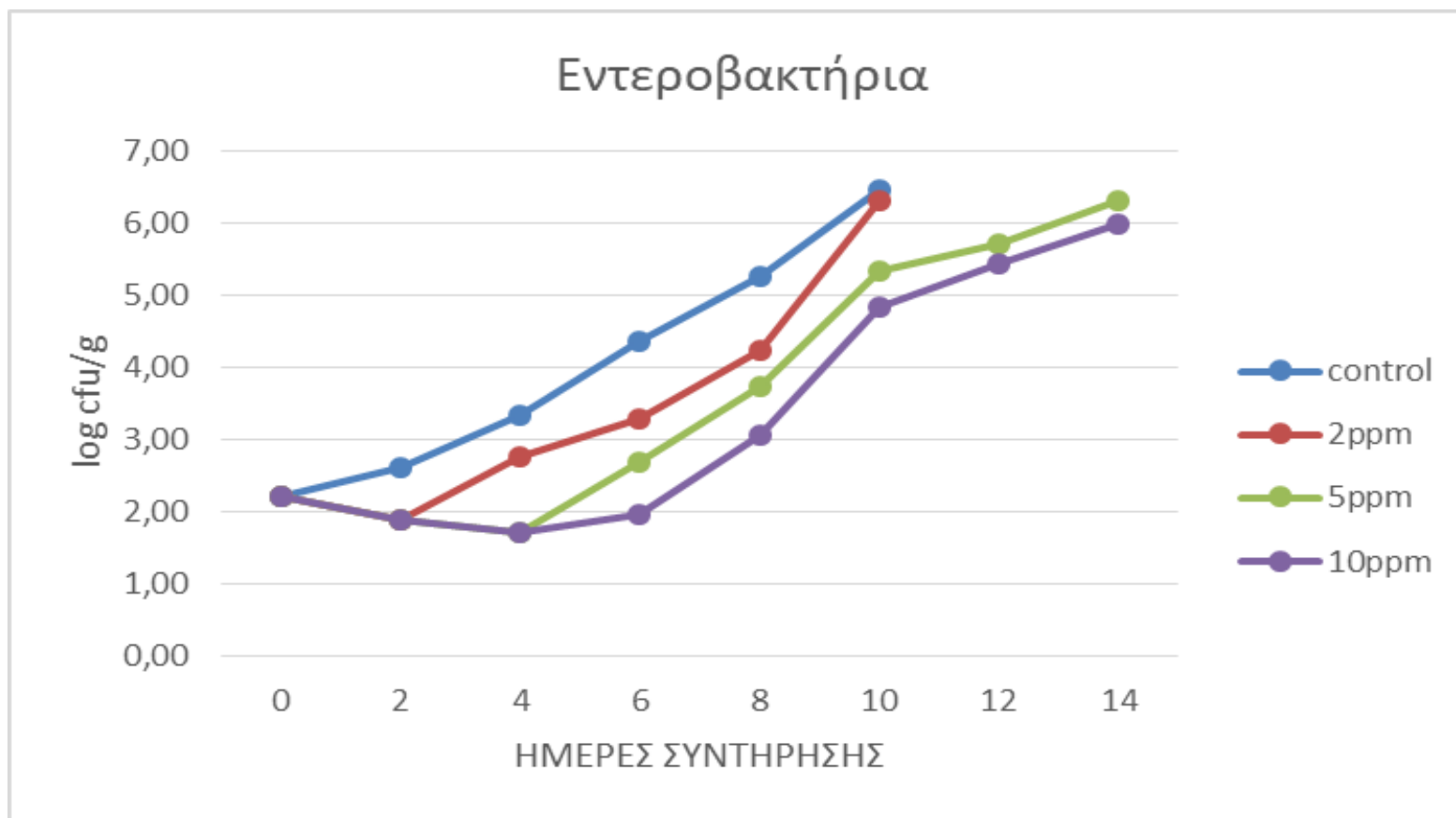
Διάγραμμα 3.3.2. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην ανάπτυξη των βακτηρίων *Pseudomonas sp* κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού φιλέτου κοτόπουλου



Διάγραμμα 3.3.3. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην ανάπτυξη των ζυμομυκητών κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού φιλέτου κοτόπουλου.



Διάγραμμα 3.3.4. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όξοντος στην ανάπτυξη των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού φιλέτου κοτόπουλου.



Διάγραμμα 3.3.5. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όξοντος στην ανάπτυξη των εντεροβακτηρίων κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού φιλέτου κοτόπουλου.

3.4 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Στην οργανοληπτική εξέταση εξετάστηκαν το νωπό κοτόπουλο, ως προς την οσμή, την υφή και την εμφάνιση (οπτικά χαρακτηριστικά). Η δειγματοληψία γινόταν κάθε 2 ημέρες.

Στα **Διαγράμματα 3.4.1, 3.4.2 και 3.4.3** φαίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου για την οσμή, την υφή και την εμφάνιση αντίστοιχα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το όριο αποδοχής είναι το 3.

Σύμφωνα με το **Διάγραμμα 3.4.1**, όσον αφορά την οσμή, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) σε όλα τα δείγματα όσο αφορά τον χρόνο αποθήκευσης. Ως προς τη δόση οζονισμού μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα, τα δείγματα ομοίως παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί με συγκεντρώσεις 2ppm, καθώς επίσης και μεταξύ των δειγμάτων που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 2ppm και 5ppm. Όλα τα δείγματα παρέμειναν κάτω από το όριο αποδοχής μετά το πέρας των 12 ημερών. Τα δείγματα που παρέμειναν στο όριο αποδοχής μέχρι την 12^η ημέρα αποθήκευσης ήταν τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 10ppm.

Οι Manousaridis et al. (2005) ανέφεραν καλύτερα αποτελέσματα για τις ιδιότητες οσμής σε επεξεργασμένα με όζον μύδια (1mg/l) σε σύγκριση με τα δείγματα αναφοράς. Ομοίως, οι Stivarius et al. (2002) διαπίστωσε ότι η χρήση του όζοντος στη διαδικασία παραγωγής βοείου κρέατος μπορεί να είναι αποτελεσματική για τη μείωση των μικροβιακών παθογόνων μικροοργανισμών με ελάχιστες επιπτώσεις στην οσμή.

Η υφή (**Διάγραμμα 3.4.2**) επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά ($p<0,05$) συναρτήσει του χρόνου συντήρησης για όλα τα δείγματα. . Ως προς τη δόση οζονισμού μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα, τα δείγματα ομοίως παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<0,05$) με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί με συγκεντρώσεις 2ppm, καθώς επίσης και μεταξύ των δειγμάτων που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 2ppm και 5ppm. Το δείγμα αναφοράς καθώς και το δείγμα που έχει οζονιστεί με συγκέντρωση 2ppm παρέμειναν στο όριο αποδοχής μέχρι την 8^η μέρα αποθήκευσης. Το δείγμα που έχει οζονιστεί σε συγκέντρωση 5ppm παρέμειναν στο όριο αποδοχής μέχρι και την 10^η ημέρα αποθήκευσης. Αντίθετα το δείγμα που οζονίστηκε σε συγκέντρωση 10ppm παρέμεινε στο όριο αποδοχής μέχρι και την 12^η μέρα.

Τέλος η εμφάνιση (**Διάγραμμα 3.4.3**), ακολούθησε το ίδιο στατιστικό πρότυπο με τα προαναφερθέντα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (οσμή και υφή), όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης καθώς και τη δόση οζονισμού για όλα τα δείγματα. Η εμφάνιση ακολούθησε παρόμοια συμπεριφορά με την υφή όσον αφορά το όριο αποδοχής των δειγμάτων. Τα δείγμα αναφοράς παρέμεινε στο όριο αποδοχής μέχρι την 8^η ημέρα αποθήκευσης, τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 2ppm και 5ppm παρέμειναν στο όριο αποδοχής μέχρι την 10^η ημέρα ενώ το δείγμα που έχει οζονιστεί σε συγκέντρωση 10ppm παρέμεινε στο όριο αποδοχής μέχρι και την 12^η ημέρα.

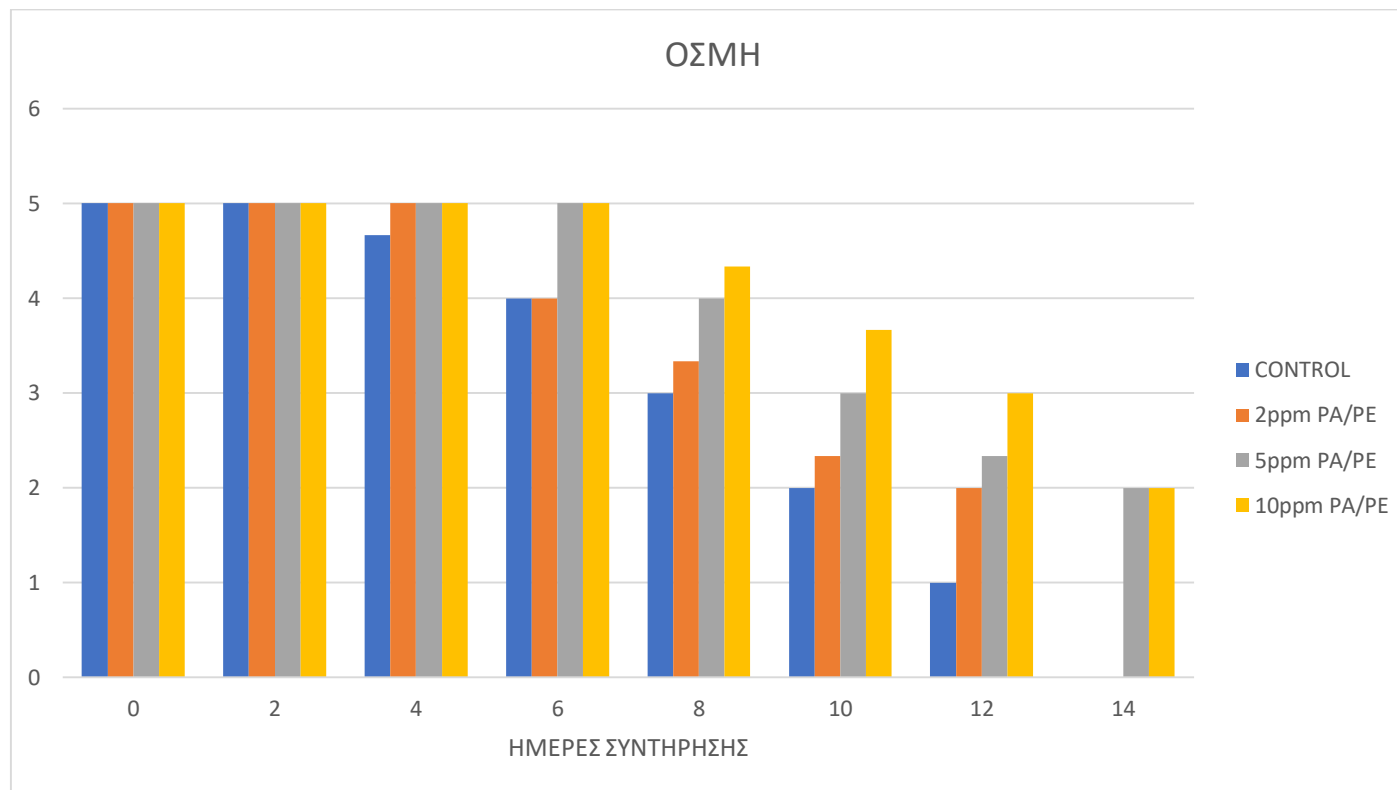
Συνοψίζοντας, από τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης, συμπεραίνεται ότι η προσθήκη αέριου όζοντος συγκέντρωσης 10ppm διατήρησε την ποιότητα του νωπού κοτόπουλο.

Οι Dondo et al. (1992) αναφέρουν ότι η επεξεργασία με όζον βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε μοσχάρι. Η χρήση του

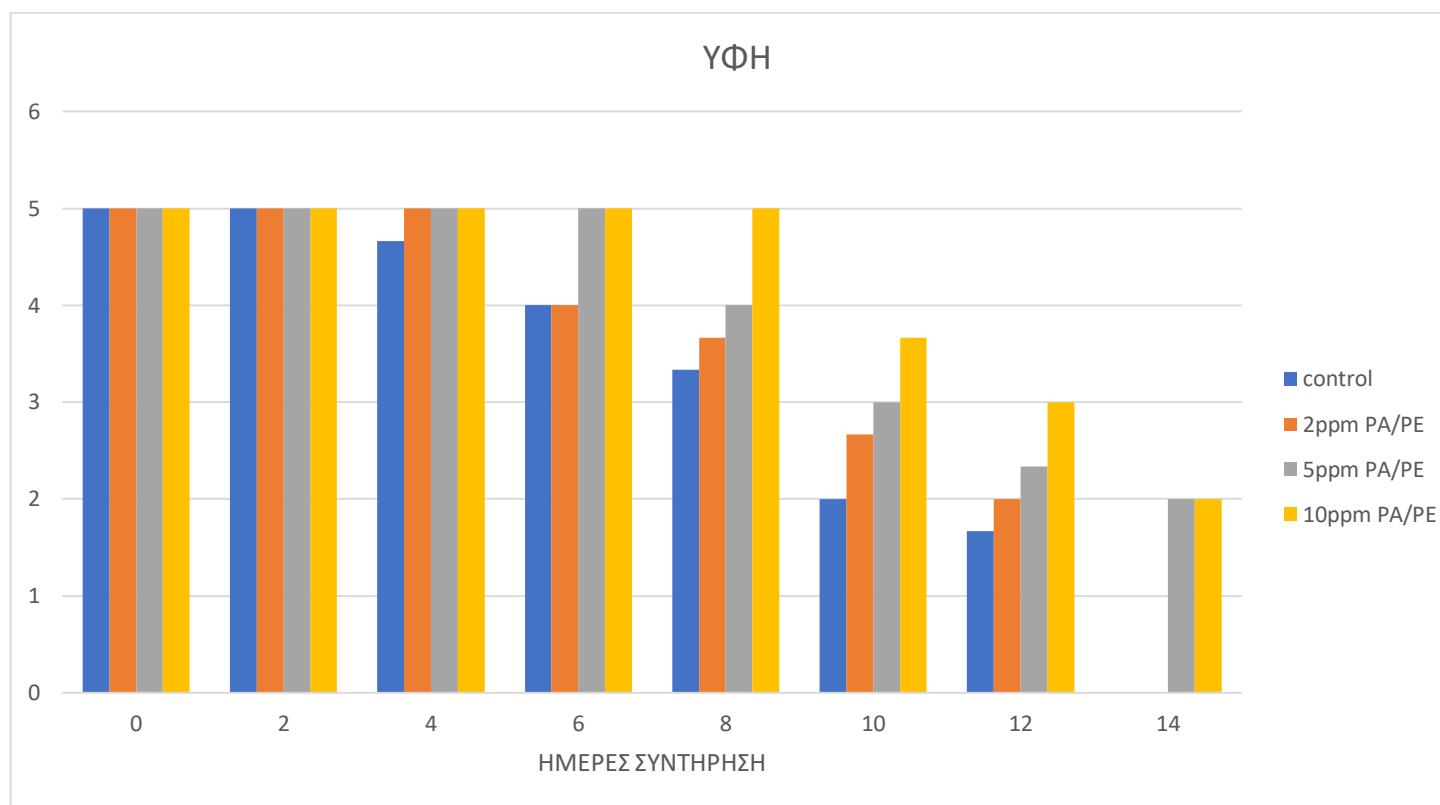
όζοντος είναι δυνατόν να υποβαθμίσει οργανοληπτικά την ποιότητα των τροφίμων (Rice et al., 1982). Οι Fournaud και Luret (1972) παρατήρησαν αποχρωματισμό και ανάπτυξη ανεπιθύμητης οσμής σε επεξεργασμένο με όζον κρέας. Επομένως, η μεταβολή στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά εξαρτάται από την χημική σύσταση του τροφίμου, την χρησιμοποιούμενη δόση όζοντος και τις συνθήκες επεξεργασίας (Kim et al., 1999).

Σύμφωνα με τους Geltzou et al (2017) με την αύξηση της δόσης του όζοντος στα 5 mg / L, για νωπό κοτόπουλο σε περιέκτες PA/PE υπό κενό τα αποτελέσματα επηρεάστηκαν θετικά, καθώς η οσμή, η υφή και η γεύση διατηρούσαν αποδεκτή βαθμολογία για 14 ημέρες, ενώ η εμφάνιση για 16 ημέρες. Με την περαιτέρω αύξηση της δόσης του όζοντος στα 10 mg / L, τα καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν αφού όλες οι αισθητικές ιδιότητες που διερευνήθηκαν, διατήρησαν μια αποδεκτή βαθμολογία για 16 ημέρες.

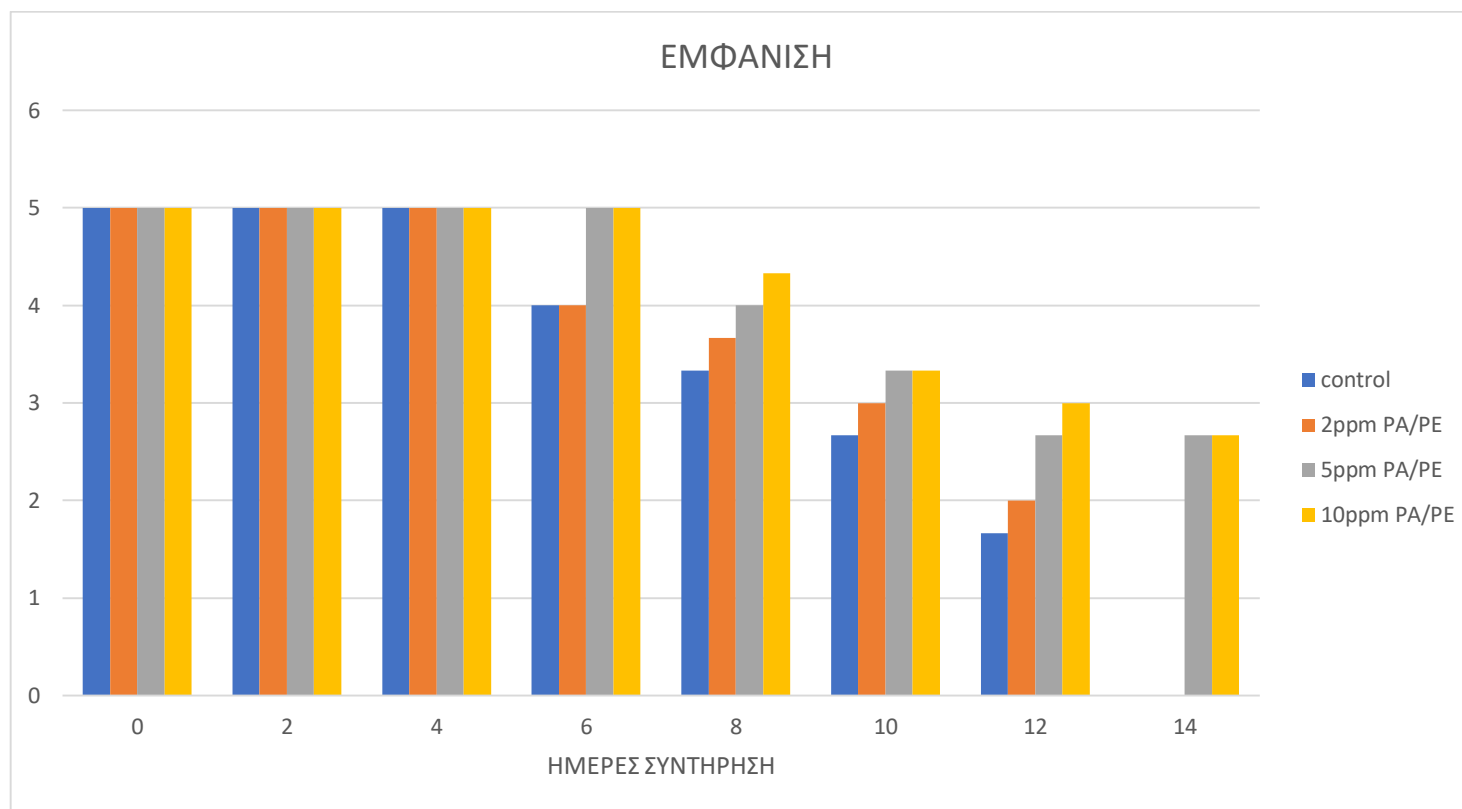
Οι Nieto et al. (1984) ανέφεραν ότι η θεραπεία με όζον (40mg/h) δεν προκάλεσε καμία δυσμενή επίδραση στην αισθητική ποιότητα του κοτόπουλου (*Gallus gallus*) για 10 ημέρες αποθήκευσης.



Διάγραμμα 3.4.1. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην οσμή κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού κοτόπουλου



Διάγραμμα 3.4.2. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην υφή κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού κοτόπουλου



Διάγραμμα 3.4.3. Επίδραση της έκθεσης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος στην εμφάνιση κατά την διάρκεια χρόνου συντήρησης νωπού κοτόπουλου

3.5 ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ

Στον **Πίνακα 3.5.1** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του προσδιορισμού του χρόνου ζωής του νωπού κοτόπουλου υπό τις διαφορετικές συγκέντρωσης του όζοντος που εξετάστηκαν.

Πίνακας 3.5.1. Συγκριτική αποτίμηση του μικροβιολογικού και οργανοληπτικού ελέγχου συναρτήσει του χρόνου ζωής του νωπού κοτόπουλου.

<u>Επεμβάσεις</u>	<u>Χρόνος Ζώης (Ημέρες)</u>	
	<u>Μικροβιολογικός έλεγχος*</u>	<u>Οργανοληπτικός έλεγχος**</u>
Control	8	8
2ppm	8	10
5ppm	10	10
10ppm	12	12

* Με βάση την Ο.Μ.Χ. ($=7 \log \text{cfu/g}$).

**Με βάση το κριτήριο της εμφάνισης (βαθμολογία <3).

Βάσει των μικροβιολογικών αποτελεσμάτων (Ο.Μ.Χ. = $7 \log \text{cfu/g}$), προκύπτει ότι ο μικροβιολογικός χρόνος ζωής για μη το επεξεργασμένο δείγμα (control), ήταν 8 ημέρες, ενώ για τα επεξεργασμένα δείγματα 2ppm, 5ppm και 10ppm ελήφθη χρόνος ζωής 8, 10, 10 και 12 ημέρες, αντίστοιχα.

Επίσης με βάση το κριτήριο της εμφάνισης, ελήφθη χρόνος ζωής για τα επεξεργασμένα δείγματα (2ppm, 5ppm και 10ppm) 10,10 και 12 ημέρες, ενώ για το δείγμα αναφοράς 8 ημέρες.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω προκύπτει, ότι ο χρόνος ζωής (μικροβιολογικού και οργανοληπτικού) του νωπού κοτόπουλου αυξάνεται σε συγκεντρώσεις όζοντος 10ppm κατά 4 ημέρες σε σύγκριση με το δείγμα αναφοράς.

Η συνδυασμένη επίδραση του όζοντος και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας σύμφωνα με τους Gonçalves et al,(2019) αύξησε την διάρκεια ζωής της λευκής γαρίδας (*L. vannamei*) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης εν ψυχρώ (4 ° C) από 11 έως 24 ημέρες, σε σύγκριση με την παραδοσιακή επεξεργασία (χλώριο).

Οι Souza et al. (2018) παρατήρησαν ότι η επεξεργασία των καρότων τόσο με αέριο όζον όσο και με όζον διαλυμένο σε νερό αύξησε τη διάρκεια αποθήκευσης των καρότων χωρίς να βλάψει την ποιότητα τους.

Σύμφωνα με τους Gertzou, et al (2017) η διάρκεια ζωής του φρέσκου κοτόπουλου με προσθήκη όζοντος αερίου 10 mg / L για 1 ώρα, και συσκευασία υπό κενό σε πλαστικούς περιέκτες PA / PE υπό ψύξη, αποδείχθηκε ότι είναι η κατάλληλη μέθοδος διατήρησης της φρεσκάδας και της ποιότητας του κρέατος κοτόπουλου, δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής του παρατείνεται κατά 6 ημέρες, σε σύγκριση με τα δείγματα αναφοράς.

Σύμφωνα με τους Nieto et al. (1984) η θεραπεία με όζον είναι μια χρήσιμη διαδικασία για τη παράταση της διάρκειας αποθήκευσης των πουλερικών με ψύξη, καθόσον καταστρέφει τους υπεύθυνους

παθογόνους οργανισμούς για τοξικές λοιμώξεις και για την δηλητηρίαση τροφίμων χωρίς να επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος.

Πίνακας 3.5.2 Συγκριτική αποτίμηση του χρόνου ζωής παλαιότερων μελετών σε σχέση με την παρούσα μελέτη

Προϊόν	Χρόνος ζωής	Reference
Κοτόπουλο	αύξηση του χρόνου ζωής κατά 6 ημέρες	Gertzou et al (2017)
Κοτόπουλο	έως και 8 μήνες (με χρήση όζοντος και της τεχνικής της λυοφιλοποίηση)	Cantalejo (2016)
Γαρίδα	έως 24 ημέρες	Gonçalves et al(2019)
Βόειο κρέας	έως 15 ημέρες	Botta et al. (2018)
Καρότα	αύξηση του χρόνου ζωής κατά 5 ημέρες	Souza et al. (2018)
Σταφύλια	45 ημέρες (cold storage in shipping conditions) 7 ημέρες (commercial shelf-life)	Admane et al. (2018)
Μύδια	έως 12 ημέρες	Manousaridis (2005)

3.6 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΗΣ **ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΙΔΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΙΣΜΟΥ**

Η επιφάνεια του βακτηριακού κυττάρου έχει προταθεί ως ο πρωταρχικός στόχος του οζονισμού. Έχουν εντοπιστεί δύο σημαντικοί μηχανισμοί στην καταστροφή όζοντος των μικροοργανισμών (Victorin, 1992). Ο πρώτος μηχανισμός είναι ότι το όζον οξειδώνει τις σουλφυδρυλικές ομάδες και τα αμινοξέα των ενζύμων, των πεπτιδίων και τις πρωτεΐνες σε μικρότερα πεπτίδια.

Ο δεύτερος μηχανισμός είναι ότι το όζον οξειδώνει τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε υπεροξειδία (Victorin, 1992). Η αποικοδόμηση των ακόρεστων λιπιδίων από το όζον οδηγεί σε διάσπαση των κυττάρων και επακολουθεί η διαρροή του κυτταρικού περιεχομένου. Οι διπλοί δεσμοί των ακόρεστων λιπιδίων είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στην επίθεση του όζοντος. Στα αρνητικά κατά Gram βακτηρίδια, η λιποπρωτεΐνη και τα στρώματα λιποπολυσακχαριτών είναι οι πρώτες θέσεις καταστροφής με αποτέλεσμα την αύξηση της διαπερατότητας των κυττάρων που οδηγεί στην κυτταρική λύση (Kim et al, 1999).

Οι Khadre και Yousef (2001) εξέτασαν τα σπόρια του *B. subtilis* με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μετά την επεξεργασία αυτών των σπόρων με όζον. Οι συγγραφείς παρατήρησαν βλάβη στα εξωτερικά στρώματα των σπορίων.

Η ηλεκτρονική μικροσκοπική ανάλυση αποκάλυψε επίσης βλάβη στις κυτταρικές δομές μετά από την θεραπεία με όζον (Kim, 1998, Dave, 1999, Khadre and Yousef, 2001). Η βλάβη ήταν πιο έντονη σε αρνητικά κατά Gram βακτήρια από ό,τι στα Gram-θετικά, (Kim, 1998).

Όταν υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με όζον υπό παρόμοιες συνθήκες, τα θετικά κατά Gram βακτήρια φάνηκαν να χάνουν μόνο κάποιο βλεννοειδές υλικό έξω από το κυτταρικό τοίχωμα, ενώ τα αρνητικά κατά Gram κύτταρα τείνουν να καταρρέουν και να χάνουν κυτταρικά συστατικά.

Ως εκ τούτου, το όζον σε χαμηλές συγκεντρώσεις βλάπτει την εξωτερική μεμβράνη των Gram-αρνητικών βακτηριδίων και έτσι προκαλεί δραματικές αλλαγές στη δομή των κυττάρων.

Παρόμοιες συγκεντρώσεις όζοντος προκαλούν λιγότερο ορατή βλάβη στο κυτταρικό τοίχωμα των θετικών κατά Gram βακτηριδίων, αλλά προκαλεί ενδοκυτταρική βλάβη με αποτέλεσμα να αδρανοποιεί αυτά τα κύτταρα (Kim, 1998).

Ο Kim (1998) εξέτασε επίσης τον τραυματισμό των μικροοργανισμών από το όζον. Ο βαθμός της βλάβης ποικίλλει ανάλογα με τον μικροοργανισμό, τη συγκέντρωση του όζοντος και τον χρόνο έκθεσης. Η μέγιστη ζημία συνέβη στις συγκεντρώσεις όζοντος που προκάλεσε ήπια θνησιμότητα.

Το χλώριο καταστρέφει επιλεκτικά ορισμένα ενδοκυτταρικά ένζυμα συστήματα, ενώ το όζον προκαλεί εκτεταμένη οξείδωση στις εσωτερικές κυτταρικές πρωτεΐνες που προκαλούν γρήγορο κυτταρικό θάνατο (Mudd, Leavitt et al, 1969, Hinze, et al, 1987, Maeba et al, 1992, Kim et al, 1999). Ο κυτταρικός θάνατος μπορεί επίσης να συμβεί με ισχυρή καταστροφή και βλάβη των νουκλεϊκών οξέων. Η θυμίνη είναι πιο ευαίσθητη στο όζον από την κυτοσίνη ή την ουρακίλη. Το όζον καταστρέφει επίσης το RNA και μεταβάλλει πολυπεπτιδικές αλυσίδες των πρωτεϊνών των ιών (Kim et al, 1999).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι τιμές του L^* δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p>0,05$) από τη δόση του αερίου όζοντος αλλά από το χρόνο αποθήκευσης σε όλα τα δείγματα από την 0^η ημέρα ($p<0,05$).
- Οι τιμές του a^* δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p>0,05$) μεταξύ των δόσεων οζονισμού και μεταξύ του μάρτυρα με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις όζοντος 10ppm και του μάρτυρα.
- Οι τιμές a^* επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p<0,05$) από το χρόνο αποθήκευσης σε όλα τα δείγματα.
- Οι τιμές του b^* δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p>0,05$) από τη δόση οζονισμού και μεταξύ του μάρτυρα με εξαίρεση τα δείγματα που έχουν οζονιστεί σε συγκεντρώσεις 2ppm και 5 ppm και του μάρτυρα control.
- Οι τιμές b^* επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p<0,05$) από το χρόνο αποθήκευσης σε όλα τα δείγματα.
- Ο προσδιορισμός του pH έδειξε ότι όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του όζοντος η τιμή του pH ελαττώνεται με την χαμηλότερη τιμή να εμφανίζει το δείγμα που έχει οζονιστεί με συγκέντρωση όζοντος 10ppm.
- Η ανάπτυξη μικροβιακής χλωρίδας στο δείγμα το οποίο δεν είχε εκτεθεί σε κάποια συγκέντρωση όζοντος είναι μεγαλύτερη από αυτά που επεξεργάστηκαν με αέριο όζον. Μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των εντεροβακτηρίων, των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, των ζυμο-μυκήτων καθώς και των μικροοργανισμών του γένους *Pseudomonas* sp.

παρουσιάστηκε στα δείγματα που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση όζοντος 10ppm αντίθετα μεγαλύτερος ρυθμός ανάπτυξης παρουσιάστηκε στο δείγμα αναφοράς. Επομένως προκύπτει το συμπέρασμα ότι, το όζον δρα ως αντιμικροβιακός παράγοντας και αυξανόμενης της συγκέντρωσής του μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης όλων των παραπάνω.

- Από την οργανοληπτική εξέταση παρατηρείται ότι τα δείγματα που επεξεργάστηκαν με αέριο όζον συγκέντρωσης 10ppm, διατηρούν στην πλειοψηφία τους καλύτερα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με το δείγμα αναφοράς (control). Αξιοσημείωτο είναι ότι τα δείγματα που είχαν επεξεργαστεί με αέριο όζον σε συγκέντρωση 10ppm ήταν τα περισσότερο αποδεκτά δείγματα στην οσμή, την υφή και την εμφάνιση έως και τη 12^η ημέρα.
- Ο χρόνος ζωής του νωπού κοτόπουλου, όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ήταν μικρότερος κατά 4 ημέρες στο δείγμα αναφοράς (control) σε σχέση με τα δείγματα που οζονίστηκαν σε συγκέντρωση 10ppm. Όσων αφορά τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά συναρτήσει του χρόνου ζωής του νωπού κοτόπουλου, τα δείγματα που επεξεργάστηκαν με αέριο όζον συγκέντρωσης 10 ppm έδειξαν καλύτερα αποτελέσματα καθώς ο λογάριθμος μονάδας σχηματισμού αποικιών ανά γραμμάριο δείγματος ($\log \text{ cfu/g}$), που αποτελεί δείκτη για την καταλληλότητα του προϊόντος ($\log \text{ cfu/g}=7$), ήταν μικρότερος του 7 ($\log \text{ cfu/g}<7$), μέχρι και την 12^η ημέρα. Σε αντίθεση το δείγμα αναφοράς καθώς και τα δείγματα που επεξεργάστηκαν με αέριο όζον 2ppm και 5 ppm είχαν λογάριθμο μονάδας σχηματισμού

αποικιών ανά γραμμάριο δείγματος (log cfu/g), μεγαλύτερο του 7 την 12^η ημέρα (log cfu/g >7).

- Το αέριο όζον συνέβαλε στην καλύτερη διατήρηση του νωπού κοτόπουλου σε σχέση με το δείγμα αναφοράς (control) κατά τη διάρκεια συντήρησής τους για 14 ημέρες ως προς τα φυσικοχημικά, μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Καλύτερα αποτελέσματα συνολικά παρουσίασαν τα δείγματα με δόση οζονισμού 10ppm. Βάσει των ανωτέρω προτείνονται για την συσκευασία του νωπού κοτόπουλο, αερόβια συσκευασία PA/PE με συγκέντρωση όζοντος 10ppm ώστε να αυξηθεί ο χρόνος ζωής τους σε 12 ημέρες.

5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τεμάχια νωπού φιλέτου στήθος κοτόπουλου βάρους το καθένα 300 $\pm$ 20 gr παραλήφθηκαν από την εταιρία ΠΙΝΔΟΣ. Πραγματοποιήθηκε επεξεργασία σε τρεις συγκεντρώσεις όζοντος (2, 5 και 10 ppm) για μια ώρα και στην συνέχεια έγινε αερόβια συσκευασία σε περιέκτες πολυαμιδίου και πολυαιθυλενίου PA/PE. Το ίδιο πείραμα έλαβε χώρα και σε δείγματα αναφοράς, δηλαδή νωπά φιλέτα μπούτι κοτόπουλου χωρίς επεξεργασία με όζον (control) αλλά συσκευασμένα στον παραπάνω περιέκτη. Όλα τα παραπάνω δείγματα συντηρήθηκαν υπό ψύξη στους $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ (14 ημέρες). Όλες οι δειγματοληψίες γίνονταν ανά 2 ημέρες.

Προσδιορίστηκαν το χρώμα (L^* , a^* και b^*), το pH, η μεσόφιλη χλωρίδα, οι *Pseudomonas spp.*, οι ζύμες-μύκητες, τα εντεροβακτήρια και τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος. Επίσης διεξήχθη οργανοληπτικός έλεγχος. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η φωτεινότητα (L^*), η ερυθρότητα (a^*) και η κιτρινότητα b^* δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά ($p>0,05$) από τη δόση του αέριου όζοντος αλλά από το χρόνο αποθήκευσης ($p<0,05$). Όσον αφορά τη τιμή του pH φαίνεται να ελαττώνεται όσο αυξάνεται η δόση του όζοντος με την χαμηλότερη τιμή να εμφανίζει το δείγμα που έχει οξονιστεί με συγκέντρωση όζοντος 10ppm. Οι πληθυσμοί της μεσόφιλης χλωρίδας, των *Pseudomonas spp.*, των ζύμες-μύκητων, των εντεροβακτηρίων και των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος αυξηθήκαν με τον χρόνο αποθήκευσης. Οι μικρότεροι πληθυσμοί ελήφθησαν για τα δείγματα νωπού κοτόπουλου, που είχαν εκτεθεί σε αέριο όζον συγκέντρωσης 10 ppm. Από την οργανοληπτική εξέταση παρατηρείται ότι τα δείγματα που επεξεργάστηκαν με αέριο όζον συγκέντρωσης, διατηρούν στην πλειοψηφία τους καλύτερα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με το δείγμα αναφοράς (control). Συμπερασματικά ενδείκνυται για την συντήρηση υπό ψύξη του

νωπού κοτόπουλου η συσκευασία PA/PE με συγκέντρωση όζοντος 10ppm ώστε να αυξηθεί ο χρόνος ζωής τους κατά 4 ημέρες σε σχέση με το δείγμα αναφοράς.

6. ABSTRACT

Pieces of fresh chicken breast weighing 300 ± 20 gr each were received by PINDOS. Exposure to three concentrations of ozone (2, 5 and 10 ppm) was performed for one hour and then packaged aerobic in polyamide and polyethylene PA / PE bags. The same experiment also took place in reference samples, i.e. fresh chicken fillets without ozone treatment (control) but packed in the above in polyamide and polyethylene PA / PE bags. All of the above samples were maintained refrigerated at $4 \pm 10^{\circ} \text{C}$ throughout the experiment period (14 days). All sampling was done every 2 days. The experiment lasted 14 days. The color (L^* , a^* and b^*), pH, total viable counts, *pseudomonas spp.*, yeasts and moulds, enterobacteria and lactic acid bacteria were determined. Organoleptic control was also carried out. The analysis of the results showed that the brightness (L^*), the redness (a^*) and the yellowness b^* are not significantly affected ($p > 0.05$) by the ozone gas dose but by the storage time ($p < 0.05$). The reference to the pH value appears to decrease as the ozone dose increases with the lowest value presenting the ozone sample with 10 ppm ozone. Populations of total viable counts, *pseudomonas spp.*, yeasts and moulds, enterobacteria and lactic acid bacteria increased during storage. Smaller populations were obtained for samples of fresh chicken exposed to 10 ppm ozone gas. Organoleptic profile reveals that samples treated with ozone gas have the majority of organoleptic characteristics better than the control. In conclusion, for PA / PE packing with an ozone concentration of 10 ppm is advisable to chilled fresh chicken preservation in order to increase the 4-day self-life compared with control.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγλική Βιβλιογραφία

1. Alex Augusto Gonçalves, Tanyla Cybelly Lira Santos, (2019). Improving quality and shelf-life of whole chilled Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by ozone technology combined with modified atmosphere packaging, *Food Science and Technology* 99, 568–575
2. Al-Haddad, K.S.H., Al-Qassemi, R.A.S., & Robinson, P.K. (2005). The use of gaseous ozone and gas packaging to control populations of *Salmonella infantis* and *Pseudomonas aeruginosa* on the skin of chicken portions. *Food Control*, 16, 405-410
3. Alonso-Calleja, C., Martínez-Fernandez, B., Prieto, M., & Capita, R. (2004). Microbiological quality of vacuum-packed retail ostrich meat in Spain. *Food Microbiology*, 21(B), 241-246
4. Aral Y., Aydin E., Demir P., Akin A.C., Cevger Y., Kuyululu H.Y.K., Arikan M. S., (2013). Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara Province, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* ,37 ,582 – 587.
5. Artés, F., Gómez, P., Aguayo, E., Escalona, V., Artés-Hernández, F. (2009) Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of freshcut plant commodities. *Postharvest Biol. Technol.*, 51, 287–296
6. Bader, H. & Hoine, J., (1982). Determination of ozone in water by the Indigo method. A submitted standard method. *Ozone Science and Engineering*, 4, 169-172
7. Baranovskaya, V.A., Zapolskii, O.B., Ovrutskaya, I.Y., Obodovskaya, N.N., Pschenichnaya, E.E. & Yushkevich, O.I., (1979). Use of ozone gas sterilization during storage of potatoes and vegetables. *Konservn. Ovoshchesus Promst*, 4, 10-12.
8. Barnes, E. M., and Impey, C. (1968). Psychrophilic spoilage bacteria of poultry. *J. Appl. Bacteriol.* 31, 97-107.

9. Barth, M.M., Zhou, C., Mercier, M. & Payne, F.A., (1995). Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries. *Journal of Food and Science*, 60, 1286-1287.
10. Bazarova, V.I., (1982). Use of ozone in storage of apples. *Food Science and Technology, Abstract*, 14, 11.
11. Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P., (2009). *Meat*. Springer Berlin Heidelberg. Food chemistry ,563-616.
12. Blakistone B.A. (1998). Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Second Edition. Blackie Academic and Professional, Washington, DC, USA
13. Campos, C.A., Losada, V., Rodriguez, O., Aubourg, S.P. & Barros-Velazquez, J., (2006). Evaluation of an ozone- slurry ice combined refrigeration system for the storage of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry*, 97(B), 223–230
14. Caracciolo, L. 1990. Ozone treatment of turkey scap meat. Data submitted to US FDA in support of a Food Additive Petition #0A4207. *Food Chemistry*, 9, 223-230.
15. Carter Howard, "An Ostrakon Depicting a Red Jungle-Fowl (The Earliest Known Drawing of the Domestic Cock)" *The Journal of Egyptian Archaeology*, 9.1/2 (April 1923), pp. 1-4.
16. Chen, H.C., Chang, S.O. & Ing., S.T., (1987). A study on the sterilization effect of ozone and its application for marine food processing. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 14, 79-89.
17. Chouliara, E., Badeka, A., Savvaidis, I. & Kontominas, M.G. (2008). Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: Microbiological, chemical, and sensory changes. *European Food Research and Technology*, 226, 877– 888.
18. Cristian Botta, Ilario Ferrocino, Maria Chiara Cavallero, Simonetta Riva, Manuela Giordano, Luca Cocolin, (2018). Potentially active spoilage bacteria community during the storage of vacuum packaged beefsteaks treated with aqueous ozone and electrolyzed water, *International Journal of Food Microbiology*, 266, 337–345
19. Clavijo, C. (2005). Development of a new raw meat product from Broiler chicken breast meat after ozonation, partial dehydration and

vacuum packaging. PhD Thesis. Pamplona, Spain (in Spanish): Public University of Navarre.

20. Cullen, P.J., Valdramidis, V.P., Tiwari, B.K., Patil, S., Bourke, P., O'Donnell, C.P., (2010). Ozone processing for food preservation: an overview on fruit juice treatments. *Ozone: Science & Engineering*, 32, 166-179.

21. Curca D., Pop A., Andronie V., Andronie I.C., (2009). Collagen content in fowls musculature in relation with age, sex and anatomic region. 16th European symposium on poultry nutrition, 695-698.

22. Dainty R.H., Edwards R.A., Hibbard C.M. and Ramantanis S.V. (1986). Bacterial source of putrescine and cadaverine in chill stored vacuum – packaged beef. *J. Appl. Bacteriol*, 61, 117-123

23. Dave, S. (1999). Efficacy of ozone against *Salmonella enteritidis* in aqueous suspensions and on poultry meat. M.Sc. Thesis, The Ohio State University, Columbus, Ohio.

24. Davies A. and Board R. (1998) The microbiology of meat and poultry. Blackie Academic and Professional, London, UK

25. Dondo, A., Nachman, C., Doglione, L., Rosso, A. & Genetti, A., (1992). Foods: their preservation by combined use of refrigeration and ozone. *Ing. Aliment. Conserve Anim.*, 8, 16-25.

26. Dransfield E. and Sosnicki A.A., (1999). Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Science*, 78(5), 743-746.

27. Faitel'berg-Blank, V.R., Bykone, E.V., Orlova, A.V., Ostapenko, L.G. & Stepanenko, V.A., (1979). Improvement of keeping quality of potatoes and onions by means of ionized air. *Vestn. S' kh. Nauki*, 4, 110-112.

28. FDA, (1995). Beverages: Bottled water: Final rule. Food and Drug Administration, Federal Register, 60, 57075–57130.

29. Firefly Encyclopedia of Birds, Ed. Perrins, Christopher. Buffalo, N.Y.: Firefly Books, Ltd., 2003.

30. Floros J.D. and Matsos K.I. (2005). Introduction to modified atmosphere packaging. In: HAN JH (Ed.): *Innovations in Food Packaging*. 1st ed. Elsevier Academic Press, London, pp. 159-171.

31. Gertzou Ioanna N., Karabagias Ioannis K., Drosos Panagiotis E., Riganakos Kyriakos A. (2017) Effect of combination of ozonation and vacuum packaging on shelf life extension of fresh chicken legs during storage under refrigeration, *Journal of Food Engineering*, 213, 18-26
32. Gibson, C.A., Elliot, J.A. & Beckett, D.C., (1960). Ozone for controlling mold on cheddar cheese. *Canadian Dairy and Ice Cream Journal*, 14, 24-28
33. Gorman, B. M., Sofos, J. N., Morgan, J. B., Schmidt, G. R., and Smith, G. C. (1995). Evaluation of hand-trimming, various sanitizing agents, and hot water spray-washing as decontamination interventions for beef brisket adipose tissue. *J. Food Prot.* 58, 899-907.
34. Greenwood NN, Earnshaw A (1984): "Chemistry of the Elements", Pergamon Press, Oxford, pp. 707-712
35. Greer, G. G., and Jones, S. D. M. (1989). Effects of ozone on beef carcass shrinkage, muscle quality and bacterial spoilage. *Can. Ins. Food Sci. Technol. J.* 22, 156-160.
36. Haraguchi, T., Simidu, V. and Aiso, K. (1969) Preserving effect of ozone to fish. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 35, 915–919.
37. Hasan S., (2012). The Effect of Poultry Preslaughter Fasting and Condition on the Quality of Meat and Luncheon Processed in Syria. *Bioscience Methods* 3(7), 43-47.
38. Hinze, H., Prakash, D., & Holzer, H. (1987). Effect of ozone on atp, cytosolic enzymes and permeability of *Saccharomyces cerevisiae*. *Archives of Microbiology*, 147, 105–108.
39. Horvath, M., Bilitzky, L. & Huttner, J., (1985). Fields of utilization of ozone. In: *Ozone*. R.J.H Clark (ed.), Elsevier Science Publishing Co. Inc. New York, pp: 257-316
40. Izat, A. L., Adams, M., Colberg, M., and Reiber, M. (1990). Effects of ozonated chill water on microbiological quality and clarity of broiler processing water. *Arkansas Farm Res.* 39(2), 9.
41. Jaiswal, J.A. (2017). Food processing technologies. Impact on product attributes. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA.

42. Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). Modern food microbiology (7th ed.). Springer Science and Business Media, Inc., New York, 63-90, 101-125.
43. Jindal, V., Waldroup, A. L., Forsythe, R. H., and Miller, M. (1995). Ozone and improvement of quality and shelflife of poultry products. *J. Appl. Poul. Res.* 4, 239-248.
44. Jin-Gab Kim, Ahmed E. Yousef & Sandhya Dave, (1999). Application of Ozone for Enhancing the microbiological Safety and Quality of Foods: A Review. *Journal of Food Protection*, 62, 9, 1071-1087.
45. Kaess, G. & Weidemann, J.E., (1968). Ozone treatment of chilled beef. Effect of low concentrations of ozone on microbial spoilage and surface colour of beef. *Journal of Food Technology*, 3, 325-334.
46. Khadre, M.A., Yousef, A.E. & Kim, J.G., (2001). Microbial aspects of ozone applications in food: A review. *Journal of Food Science*, 66(9), 1242–1252.
47. Khadre, M. A., and Yousef, A. E. (2001). Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide, a comparative study. *Int. J. Food Microbiol.* 71, 131- 138.
48. Kim, I.D. & Kim, S.D., (1991). Ozone treatment of fresh poultry meat. *Journal of Korean Society of Food and Nutrition* , 20, 483-487.
49. Kim, J. G., Yousef, A. E., & Dave, S. (1999). Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of Food Protection*, 62(9), 1071–1087.
50. Kim, J. G. (1998). Ozone as an antimicrobial agent in minimally processed foods. Ph.D. thesis, The Ohio State University, Columbus, OH.
51. Kotters, J., Prahst, A., Skura, B., Rosenthal, H., Balck, E.A. & Rodrigues-Lopez, J., (1997). Observations and experiments on extending shelf-life of rockfish (*Sebastes* spp.) products with ozone. *Journal of Application Ichthyology*, 13, 1-8.
52. Kuscü, A., Pazir, F. (2004). Ozone applications in Food Industry. *Gida*, 29, 123-129.
53. Kuyper, L., Weinert, I. A. G., and McGill, A. E. J., (1993). The effect of modified atmosphere packaging and addition of calcium and microbial quality of mushrooms. Academic Press Limited, 26, 14-20

54. Langlais, B., Reckhow, D.A. & Brink D.R. (eds), (1991). *Ozone in Water Treatment: Application and Engineering*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, USA.
55. Lauana Pellanda de Souza, Lêda Rita D'Antonino Faronia,, Fernanda Fernandes Heleno, Paulo Roberto Ceconb, Thamiris Danielle Carvalho Gonçalvesa, Greicelene Jesus da Silvaa, Lucas Henrique Figueiredo Pratesa, (2018). Effects of ozone treatment on postharvest carrot quality, *Food Science and Technology*, 90, 53–60
56. Lawrie, R. (1998). *Lawrie's Meat Science* (6th ed.), Cambridge: Woodhead Publishing Ltd
57. Lepetit J., (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat science*, 80(4), 960-967.
58. Longergan H. E., (2010). *Water-Holding Capacity of Fresh Meat*. American Meat Science Association Fact Sheet
59. Lund, B., Baird-Parker, A. C., & Gould, G. W. (2000). *Microbiological safety and quality of food*. New York: Springer
60. Mahapatra, A.K., Muthukumarappan, K., Julson, J.L. (2005) Applications of Ozone, Bacteriocins and Irradiation in Food Processing: A Review. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 45, 447–461
61. Manley, T. C., & Niegowski, S.J., (1967). Ozone. In *Encyclopedia of chemical technology* Wiley: New York, 14, 410-432
62. Manousaridis, G., Neratzaki, A., Paleologos, E.K., Tsiotsias, A., Savvaidis, I.N. & Kontominas, M.G., (2005). Effect of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels. *Food Microbiology*, 22, 1-9.
63. María J. Cantalejo, Ferdaous Zouaghi, Iratxe P_erez-Arnedo, (2016). Combined effects of ozone and freeze-drying on the shelf-life of Broiler chicken meat. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 400-407
64. Martinez-Romero, D., Bailén, G., Serrano, M., Guillén, F., Valverde, J.M., Zapata, P., Castillo, S., Valero, D. (2007) Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: A review. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 47, 543–560
65. Mitsuda, H., Ominami, H., and Yamamoto, A. 1990. Synergistic effects of ozone and carbon dioxide gases for sterilizing food. *Proc. Japan. Acad.* 66, 68-72.

66. Mudd, J. B., Leavitt, R., Ongun, A., & Mcmanus, T. T. (1969). Reaction of ozone with amino acids and proteins. *Atmospheric Environment*, 3, 669–682.
67. Muthukumarappan K; Halaweish F; Naidu A S (2000). Ozone. In A. S. Naidu (Ed.), *Natural food anti-microbial systems*, Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 783- 800.
68. Muthukumarappan, K., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J. (2008). Ozone Utilization. *Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering*, 1-4.
69. Nadide Tabakoglu, Hakan Karaca, (2018). Effects of ozone-enriched storage atmosphere on postharvest quality of black mulberry fruits (*Morus nigra* L.), *Food Science and Technology*, 92, 276–281
70. Naitoh, S., Okada, Y. & Sakai, T., (1987). Studies on utilization of ozone in food preservation: III. Microbicidal properties of ozone on cereal grains, cereal grain powders, peas, beans, and whole spices, *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, 34, 788-793.
71. Naitoh, S., & Shiga, I., (1989). Studies on utilizing of ozone in food preservation. IX. Effect of ozone treatment on elongation of hypocotyls and microbial counts of bean sprouts. *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, 36, 181-188.
72. Nieto, J.C., Jiménez-Colmenero, F. and Peláez, Ma.C. (1984). Effect of ozone on bacterial flora in poultry during refrigerated storage. *International Journal of Refrigeration*, 7(6), 389–392
73. Nortje G.L. and Shaw B.G. (1989). The effect of ageing treatment on the microbiology and storage characteristics of beef in modified atmosphere packs containing 25% CO₂ plus 75% O₂. *Meat Science*, 66, 409 – 413
74. Norton, J.S., Charig, A.J. & Demoranville, I.E., (1968). The effect of ozone on storage of cranberries. *The American Society for Horticultural Science*, 93, 792–796.
75. Nychas G.J.E. and Skandamis P. N., Sofos J.N. (2005) Fresh meat spoilage and modified atmosphere packaging. In : *Improving the safe of fresh meat* ed., pp. 461 – 502

76. Nychas G.J.E., Skandamis P. N., Tassou C.C., Koutsoumanis K.P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat science*, 78, 77-79
77. Phillips C.A (1996). Review: Modified atmosphere and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *Intern. J. Food Science and Technol*, 31, 463 -479
78. Reagan, J. O., Acuff, G. R., Buege, D. R., Buyck, M. J., Dickson, J. S., Kastner, C. L., Marsden, J. L., Mortan, J. B., Nickelson, R.II, Smith, G. C., and Sofos, J. N. (1996). Trimming and washing of beef carcasses as a method of improving the microbiological quality of meat. *J. Food Prot.* 59, 751-756.
79. Rice, R.G., Farquhar, J.W. & Bollyky, L.J., (1982). Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods. *Ozone Science & Engineering*, 4, 147–163.
80. Rojek, U., Hill, A. & Griffiths, M., (1995). Preservation of milk by hyperbaric ozone processing. *Journal of Dairy Science*, 78(Supp I), 125.
81. Rothe, B., Fischer, A., Hirsch, P., Sittig, M. & Stackebrandt, E. (1988). The phylogenetic position of the budding bacteria *Blastobacter aggregatus* and *Gemmobacter aquatilis* gen. nov., sp. nov. *Arch Microbiol* 147, 92–99
82. Sarig, P., Zahavi, T., Zutkhi, Y., Yannai, S., Lisker, N. & Ben-Arie, R., (1996). Ozone for control of post-harvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 48, 403–415
83. Sheldon, B.W. & Brown, A.L., (1986). Efficacy of ozone as a disinfectant for poultry carcasses and chill water. *Journal of Food Science*, 51, 305-309
84. Sherman, David M. (2002). *Tending Animals in the Global Village*. Blackwell Publishing, 46, ISBN 0-683-18051-7.
85. Skog, L.J., & Chu, C.L., (2000). Ozone technology for shelf life extension of fruits and vegetables. In: Ben-Arie, R., Philosoph-Hadas, S. (Eds.), *Proceedings of the Fourth Conference On Postharvest*, vol. II, *Acta Horticulturae*, 553, pp: 285–291.
86. Smilanick, J.L. (2003) Postharvest Use of Ozone on Citrus Fruit. *Packinghouse Newsletter*, 199, 1–6.

87. Staehelin, J. & Hoigne, J., (1985). Decomposition of ozone in water in the presence of organic solutes acting as promoters and inhibitors of radical chain reactions. *Environmental Science and Technology*, 19, 1206-1213.
88. Stiles, M.E. (1991). Modified atmosphere packaging of meat, poultry and their products. In: Eds Oraikul, B. and Stiles, M.E. *Modified atmosphere packaging of food* pp. 118-147. New York: Ellis Horwood
89. Stivarius, M. R., Pohlman, F. W., McElyea, K. S., & Apple, J. K. (2002). Microbial, instrumental color and sensory color and odor characteristics of ground beef produced from beef trimmings treated with ozone or chlorine dioxide. *Meat Science*, 60(3), 299-305.
90. Suslow, T.V. (2004) *Ozone Applications for Postharvest Disinfection of Edible Horticultural Crops*. Agriculture and Natural Resources Publications (Publication 8133), Davis, California.
91. Takamoto, Y., Maeba, H., & Kamimura, M. (1992). Changes in survival rate enzyme activities and in *E. coli* with ozone. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 37, 393–395.
92. Trindade, M.A., Kushida, M.M., Villanueva, N.D.M., Pereira, D.U.D., & de Oliveira, C.E.L. (2012). Comparison of ozone and chlorine in low concentrations as sanitizing agents of chicken carcasses in the water immersion chiller. *Journal of Food Protection*, 75(6), 1139-1143.
93. Uppu, R.M., Cueto, R., Squadrito, G.L. & Pryor, W.A., (1995). What does ozone react with air/lung interface? Model studies using human red blood cell membranes. *Archives of Biochemistry and Biophysics* , 319, 257-266.
94. Victorin, K. (1992). Review of the genotoxicity of ozone. *Mutation Research*, 277, 221–238
95. Waldroup, A.L., Hierholzer, R.E., Forsythe, R.H., and Miller, M.J., (1993). Recycling of poultry chill water using ozone. *Journal of Applied Poultry Research*, 2, 330-336
96. Watanabe, M., Masaki, H., Mori, T., Tsuchiya, T., Konuma, H., Hara-Kudo, Y., & Takatori, K. (2010). Inactivation effects of UV irradiation and ozone treatment on the yeast and the mold in mineral water. *Journal of Food Protection*, 73 (8), 1537-1542.

97. Weston A.R., Rogers R.W., PAS, and Althen T.G., (2002). Review : The Role of Collagen in Meat Tenderness. *The Professional Animal Scientist*, 18,107–111.
98. Whistler, P. E., and Sheldon, B. W. 1989. Biocidal activity of ozone versus formaldehyde against poultry pathogens inoculated in a prototype setter. *Poult. Sci.* 68, 1068-1073.
99. Wiberg E, Wiberg N, Holleman AF (2002): "Inorganic Chemistry", Academic Press, Berlin, p. 482
100. Williams, R.C., Sumner, S.S. & Golden, D.A., (2005). Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella* in apple cider and orange juice treated with combinations of ozone, dimethyl dicarbonate and hydrogen peroxide. *Journal of Food Science* , 70(4), 197-201.
101. Yang, P. P. W., and Chen, T. C. (1979). Stability of ozone and its germicidal properties on poultry meat microorganisms in liquid phase. *J. Food Sci.* 44, 501-504.
102. Zhang, L., Lu, Z., Yu, Z. & Gao, X., (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control*, 16(3), 279-283.
103. Zhao, J. & Cranston, P.M., (1995). Microbial decontamination of black pepper by ozone and the effect of the treatment on volatile oil constituents of the spice. *Journal of the Science and Food Agriculture*, 68, 11-18
104. <http://ww3.arb.ca.gov> (California Environmental Protection Agency, Air Resources Board: "Hazardous Ozone-Generating "Air Purifiers")
105. <http://www.inspectapedia.com> (Building & Environmental Inspection, Testing, Diagnosis, Repair, & Problem Prevention Advice): "The use of ozone generators indoors for control of odors and mold removal in buildings: A summary of hazards and false claims".
106. [http:// www. lateralscience. co.uk](http://www.lateralscience.co.uk) (by Roger Curry): "Ozone"
107. <http://www.lenntech.com> (Lenntech Ozone Data: "Occupational exposure limits")
108. <http://nutrition.med.uoc.gr>
109. <http://www.ozonesolutions.com/applications>
110. <http://el.wikipedia.org/wiki/óζov>

111. <http://www.GAIApedia.gr>

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αλκήνης Γαβριήλ, (2009), Μεταπτυχιακή Διατριβή «Μικροβιακή και φυσικοχημική αλλοίωση κρέατος που συντηρήθηκε σε αερόβιες συνθήκες και σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες» Πανεπιστήμιο Αθηνών,
2. Βαλαβανίδης, Θ., Ευσταθίου, Κ. Όζον η χημική ένωση του μήνα, (2009) www.chem.uoa.gr/chemicals/chemozone.htm
3. Βασιλακάκης Μιλτιάδης, Καραογλανίδης Γεώργιος, Μηνάς Ιωάννης, (2010) Εφαρμογές όζοντος για περιορισμό των απωλειών κατά τη συντήρηση των οπωροκηπευτικών Μια τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον, Γεωργία - Κτηνοτροφία, τεύχος 5/2010, 61-69
4. Βουδούρης Ε.Κ, Κοντομηνάς Μ.Γ. (2007) «Εισαγωγή στην χημεία των τροφίμων» Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
5. Γιαννακόπουλος, Τσερβένη- Γούση, 2009, Πρακτικά ελληνικού τμήματος Worlds Poultry Science Association (WPSA), 2002.
6. Γκέρτζου Ιωάννα, (2013) Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης στην επιστήμη και τεχνολογία τροφίμων «επίδραση του συνδυασμού οζονισμού, κιτρικού οξέος και της συσκευασίας στο χρόνο ζωής νωπών μανιταριών PLEUROTUS OSTREATUS IKAROS, συντηρημένων υπό ψύξη», Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
7. Δεμερτζής, Π., Κοντομηνάς, Μ.Γ., (2006). Τεχνολογία Τροφίμων. Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο. Ιωάννινα.
8. Κοντομηνάς Μ.Γ., (1995). Πλαστική Συσκευασία Τροφίμων, Ανάλυση και Ποιοτικός Έλεγχος. ΟΠΕ, Αθήνα.
9. Κοντομηνάς Μ.Γ. και. Ρηγανάκος Κ.Α, (2007). Συντήρηση και συσκευασία τροφίμων. Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο. Ιωάννινα.

10. Πασχαλίδου Γεωργία (2013), Μεταπτυχιακή διατριβή «Επίδραση διαφορετικών συστημάτων εκτροφής κρεατοπαράγωγων όρνιθων σε ορισμένα χαρακτηριστικά της ποιότητας του σφαγίου τους
11. Πετρόπουλος (2016), Πτυχιακή εργασία « Κρεοπαραγωγός πτηνοτροφία στην Ήπειρο»
12. Ρηγανάκος Κ.Α., (1996). Θέματα Οινολογίας. Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο. Ιωάννινα.
13. Σφακιωτάκης, Ε., (2004), Μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία νωπών οπωροκηπευτικών προϊόντων. Εκδόσεις tyroMan, Θεσσαλονίκη
14. Τασιούλα-Μάργαρη Μ. & Κοντομηνάς, Μ.Γ., (2003). Ποιοτικός Έλεγχος και Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά των Τροφίμων. Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο. Ιωάννινα.