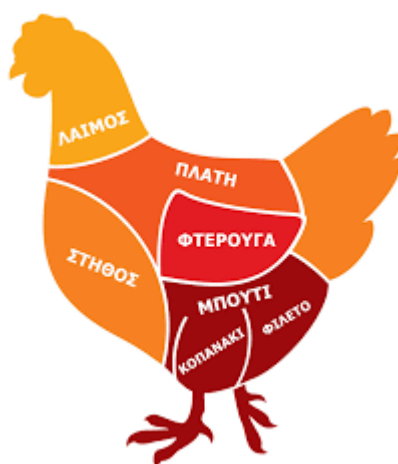


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΟΣ ΟΡΝΙΘΟΤΡΟΦΙΑ ΣΤΗΝ ΗΠΕΙΡΟ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΑΥΤΗΣ»



Φοιτήτρια: Γκέρτζου Ιωάννα

Επιβλέπων καθηγητής: Χατζηζήσης Λάμπρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή	σελ. 1
2.	Η κρεοπαραγωγός πτηνοτροφία στην Ελλάδα	σελ. 1
3.	Κρεοπαραγωγός τύπος	σελ. 10
4.	Φυλές ορνίθων	σελ. 11
4.1	Φυλές κρεοπαραγωγικής κατεύθυνσης	σελ. 11
4.1.1	Plymouth Rock	σελ. 11
4.1.2	Brahma	σελ. 13
4.1.3	Cochin	σελ. 14
4.1.4	Cornish	σελ. 15
4.1.5	Orpington	σελ. 16
4.2	Φυλές διπλής παραγωγικής κατεύθυνσης	σελ. 18
4.2.1	Rhode Island Red	σελ. 18
4.2.2	New Hampshire	σελ. 19
4.2.3	Australop	σελ. 20
4.2.4	Dorking	σελ. 21
4.2.5	Sussex	σελ. 22
4.2.6	Minorca	σελ. 23
5.	Ποιοτικά χαρακτηριστικά κρέατος κοτόπουλου	σελ. 24
5.1	Χημική σύσταση και λειτουργικές ιδιότητες	σελ. 24
5.2	Εξωτερική εμφάνιση	σελ. 26
5.3	Τεχνολογία παραγωγής κρέατος κοτόπουλου	σελ. 27
5.3.1	Παραγωγή κρέατος κοτόπουλου	σελ. 27
5.4	Μικροβιολογία του κρέατος	σελ. 28
5.4.1	Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί	σελ. 28
5.4.2	Μικροχλωρίδα που εμπλέκεται στα στάδια τυποποίησης	σελ. 28
5.4.3	Παθογόνοι μικροοργανισμοί του κοτόπουλου	σελ. 29
5.4.3.1	Salmonella spp.	σελ. 30
5.4.3.2	Campylobacter spp.	σελ. 30
5.4.3.3	Staphylococcus spp.	σελ. 30
5.4.3.4	Clostridium spp.	σελ. 31
5.4.3.5	Escherichia coli	σελ. 31
5.4.3.6	Listeria spp.	σελ. 32

6.	Σύγχρονοι μέθοδοι επεξεργασίας και συντήρησης	σελ. 33
6.1	Όζον	σελ. 33
6.1.1	Χημικές και φυσικές ιδιότητες του όζοντος	σελ. 34
6.1.2	Παρασκευή όζοντος	σελ. 37
6.1.3	Μηχανισμός δράσης	σελ. 39
6.1.4	Αντιμικροβιακή δράση	σελ. 40
6.1.5	Όζον και πόσιμο νερό	σελ. 42
6.1.6	Χρήση του όζοντος στη βιομηχανία τροφίμων	σελ. 45
6.1.7	Σημασία του όζοντος για την υγιεινή των τροφίμων	σελ. 46
6.1.8	Τοξικότητα	σελ. 52
7.	Αιθέρια έλαια (Α.Ε.)	σελ. 53
7.1	Σύσταση των Α.Ε.	σελ. 53
7.2	Αντιμικροβιακή δράση των Α.Ε.	σελ. 55
7.3	Μηχανισμός αντιβακτηριακής δράσης των Α.Ε.	σελ. 58
7.4	Ευαισθησία των θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων έναντι της δράσης των Α.Ε.	σελ. 60
8.	Χιτίνη και Χιτοζάνη	σελ. 62
8.1	Γενικά χαρακτηριστικά – Προέλευση	σελ. 62
8.2	Αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης	σελ. 64
8.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης	σελ. 66
8.4	Μηχανισμός αντιβακτηριακής δράσης της χιτοζάνης	σελ. 70
8.5	Εφαρμογές στη σύγχρονη βιομηχανία τροφίμων	σελ. 75
9.	Ακτινοβόληση	σελ. 79
10.	Συντήρηση σε τροποποιημένη (Μ.Α.) ή ελεγχόμενη (C.A.) ατμόσφαιρα	σελ. 80
11.	Υλικά συσκευασίας	σελ. 82
11.1	Συσκευασία σε πλαστικά υλικά	σελ. 82
12.	Βιβλιογραφία	σελ. 89

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πτηνοτροφικά προϊόντα αυγό και κρέας παρουσιάζουν εξαιρετική διατροφική και εμπορική αξία και η αρχή του νήματος της ορνιθοτροφίας απαντάται πριν το 2000 π.Χ. με την εξημέρωση της όρνιθας στην Ινδία. Στον ελλαδικό χώρο έως το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η άσκηση της ορνιθοτροφίας δεν διέφευγε του παραδοσιακού τρόπου, παραμένοντας σε χωρικό επίπεδο. Οι όρνιθες αυγοπαραγωγής προέρχονταν από τον εγχώριο πληθυσμό. Το κρέας πουλερικών ήταν αποτέλεσμα της σφαγής των ορνίθων αυγοπαραγωγής.

2. Η ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΟΣ ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στη δεκαετία του 1950 άρχισε η ανάπτυξη της ορνιθοτροφίας με την ίδρυση των πρώτων συστηματικών πτηνοτροφικών επιχειρήσεων. Η ανάπτυξη της ήταν αποτέλεσμα της εξέλιξης των επιστημονικών της πεδίων, της εκτροφής, διατροφής, γενετικής και υγιεινής των εκτρεφόμενων ορνίθων. Η πρόοδος στη γενετική οδήγησε στην ανάπτυξη ζωικού υλικού (υβριδίων αυγοπαραγωγής και κρεατοπαραγωγής) με υψηλές παραγωγικές αποδόσεις.

Η Πτηνοτροφία στην Ελλάδα είναι ο δυναμικότερος κλάδος της ζωικής παραγωγής με βαθμό αυτάρκειας σε αυγό και σε κρέας άνω του 90%. Επίσης είναι από τους πιο δυναμικούς κλάδους της αγροτικής οικονομίας και αντιπροσωπεύει σήμερα το 5% της συνολικής αξίας της αγροτικής παραγωγής. Οι οργανωμένες πτηνοτροφικές επιχειρήσεις στην Ελλάδα παράγουν ετησίως 120.000.000 κοτόπουλα. Στον κλάδο δραστηριοποιούνται περί τις 50 επιχειρήσεις διαφόρων μεγεθών. Στην ζωική παραγωγή δραστηριοποιούνται περί τις 2.000 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.

Τα εκτρεφόμενα είδη πτηνών είναι οι όρνιθες, ινδιάνοι (γαλοπούλες), πάπιες, χήνες, μελεαγρίδες (φραγκόκοτες), ορτύκια, περιστέρια, φασιανοί, πέρδικες και στρουθοκάμηλοι. Ωστόσο εκ των παραπάνω εκτρεφόμενων πτηνών μεγαλύτερη οικονομική αξία έχουν οι όρνιθες και επομένως ο όρος "Πτηνοτροφία" έχει ταυτιστεί με τον όρο "Ορνιθοτροφία".

Η συστηματική ορνιθοτροφία σήμερα γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις. Για το λόγο αυτό υπάρχουν τεράστια συγκροτήματα, όπου δημιουργούνται σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος και διατροφής. Οι αίθουσες αυτές, που χωρούν από 500

μέχρι και 2000 κοτόπουλα, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την πάχυνση. Σε πολλές χώρες υπάρχουν συγκροτήματα που κάθε χρόνο εκτρέφονται εκατοντάδες χιλιάδες ή και εκατομμύρια κοτόπουλα και λέγονται ορνιθοτροφεία, τα οποία έχουν πλήρη μηχανήματα και τα νεαρά κοτόπουλα δεν εξαρτώνται καθόλου απ' τις οποιοσδήποτε εξωτερικές συνθήκες.

Πίνακας 1: Εκμεταλλεύσεις με πουλερικά και αριθμός κεφαλών κατά τάξεις μεγέθους του αριθμού αυτών.

ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΛΑΔΟΣ ΜΕΓΑΛΕΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ ΝΟΜΟΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ	ΚΟΤΟΠΟΥΛΑ		ΟΡΝΙΘΕΣ	
	ΚΡΕΑΤΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ		ΑΥΓΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	
			ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ	
			ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΤΕΙΝΟΙ	
	ΕΚΜ/ΣΕΙΣ	ΚΕΦΑΛΕΣ	ΕΚΜ/ΣΕΙΣ	ΚΕΦΑΛΕΣ
ΣΥΝΟΛΟ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ	166.276	24.470.776	283.753	8.396.698
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ & ΘΡΑΚΗ	12.560	354.011	27.456	812.538
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	5.539	6.650.937	26.559	1.296.558
ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	2.048	26.811	11.461	333.882
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	19.165	637.038	33.504	674.157
ΗΠΕΙΡΟΣ	6.217	10.413.723	20.474	920.136
ΙΟΝΙΑ ΝΗΣΙΑ	7.417	169.675	11.897	194.883
ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	43.757	1.289.244	48.579	868.118
ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	13.479	2.242.758	22.705	479.231
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	22.591	953.199	31.741	977.537
ΑΤΤΙΚΗ	987	568.407	2.031	906.194
ΒΟΡΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟ	3.522	295.405	8.425	227.273
ΝΟΤΙΟ ΑΙΓΑΙΟ	2.591	58.822	6.584	246.500
ΚΡΗΤΗ	26.404	810.746	32.338	459.690
ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ	39.312	7.668.796	98.980	3.117.136
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ & ΘΡΑΚΗ	12.560	354.011	27.456	812.538
ΝΟΜΟΣ ΔΡΑΜΑΣ	725	14.508	1.908	41.993
ΝΟΜΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ	283	73.404	3.590	106.006
ΝΟΜΟΣ ΕΒΡΟΥ	5.514	94.707	10.507	381.142
ΝΟΜΟΣ ΞΑΝΘΗΣ	1.540	78.517	3.579	125.775

ΝΟΜΟΣ ΡΟΔΟΠΗΣ	4.498	92.876	7.872	157.623
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	5.539	6.650.937	26.559	1.296.558
ΝΟΜΟΣ ΗΜΑΘΙΑΣ	1.224	513.230	3.495	302.680
ΝΟΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	648	3.724.628	2.082	457.679
ΝΟΜΟΣ ΚΙΑΚΙΣ	103	506.413	4.349	64.479
ΝΟΜΟΣ ΠΕΛΛΗΣ	850	147.654	5.335	119.835
ΝΟΜΟΣ ΠΙΕΡΙΑΣ	286	1.026.873	3.997	119.144
ΝΟΜΟΣ ΣΕΡΡΩΝ	2.392	725.573	6.916	219.039
ΝΟΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	35	6.565	385	13.702
ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	2.048	26.811	11.461	333.882
ΝΟΜΟΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	325	6.003	1.700	56.733
ΝΟΜΟΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	9	689	691	22.061
ΝΟΜΟΣ ΚΟΖΑΝΗΣ	1.366	15.113	5.995	185.596
ΝΟΜΟΣ ΦΛΩΡΙΝΗΣ	347	5.006	3.075	69.493
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	19.165	637.038	33.504	674.157
ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΗΣ	7.807	318.854	12.265	269.270
ΝΟΜΟΣ ΛΑΡΙΣΗΣ	5.383	141.065	8.679	157.050
ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	173	10.293	2.400	78.300
ΝΟΜΟΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ	5.802	166.827	10.161	169.537
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	93.460	15.068.599	135.395	3.439.905
ΗΠΕΙΡΟΣ	6.217	10.413.723	20.474	920.136
ΝΟΜΟΣ ΑΡΤΗΣ	2.773	4.013.020	7.501	173.393
ΝΟΜΟΣ ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	1.058	16.090	3.240	56.778
ΝΟΜΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	1.312	5.696.461	6.022	603.290
ΝΟΜΟΣ ΠΡΕΒΕΖΗΣ	1.074	688.152	3.712	86.675
ΙΟΝΙΑ ΝΗΣΙΑ	7.417	169.675	11.897	194.883
ΝΟΜΟΣ ΖΑΚΥΝΘΟΥ	2.883	76.548	3.393	52.937
ΝΟΜΟΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ	3.128	63.582	5.462	84.566
ΝΟΜΟΣ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	274	11.246	1.252	29.960
ΝΟΜΟΣ ΛΕΥΚΑΔΟΣ	1.132	18.300	1.789	27.419
ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	43.757	1.289.244	48.579	868.118
ΝΟΜΟΣ ΑΙΤΩΛΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	16.257	440.223	21.526	396.262
ΝΟΜΟΣ ΑΧΑΙΑΣ	10.457	303.228	11.215	193.650
ΝΟΜΟΣ ΗΛΕΙΑΣ	17.043	545.793	15.837	278.206
ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	13.479	2.242.758	22.705	479.231
ΝΟΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	1.583	1.251.570	2.828	100.991

ΝΟΜΟΣ ΕΥΒΟΙΑΣ	6.143	817.635	8.195	126.670
ΝΟΜΟΣ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	298	4.930	2.336	37.558
ΝΟΜΟΣ ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	4.749	149.915	7.660	164.388
ΝΟΜΟΣ ΦΩΚΙΔΟΣ	707	18.708	1.686	49.625
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	22.591	953.199	31.741	977.537
ΝΟΜΟΣ ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	2.617	71.724	3.463	157.291
ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ	5.469	291.636	7.639	189.927
ΝΟΜΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	2.101	195.460	3.349	372.796
ΝΟΜΟΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	4.653	242.374	6.666	106.934
ΝΟΜΟΣ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	7.751	152.004	10.624	150.590
ΑΤΤΙΚΗ	987	568.407	2.031	906.194
ΑΤΤΙΚΗ	987	568.407	2.031	906.194
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ	6	10.235	35	188.882
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	154	328.653	791	88.592
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	49	217.649	103	601.786
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	778	11.869	1.103	26.934
ΝΗΣΙΑ	32.516	1.164.973	47.347	933.463
ΒΟΡΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟ	3.522	295.405	8.425	227.273
ΝΟΜΟΣ ΛΕΣΒΟΥ	2.206	163.387	5.647	185.479
ΝΟΜΟΣ ΣΑΜΟΥ	1.293	21.869	1.743	25.929
ΝΟΜΟΣ ΧΙΟΥ	23	110.148	1.036	15.865
ΝΟΤΙΟ ΑΙΓΑΙΟ	2.591	58.822	6.584	246.500
ΝΟΜΟΣ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ	828	26.296	1.581	124.373
ΝΟΜΟΣ ΚΥΚΛΑΔΩΝ	1.763	32.527	5.002	122.127
ΚΡΗΤΗ	26.404	810.746	32.338	459.690
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	9.867	353.339	12.428	172.782
ΝΟΜΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	3.883	53.466	5.800	70.608
ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΗΣ	4.426	207.629	6.171	102.611
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	8.229	196.312	7.938	113.689

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2007.

Πίνακας 2: Εκμεταλλεύσεις και αριθμός πουλερικών ανά περιφέρεια και νομό. Απογραφή Γεωργίας-Κτηνοτροφίας, έτους 2009.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΑΙ ΝΟΜΟΣ	Πουλερικά	
	Εκμεταλλεύσεις	Αριθμός Κεφαλών
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	215.373	36.767.565
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ	19.839	920.948
ΝΟΜΟΣ ΔΡΑΜΑΣ	1.297	43.229
ΝΟΜΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ	2.245	129.997
ΝΟΜΟΣ ΕΒΡΟΥ	6.734	396.243
ΝΟΜΟΣ ΞΑΝΘΗΣ	2.681	113.895
ΝΟΜΟΣ ΡΟΔΟΠΗΣ	6.882	237.584
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	22.108	9.888.246
ΝΟΜΟΣ ΗΜΑΘΙΑΣ	2.659	680.328
ΝΟΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	2.333	4.959.567
ΝΟΜΟΣ ΚΙΑΚΙΣ	2.807	2.217.104
ΝΟΜΟΣ ΠΕΛΛΗΣ	4.634	385.062
ΝΟΜΟΣ ΠΙΕΡΙΑΣ	2.822	987.529
ΝΟΜΟΣ ΣΕΡΡΩΝ	6.162	492.799
ΝΟΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	691	165.857
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	8.440	307.141
ΝΟΜΟΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	946	47.239
ΝΟΜΟΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	728	29.445
ΝΟΜΟΣ ΚΟΖΑΝΗΣ	4.486	165.223
ΝΟΜΟΣ ΦΛΩΡΙΝΗΣ	2.280	65.234
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ	15.614	10.588.644
ΝΟΜΟΣ ΑΡΤΗΣ	5.552	2.268.638
ΝΟΜΟΣ ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	2.288	53.995
ΝΟΜΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	5.100	7.541.748
ΝΟΜΟΣ ΠΡΕΒΕΖΗΣ	2.674	724.263

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	24.539	1.215.041
ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΗΣ	8.760	421.533
ΝΟΜΟΣ ΛΑΡΙΣΗΣ	7.177	361.806
ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	1.935	194.906
ΝΟΜΟΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ	6.667	236.796
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	16.842	2.929.127
ΝΟΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	1.862	1.620.968
ΝΟΜΟΣ ΕΥΒΟΙΑΣ	6.296	790.201
ΝΟΜΟΣ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	1.547	40.600
ΝΟΜΟΣ ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	5.532	413.008
ΝΟΜΟΣ ΦΩΚΙΔΟΣ	1.605	64.350
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ	9.965	307.402
ΝΟΜΟΣ ΖΑΚΥΝΘΟΥ	2.711	93.448
ΝΟΜΟΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ	4.994	125.810
ΝΟΜΟΣ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1.174	62.423
ΝΟΜΟΣ ΛΕΥΚΑΔΟΣ	1.086	25.721
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	36.708	1.647.280
ΝΟΜΟΣ ΑΙΤΩΛΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	15.021	671.033
ΝΟΜΟΣ ΑΧΑΪΑΣ	9.007	350.941
ΝΟΜΟΣ ΗΛΕΙΑΣ	12.680	625.306
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	23.168	1.368.105
ΝΟΜΟΣ ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	3.337	134.089
ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ	5.015	354.829
ΝΟΜΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	2.772	213.023
ΝΟΜΟΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	3.610	228.984
ΝΟΜΟΣ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	8.434	437.180
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	1.660	5.141.997
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ	90	172.902
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	471	3.153.424
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	198	1.779.396
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	901	36.275
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	7.650	281.987

ΝΟΜΟΣ ΛΕΣΒΟΥ	5.637	194.812
ΝΟΜΟΣ ΣΑΜΟΥ	1.450	42.034
ΝΟΜΟΣ ΧΙΟΥ	563	45.141
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	6.118	353.181
ΝΟΜΟΣ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ	1.567	185.981
ΝΟΜΟΣ ΚΥΚΛΑΔΩΝ	4.551	167.200
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	22.722	1.818.466
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	8.763	1.303.382
ΝΟΜΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	3.583	80.352
ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΗΣ	3.975	208.877
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	6.401	225.855

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2009.

Πίνακας 3: Πουλερικά, (όλων των ηλικιών) κατά περιφέρεια και περιφερειακή ενότητα στις 31.12.2014.

Περιφέρειες και Περιφερειακές Ενότητες	Όρνιθες - Hens	
	Συστηματικών πτηνοτροφείων In organized poultry-farms	Χωρικής εκτροφής Local breed
Σύνολο Ελλάδας	27.437.625	4.624.138
Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	834.554	320.854
Ροδόπης	17.240	93.050
Δράμας	53.400	40.010
Έβρου	537.767	92.643
Θάσου	750	5.250
Καβάλας	145.397	23.131
Ξάνθης	80.000	66.770
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	4.890.519	449.405
Θεσσαλονίκης	1.822.054	88.150

Ημαθίας	145.150	6.850
Κιλκίς	511.280	44.000
Πέλλας	668.300	80.095
Περίας	1.020.050	70.425
Σερρών	145.085	113.760
Χαλκιδικής	578.600	46.125
Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας	22.400	224.552
Κοζάνης	19.000	82.907
Γρεβενών	1.700	57.260
Καστοριάς	1.700	26.535
Φλώρινας	—	57.850
Περιφέρεια Ηπείρου	11.093.834	264.176
Ιωαννίνων	7.054.521	78.291
Αρτας	3.376.315	119.035
Θεσπρωτίας	1.880	31.010
Πρέβεζας	661.118	35.840
Περιφέρεια Θεσσαλίας	347.378	640.614
Λάρισας	226.799	189.039
Καρδίτσας	27.880	180.740
Μαγνησίας	43.399	92.645
Σποράδων	—	1.100
Τρικάλων	49.300	177.090
Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	5.374.950	266.857
Φθιώτιδας	21.100	95.322
Βοιωτίας	2.317.800	20.240
Εύβοιας	2.967.600	101.070
Ευρυτανίας	250	16.775
Φωκίδας	68.200	33.450
Περιφέρεια Ιονίων Νήσων	0	128.058
Κέρκυρας	—	74.358
Ζακύνθου	—	32.921
Ιθάκης	—	652

Κεφαλληνίας	—	12.407
Λευκάδας	—	7.720
Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας	79.240	887.199
Αχαΐας	11.530	147.353
Αιτωλ/νανίας	50.010	486.234
Ηλείας	17.700	253.612
Περιφέρεια Πελοποννήσου	1.042.009	374.671
Αρκαδίας	304.620	62.465
Αργολίδας	83.550	69.190
Κορινθίας	589.981	64.250
Λακωνίας	53.358	92.980
Μεσσηνίας	10.500	85.786
Περιφέρεια Αττικής	3.150.481	272.307
Κεντρικού Τομέα Αθηνών	—	—
Βορείου Τομέα Αθηνών	—	—
Δυτικού Τομέα Αθηνών	—	—
Νοτίου Τομέα Αθηνών	—	—
Ανατολικής Αττικής	1.311.248	257.682
Δυτικής Αττικής	1.830.733	5.000
Πειραιώς	—	150
Νήσων	8.500	9.475
Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου	138.400	120.144
Λέσβου	82.000	59.204
Ικαρίας	—	13.530
Λήμνου	—	11.575
Σάμου.	800	5.830
Χίου	55.600	30.005
Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου	178.120	170.416
Σύρου	2.500	5.800
Άνδρου	—	29.380

Θήρας	—	11.430
Καλύμνου	23.600	14.000
Καρπάθου	2.000	6.106
Κύθνου	—	4.287
Κω	500	9.598
Μήλου	—	12.500
Μυκόνου.	—	2.000
Νάξου	—	41.374
Πάρου	11.000	15.000
Ρόδου	138.520	11.661
Τήνου	—	7.280
Περιφέρεια Κρήτης	285.740	504.885
Ηρακλείου	75.150	269.299
Λασιθίου	28.755	52.935
Ρεθύμνης	146.520	37.930
Χανίων	35.315	144.721

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2014.

3. ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΟΣ ΤΥΠΟΣ

Οι όρνιθες που ανήκουν σε αυτόν τον τύπο είναι σχετικά βαρυσώμες. Εμφανίζουν κεφαλή ογκώδη, που λίγο ή πολύ είναι στρογγυλή. Το άνω λειρί είναι μικρό, αλλά παχύ και τραχύ. Το πρόσωπο σχετικά χονδροειδές. Ο τράχηλος χοντρός και αναλογικά βραχύς. Ο κορμός έχει ωοειδές ή κυλινδρικό σχήμα και είναι ευρύς και βαθύς. Η ράχη είναι οριζόντια μέχρι ελαφρά κυρτή, αλλά πάντοτε πλατιά. Η λεκάνη έχει πλούσια μυϊκή κάλυψη. Το στήθος είναι ευρύ, στρογγυλεμένο και μακρύ με πλούσια μυϊκή κάλυψη. Η κοιλία είναι αναλογικά περιορισμένη σε όγκο. Οι φτερούγες προέχουν ελαφρά από τον κορμό, διότι η στενή προσκόλλησή τους παρεμποδίζεται από την παρουσία της πλούσιας μυϊκής κάλυψης που υπάρχει στην αντίστοιχη χώρα του κορμού. Τα οπίσθια άκρα, κατά τις χώρες των μηρών καθώς και των κνημών, έχουν μυϊκές μάζες πολύ ανεπτυγμένες. Εξάλλου, τα οπίσθια άκρα από τα μετατόρσια και κάτω, που στην πλειονότητα των περιπτώσεων είναι γυμνά από φτερά, εμφανίζονται αναλογικά κοντά και χοντρά, ενώ απέχουν αρκετά μεταξύ τους, διότι ανάμεσα τους παρεμβάλλεται το ευρύ και στρογγυλεμένο στήθος.

Οι όρνιθές της διπλής παραγωγικής κατεύθυνσης (κρεοπαραγωγικής-αυγοπαραγωγικής), έχουν μορφολογική διάπλαση σώματος που είναι ενδιάμεση του καθαρά κρεοπαραγωγού τύπου και αυγοπαραγωγού τύπου ορνιθών. Έχουν μέτριο σωματικό βάρος (μέσο Σ.Β. ενήλικων ορνιθών 2,9 kg και πετεινών 3,8 kg) και στη μορφολογική διάπλαση του σώματος τους, άλλοτε προέχουν τα χαρακτηριστικά του αυγοπαραγωγού τύπου και άλλοτε εκείνα του κρεοπαραγωγού.

(Σπαής Α., Χατζηζήσης Λ., 2011)

4. ΦΥΛΕΣ ΟΡΝΙΘΩΝ

4.1. Φυλές κρεοπαραγωγικής κατεύθυνσης

4.1.1. Plymouth Rock



Όρνιθα φυλής Plymouth Rock

Η Plymouth Rock, 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.

Προέλευση

Η φυλή αυτή αναπτύχθηκε στη Νέα Αγγλία στα μέσα του 19^{ου} 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 γκριζες 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

Βάρος

Τα τυπικά βάρη για τις Plymouth Rocks, όπως ορίζεται από την Αμερικανική Ένωση Πουλερικών, είναι ως ακολούθως: κόκορας: 4,3 κιλά, κότα: 3,4 κιλά, κοκοράκι: 3,6 κιλά και πουλάδα: 2,3-2,7 κιλά.

4.1.2. Brahma



Όρνιθα φυλής Brahma

Η Brahma είναι μια μεγάλη φυλή ορνίθων που αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες από τα πολύ μεγάλα πουλιά που εισάγονται από το κινεζικό λιμάνι της Σαγκάης. Η Brahma ήταν η κύρια κρεοπαραγωγός φυλή στις ΗΠΑ από το 1850 μέχρι το 1930 περίπου.

Χαρακτηριστικά

Η φυλή Brahma αποτελείται από ογκώδη πουλερικά, μεγαλοπρεπή, με όρθιο παράστημα και μεγάλο κεφάλι. Όταν στέκονται η εμφάνισή τους φανερώνει ένα V και τα αρσενικά άτομα είναι αρκετά ψηλότερα από τα θηλυκά. Τα πόδια είναι αρκετά δυνατά, με φτερά που εκτείνονται σε όλο το μήκος του ποδιού μέχρι το κάτω μέρος (τα δάχτυλα) και το φτέρωμα είναι πιο σφιχτό απ' ό,τι της φυλής Cochin. Το βάρος τους κυμαίνεται στα 5,5 Kg για τον κόκορα και στα 4,5 Kg για την κότα. Οι Brahma είναι καλές ωοπαραγωγές όρνιθες μεγάλων καφετί αυγών που το βάρος τους κυμαίνεται στα 55-60 g περίπου.

Αναγνωρισμένες ποικιλίες

Η American Standard of Perfection αναγνωρίζει τρεις ποικιλίες Brahma: την ανοιχτόχρωμη, τη σκουρόχρωμη και την κιτρινωπή. Οι ανοιχτόχρωμες Brahma έχουν σα βασικό χρώμα το λευκό με μαύρα στίγματα και ασπρόμαυρή ουρά. Τα φτερά του κόκορα των ανοιχτόχρωμων Brahma είναι ριγέ χρωματισμού σε συνδυασμό με μαύρο. Οι σκουρόχρωμες Brahma διαθέτουν την πιο αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ κόκορα και κότας. Η κότα έχει ένα σκούρο γκρι-μολυβί χρωματισμό με τα ίδια στίγματα όπως αυτών των ανοιχτόχρωμων ενώ ο κόκορας έχει μαύρο και άσπρο φτέρωμα και μια μαύρη βάση στην ουρά. Τα φτερά ενός σκοτεινού Brahma είναι λευκά στο ψηλότερο μέρος και τα αρχικά φτερά έχουν λευκό περίγραμμα. Ο χρωματισμός της κιτρινωπής ποικιλίας δεν διαφέρει απ' τους άλλους δύο εκτός απ' αυτό το κιτρινωπό χρώμα βάσης αντί αυτού του λευκού. Η Australian Poultry Association έχει αποδεχθεί και ποικιλίες άλλων χρωματισμών εκτός αυτών των τριών που προαναφέρθηκαν.

4.1.3. Cochin



Κόκορας φυλής Cochin

Καταγωγή

Αυτή η φυλή όρνιθας αρχικά ανατράφηκε στην Κίνα και στη συνέχεια εξήχθη στη Βρετανία και στην Αμερική στα μέσα του 19^{ου} 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

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 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 που βγάζει 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 φυλής είναι γνωστό ότι πρόκειται για ένα καλό οικόσιτο ζώο καθώς είναι ήμερο και θεωρούνται ως μία απ' τις πιο φιλικές φυλές κοτόπουλων. Οι Cochins είναι αρκετά ήσυχες όρνιθες και τείνουν να είναι επίσης και αρκετά ήρεμες.

4.1.4. Cornish



Όρνιθα φυλής 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.

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 απ' τα αντίστοιχά τους. 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.

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.

4.1.5. Orpington



Όρνιθα φυλής Orpington

Η Orpington 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. Η φυλή 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 περισσότερο από μία ράτσα χρησιμότητας.

Αποτελούν καλές μητέρες για τα μικρά τους. Αν και έχουν μεγάλο μέγεθος είναι ικανά να πετάνε σε μικρές αποστάσεις αλλά σπάνια. Αποτελούν λοιπόν πουλερικά οικόσιτης μορφής. Χάρη στην κατασκευής 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 κάνουντάς 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.

4.2. Φυλές διπλής παραγωγικής κατεύθυνσης

4.2.1. Rhode Island Red



Κόκκορας φυλής Rhode Island Red

Η Rhode Island Red είναι μια φυλή όρνιθας μικτής κατεύθυνσης. Εκτρέφονται δηλαδή και για το κρέας και για τα αυγά τους. Είναι μια εύστοχη επιλογή για εκτροφή οικόσιτων πουλερικών, λόγω της ικανότητας γέννησης αυγών και της αντοχής τους.

Χαρακτηριστικά

Ο χρωματισμός των φτερών της φυλής αυτής είναι στο χρώμα της σκουριάς, ωστόσο, είναι γνωστές και πιο σκούρες αποχρώσεις, συμπεριλαμβανομένων των καφέ που αγγίζουν το μαύρο. Οι Rhode Island Reds έχουν χρώμα ματιών κόκκινο-πορτοκαλί, κοκκινωπό-καφέ ράμφος και κίτρινα πόδια, συχνά με λίγο κοκκινωπό χρώμα στα δάχτυλα και τις πλευρές των κορμών. Οι νεοσσοί έχουν έναν ελαφρύ κοκκινωπό-καφετί χρωματισμό. Τα αρσενικά συνήθως ζυγίζουν περίπου 3,9 κιλά ενώ οι όρνιθες κατά μέσο όρο είναι ελαφρώς μικρότερες και ζυγίζουν περίπου (2,9 kg).

Προέλευση

Η ράτσα αυτή αναπτύχθηκε στη Μασαχουσέτη. Αρχικά αναπαρήχθησαν στο Adamsville, ένα χωριό που αποτελεί μέρος του Little Compton, του Rhode Island. Ένας από τους προγόνους που αποτελεί θεμέλιο της φυλής ήταν ένας μαλαισιανός κόκορας με χρωματισμό στήθους μαύρο-κόκκινο που είχε εισαχθεί από την Αγγλία. Αυτό το πτηνό είναι στην έκθεση του Smithsonian Ιδρύματος κι αποτελεί τον «πατέρα» της ράτσας αυτής.

Τα Rhode Island Reds χρησιμοποιούνται στη δημιουργία πολλών σύγχρονων υβριδικών φυλών, κυρίως λόγω της ικανότητάς τους για παραγωγική ωοτοκία.

4.2.2. New Hampshire



Όρνιθα φυλής New Hampshire

Η φυλή όρνιθας New Hampshire προέρχεται από την Πολιτεία του New Hampshire στις Ηνωμένες Πολιτείες. Πτηνοτρόφοι, ξεκινώντας με τη φυλή Rhode Island Reds και την εκτέλεση από γενιά σε γενιά της επιλεκτικής αναπαραγωγής, εντάθηκε τα χαρακτηριστικά της πρώιμης ωριμότητας, της ταχείας ανάπτυξης του πλήρους φτερώματος και την παραγωγή των μεγάλων καφετί αυγών. Τα ενήλικα πουλιά έχουν έναν πλούσιο καστανοκόκκινο χρωματισμό και πιο ομοιόμορφη απόχρωση από τα Rhode Island Reds. Οι νεοσσοί είναι έχουν ένα ελαφρύτερο κόκκινο.

Χρήση

Πρόκειται για φυλή μικτής κατεύθυνσης, αν και προτιμάται περισσότερο για κρεοπαραγωγή απ' ό, τι για ωοπαραγωγή. Πρόκειται για πουλερικά μεσαίου βάρους, που δίνουν αρκετά παχύ σφάγιο που προορίζεται είτε για σάρα είτε για ψητό.

Προέλευση

Τα New Hampshires είναι μια σχετικά νέα φυλή του 1935. Αντιπροσωπεύουν μια εξειδικευμένη επιλογή της φυλής Rhode Island Red. Με εντατική επιλογή για την ταχεία ανάπτυξη, το γρήγορο πτέρωμα, την πρώιμη ωριμότητα και το σθένος, μια διαφορετική φυλή σταδιακά αναδείχθηκε. Αυτό έλαβε χώρα στις πολιτείες της Νέας Αγγλίας, κυρίως στη Μασαχουσέτη και στο Νιού Χάμσαϊρ, από το οποίο πήρε και το όνομά του.

Χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά των πουλερικών της συγκεκριμένης φυλή είναι ότι διαθέτουν ένα ευρύ, μεγάλο σώμα, το φτέρωμα μεγαλώνει με γρήγορους ρυθμούς κι όσον αφορά στη συμπεριφορά τους, τα θηλυκά άτομα της ράτσας πρόκειται για καλές

μητέρες για τα μικρά τους. Το μεγαλύτερο μέρος του φτερώματος είναι σε κοκκινωπό χρωματισμό και, ως εκ τούτου, δεν μειώνουν την εμφάνιση του σκελετού πολύ. Το χρώμα είναι περίπου φωτεινό κόκκινο και συχνά χάνεται στο φως του ήλιου. Το λειρί είναι απλό, μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους. Στα θηλυκά συχνά κρέμεται χαλαρά πάνω από ένα κομμάτι. Αν και είναι γνωστή φυλή για την κρεατοπαραγωγή της, δίνουν επίσης καλή παραγωγή και στα καφετί αυγά. Ορισμένα στελέχη γεννούν αυγά με κέλυφος βαθύ καφέ χρωματισμού. Τα άτομα της φυλής New Hampshires είναι ανταγωνιστικά και επιθετικά με άλλα κοτόπουλα. Το βάρος τους κυμαίνεται στα 3,9 Kg για τα αρσενικά άτομα και στα 2,9 Kg για τις όρνιθες.

4.2.3. Australorp



Κόκορας φυλής Australorp

Η Australorp είναι μια φυλή όρνιθας Αυστραλιανής προέλευσης. Είναι μεγάλου μεγέθους και με απαλό φτέρωμα πουλί, με λευκά νύχια, μαύρα πόδια και ράμφος και ένα μετρίως μεγάλο και όρθιο απλό λειρί με πέντε διαφορετικά σημεία. Η φυλή αυτή περιλαμβάνει ανθεκτικά άτομα, υπάκουα, θηλυκά με ικανοποιητική ωστοκία καθώς και καλό κρέας.

Χαρακτηριστικά

Η Australorp, όπως αρκετές φυλές ορνίθων περιλαμβάνει δύο μεγέθη:

- Μικρόσωμες ποικιλίες (νάνα ή αλλιώς bantams) και
- Μεγαλόσωμες ποικιλίες καθώς και πολλά χρώματα.

Η Australorp σήμερα διαθέτει τρία αναγνωρισμένα χρώματα σύμφωνα με την Australian Poultry Standard: το μαύρο, το άσπρο και το μπλε. Πριν το 2012 μόνο η μπλε και η μαύρη ποικιλία αναγνωρίστηκαν, αργότερα προστέθηκε και η λευκή. Υπάρχει και ένα τέταρτο χρώμα (ένα φυσικό αποτέλεσμα της μπλε ποικιλίας) αλλά δεν αναγνωρίζεται ως επίσημο. Η μαύρη ποικιλία της ράτσας είναι το πιο συνηθισμένο χρώμα, διαθέτει γυαλιστερά μαύρα φτερά και ένα λαμπερό πράσινο

χρωματισμό. Η μπλε ποικιλία έχει φτέρωμα γκρι-μπλε χρωματισμού, ενώ η λευκή είναι ένα καθαρά λευκό πουλί με τυχαία στίγματα μαύρου και γκρι φτέρωμα.

Είναι γνωστό ότι τα θηλυκά άτομα της φυλής είναι καλές κλώσες και μητέρες παράγοντας που καθιστά τη ράτσα ως μία από τις καλύτερες φυλές ορνίθων.

4.2.4. Dorking



Κόκκορας φυλής Dorking

Η φυλή Dorking είναι μια ράτσα κοτόπουλου που πιστεύεται ότι έχει τις ρίζες της στην Ιταλία κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας και ότι εισήχθη στη Μεγάλη Βρετανία κατά τη ρωμαϊκή κατάκτηση καθιστώντας τη ως μία από τις αρχαιότερες αγγλικές φυλές ορνίθων.

Χαρακτηριστικά

Η Dorking έχει ένα ορθογώνιο σώμα με πολύ κοντά πόδια που έχουν από πέντε δάχτυλα. Όπως συμβαίνει με όλα τα πουλερικά που έχουν ένα απλό λειρί, τα τμήματά του μπορεί να απαιτούν προστασία σε εξαιρετικά κρύο καιρό. Η φυλή είναι επίσης γνωστή για την ευελιξία τους αφού πρόκειται για φυλή μικτής κατεύθυνσης, εκτρέφεται δηλαδή τόσο ως ωοπαραγωγική όσο και ως κρεοπαραγωγική όρνιθα. Είναι απ' τις λίγες φυλές που αν και έχει κόκκινους λοβούς αυτιών παράγει αυγό με λευκό κέλυφος. Το χρώμα του δέρματος κάτω από τα φτερά είναι λευκό. Το βάρος των πτηνών κυμαίνεται στα 4 Kg για τον κόκορα και περίπου στα 3,20 Kg για την όρνιθα. Επιπλέον πρόκειται για μία πολύ υπάκουη φυλή. Υπάρχουν πέντε

αναγνωρισμένες ποικιλίες με χρωματισμούς λευκού, ασημι-γκρι, κόκκινου, σκουρόχρωμου και εμπριμέ.

4.2.5. Sussex



Όρνιθα φυλής Sussex

Η φυλή όρνιθας Sussex είναι μικτής κατεύθυνσης. Είναι μία φυλή που προέρχεται από την Αγγλία την εποχή της ρωμαϊκής κατάκτησης της Βρετανίας το 43μ.Χ. Πρόκειται για πουλερικά οικοίτητης μορφής σε πολλές χώρες. Η φυλή περιλαμβάνει 8 χρώματα και έχει και αντίστοιχη μικρόσωμη ποικιλία στο μέγεθος του ¼. Οι μικρόσωμες ποικιλίες μπορούν να έχουν οποιοδήποτε απ' τα 8 χρώματα.

Χαρακτηριστικά

Τα χρώματα που συναντάει κανείς στη συγκεκριμένη φυλή είναι το καφέ, το λευκό, το ασημί, το κιτρινωπό, το κόκκινο, με στίγματα κ.ά. Τα κοτόπουλα της φυλής ανεξαρτήτως χρώματος έχουν χαριτωμένη εμφάνιση λόγω της μακριάς, μεγάλης και επίπεδης πλάτης και της ορθογώνιας κατασκευής τους. Η ουρά σχηματίζει γωνία 45 μοιρών με το υπόλοιπο σώμα. Τα μάτια είναι κόκκινου χρωματισμού με σκουρότερες αποχρώσεις, αλλά και πιο ανοιχτόχρωμα πορτοκαλί κάποιες φορές. Το λειρί είναι μεσαίου μεγέθους, απλό και σε όρθια στάση. Οι λοβοί των αυτιών είναι κόκκινοι και τα πόδια και το δέρμα τους λευκά σε κάθε ποικιλία. Τα αρσενικά άτομα της φυλής ζυγίζουν περίπου 4 Kg, οι όρνιθες περίπου 3,2 Kg, τα κοκοράκια περίπου 3,4 Kg και οι πουλάδες περίπου 2,7 Kg. Οι αντίστοιχες μικρόσωμες ποικιλίες ζυγίζουν περίπου 1,5 Kg ο κόκορας και 1,1 Kg η κότα. Η καφέ και η κόκκινη ποικιλία της φυλής είναι πιο σπάνιες, ενώ οι υπόλοιπες πιο συνηθισμένες.

Τα κοτόπουλα της φυλής Sussex θεωρούνται έξυπνα και δραστήρια πτηνά, υπάκουη φυλή που μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιοδήποτε περιβάλλον. Προσαρμόζονται επίσης και στις δύο μεθόδους σταβλισμού, είτε είναι σε ελεύθερη

βοσκή είτε σε περιορισμένους χώρους. Επιπρόσθετα είναι άνετα και με την ανθρώπινη παρουσία στο χώρο τους, αν και αναπαράγονται καλύτερα σε μεγαλύτερους χώρους. Τα άτομα της φυλής είναι πιο υποτονικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Είναι σε γενικές γραμμές ανθεκτικά πουλιά για εκτροφή οικοσιτικής μορφής.

Κρέας

Η συγκεκριμένη φυλή δίνει καλό σφάγιο και όλες οι ποικιλίες της φυλής αποτελούν καλή επιλογή για κρεοπαραγωγική εκτροφή. Οι νεοσσοί της φυλής ωριμάζουν γρήγορα σε αντίθεση με την ποικιλία που φέρει στίγματα στο χρωματισμό της. Το σφάγιο είναι μεγαλύτερου μεγέθους απ' τα κοτόπουλα του εμπορίου αλλά έχει κληρονομήσει του κρέατος που παράγονταν στο παρελθόν. Τα κοκοράκια που σφάζονταν σε ηλικία 6 μηνών είχαν πιο σφιχτό κρέας από σημερινά μικρότερα κοτόπουλα κρεοπαραγωγής.

4.2.6. Minorca



Κόκκορας φυλής Minorca

Η Minorca είναι μια φυλή κοτόπουλου που έχει σαν τόπο καταγωγής την Ισπανία. Αυτή η φυλή κατατάσσεται στη Μεσογειακές φυλές από την American Poultry Association. Γεννούν λευκά αυγά. Περιλαμβάνουν ποικιλία χρωμάτων συμπεριλαμβανομένων των κιτρινωπού, μαύρου, λευκού και μπλε. Τα άτομα της ράτσας αυτής ωριμάζουν γρήγορα και το λάλημα αρχίζει νωρίτερα σε σχέση με άλλες φυλές. Οι όρνιθες Minorca παρουσιάζουν ιδιότροπη συμπεριφορά.

Χαρακτηριστικά

Η Minorca είναι η μεγαλύτερη απ' τις μεσογειακές φυλές ορνίθων, με του κόκορες να ζυγίζουν γύρω στα 4,08 Kg και τις όρνιθες γύρω στα 3,40 Kg. Πρόκειται για κύρια εμπορεύσιμα πουλερικά που κάποτε ανήκαν στην ομάδα μεγάλων

κοπαδιών μικτής κατεύθυνσης (για ωοπαραγωγή και κρεοπαραγωγή), όπως η φυλή Leghorn που αποτελούν και τη μικρότερη φυλή αυτής της τάξης (των μεσογειακών φυλών). Τα κοτόπουλα της φυλής συνήθως δεν είναι υποτονικά αλλά αρκετά δραστήρια, μπορούν επίσης να εκπαιδευτούν αν αυτό γίνει συστηματικά ενώ είναι ακόμα νεοσσοί. Το χαρακτηριστικό της ράτσας αυτής είναι το αρκετά μεγάλο λευκό σημάδι που μοιάζει με αυτί και καθιστά τα πτηνά αναγνωρίσιμα από απόσταση. Η φυλή αναπτύχθηκε στην Αγγλία.

5. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΡΕΑΤΟΣ ΚΟΤΟΠΟΥΛΟΥ

5.1 Χημική σύσταση και λειτουργικές ιδιότητες

Στον Πίνακα 4 φαίνεται η χημική σύσταση του κοτόπουλου με ή χωρίς δέρμα.

Πίνακας 4. Χημική σύσταση κρέατος κοτόπουλου με ή χωρίς δέρμα

Παράμετρος	Κρέας κοτόπουλου (με δέρμα)	Κρέας κοτόπουλου (χωρίς δέρμα)
Πρωτεΐνη (%)	19	21
Λίπος (%)	12	3
Υγρασία (%)	66	75
Τέφρα (%)	0,8	0,9
Υδατάνθρακες (%)	0	0
Ασβέστιο (mg/100g)	11	12
Σίδηρος (mg/100g)	0,9	0,9
Νάτριο (mg/100g)	70	77
Χοληστερόλη (mg/100g)	75	70
Ενέργεια (mg/100g)	215	119

Η περιεκτικότητα στα παραπάνω συστατικά διαφέρει στα διάφορα τμήματα του κοτόπουλου (Mead, 1989).

Το κρέας των πουλερικών περιέχει πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας και χαμηλή ποσότητα ενέργειας (Γιαννακόπουλος, 1989). Ο μυϊκός ιστός αποτελεί τροφή πλούσια σε διάφορα αμινοξέα. Η ποσότητα του κάθε αμινοξέος στις πρωτεΐνες του κρέατος του κοτόπουλου φαίνεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Αμινοξέα του κρέατος κοτόπουλου

Αμινοξέα	g / 100g πρωτεϊνών
Αργινίνη*	12,8
Κυστεΐνη	2,6
Ιστιδίνη*	6,2
Ισολευκίνη*	9,5
Λευκίνη*	15,4
Λυσίνη*	18,4
Μεθειονίνη	4,9
Φαινυλαλανίνη*	9,2
Θρεονίνη*	8,5
Θρυπτοφάνη*	2,3
Τυροσίνη	7,2
Βαλίνη*	9,8

*δεν συνθέτονται από τον ανθρώπινο οργανισμό

Η περιεκτικότητα του λίπους κοτόπουλου σε κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι 31-36%, σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα 42-47% και σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα 21-22,4% (Γεωργάκης, 2002).

Ο μυϊκός ιστός του κρέατος κοτόπουλου είναι φτωχός σε βιταμίνες. Το κρέας παρά τη μεγάλη ποσότητα νερού που περιέχει μπορεί να συγκρατήσει και επιπλέον ποσότητα νερού. Το φαινόμενο ονομάζεται 'Ικανότητα Συγκράτησης Ύδατος' (ΙΣΥ) (Water Holding Capacity). Ως ΙΣΥ του κρέατος ή του μυϊκού ιστού ορίζεται η ικανότητά του να δεσμεύει και να συγκρατεί ποσότητα νερού, έστω κι αν ασκηθεί στον μυϊκό ιστό σχετική πίεση ή θέρμανση.

Μια άλλη λειτουργική ιδιότητα του κρέατος είναι το «χυμώδες», που είναι η ικανότητα του κρέατος να δημιουργεί κατά τη μάσηση, την αίσθηση της πληρότητας της στοματικής κοιλότητας με το παχύρρευστο περιεχόμενό του. Το χυμώδες συνδέεται άμεσα με την ΙΣΥ καθώς και με την τρυφερότητα του κρέατος. Η τρυφερότητα του κρέατος σχετίζεται με την αίσθηση του σκληρού ή μαλακού, την αντίσταση που προβάλλει στη μάσηση και την αίσθηση της συνοχής των μυϊκών ινών μεταξύ τους.

Το pH του κρέατος κοτόπουλου έχει τιμή περίπου 7 πριν τη σφαγή. Μετά τη σφαγή το pH του μυϊκού ιστού αρχίζει και ελαττώνεται. Η ελάττωση αυτή οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Μερικοί από αυτούς είναι:

- η παραγωγή του γαλακτικού οξέος από την αναερόβια διάσπαση της γλυκόζης.
- η συσσώρευση του CO₂. Μετά τη σφαγή σταματάει η παραγωγή του CO₂ από το κυκλοφορικό και αναπνευστικό σύστημα, ενώ συνεχίζεται η παραγωγή από τους ιστούς.
- η απελευθέρωση φωσφορικών ιόντων (PO₄)⁻³ (αντίδραση αποφωσφορυλίωσης).

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν την τιμή του pH μετά το θάνατο εξαρτώνται από την ποσότητα του γλυκογόνου στους μύες κατά την σφαγή, τη θερμοκρασία, το βαθμό αφαιμάξης και την περιεκτικότητα του κρέατος σε λιπώδη και συνδετικό ιστό. Η καταπόνηση του ζώου πριν τη θανάτωση έχει σαν αποτέλεσμα την εξάντληση του γλυκογόνου με συνέπεια τη λιγότερη παραγωγή γαλακτικού οξέος και την περιορισμένη πτώση του pH μετά τη σφαγή (Πατσιάς, 2004.)

5.2 Εξωτερική εμφάνιση

Το φυσιολογικό χρώμα μετά τη θανάτωση μπορεί να είναι ανοιχτό ή και σκούρο κόκκινο και οφείλεται στο ποσοστό της μυογλοβίνης και αιμογλοβίνης, που περιέχονται στο κρέας. Η μυογλοβίνη, χημικά, είναι σύνθετη πρωτεΐνη του μυός, παρόμοια με την αιμοσφαιρίνη από άποψη λειτουργικότητας, δεσμεύει δηλαδή το O₂ που απαιτείται για τις ανάγκες του μεταβολισμού. Η πρόσληψη του O₂ από τη μυογλοβίνη, είναι γνωστή σαν οξυγόνωση και έχει σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό της οξυμυογλοβίνης, ζωηρού κόκκινου χρώματος (Βουδούρης και Κοντομηνάς, 1990).

Το χρώμα του δέρματος του κοτόπουλου είναι συνήθως λευκό ή σκούρο και εξαρτάται από το ποσοστό λευκών και ερυθρών μυϊκών ιστών αλλά και από παράγοντες όπως είναι η φυλή του πτηνού, η διατροφή, η θερμοκρασία ζεματισμού κ.α.

5.3 Τεχνολογία παραγωγής κρέατος κοτόπουλου

5.3.1 Παραγωγή κρέατος κοτόπουλου

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται αύξηση της ζήτησης του κρέατος κοτόπουλου σε όλο τον κόσμο. Αυτό έχει σαν συνέπεια την αυτοματοποίηση της παραγωγής καθώς και την αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των μονάδων εκτροφής. Οι σύγχρονες μονάδες σφαγής έχουν τη δυνατότητα να επεξεργάζονται δεκάδες χιλιάδες πτηνά την ημέρα (ΑΣΠ ΠΙΝΔΟΣ, 2005). Με τον τρόπο αυτό παραγωγής βελτιώνεται σημαντικά η υγιεινή και η ασφάλεια των πουλερικών και των προϊόντων τους. Ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα για μεταποίηση και δημιουργία νέων προϊόντων με βάση το κρέας κοτόπουλου.

Ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των κυριότερων σταδίων του σύγχρονου τρόπου σφαγής.

Η διαδικασία της μεταποίησης αρχίζει με την κτηνιατρική επιθεώρηση πριν τη σφαγή των πτηνών. Ακολουθεί ανάρτηση αυτών από τα πόδια σε ειδικά άγκιστρα της μεταφορικής αλυσίδας. Το πρώτο βασικό βήμα είναι η αναισθητοποίηση, η οποία γίνεται με ηλεκτρικό ρεύμα 60-110 V και για περίπου 4 sec σε δεξαμενή με νερό που εμβαπτίζεται το κεφάλι του πτηνού. Ένας άλλος τρόπος είναι η χρήση μίγματος αέρα, CO₂ και NO₂ σε αναλογία 30%, 40% και 30%. Η αναισθητοποίηση αποτελεί πολύ σημαντικό στάδιο στη διαδικασία της μεταποίησης διότι αν δεν γίνει σωστά και λειτουργούν τα αντανακλαστικά του ζώου κατά την αφάιμαξη, είναι πιθανή η αναρρόφηση νερού και η μόλυνση των αναπνευστικών οργάνων. Επόμενο στάδιο είναι η σφαγή, που γίνεται με αποκοπή της καρωτίδας με τη βοήθεια περιστροφικού μαχαιριού. Στο επόμενο στάδιο τα πτηνά εμβαπτίζονται σε δεξαμενή με ζεστό νερό (ζεμάτισμα). Οι θερμοκρασίες δεν ξεπερνούν τους 60 °C γιατί πέρα από την οπτική υποβάθμιση του προϊόντος, υπάρχει και πιθανότητα ελάττωσης της διάρκειας συντήρησης του προϊόντος. Ακολουθεί η αφαίρεση των φτερών (αποπτίλωση) με την βοήθεια μικρών περιστρεφόμενων ελαστικών κώνων και η αποτελεσματικότητα του σταδίου αυτού εξαρτάται από το ζεμάτισμα. Η πιθανή μικροβιακή επιμόλυνση περιορίζεται με τον ψεκασμό χλωριωμένου νερού. Αμέσως μετά αφαιρείται το κεφάλι και απορρίπτεται. Στα επόμενα στάδια ανοίγεται αυτόματα η κοιλιακή χώρα και αφού γίνει επιθεώρηση κάθε πτηνού ξεχωριστά, αφαιρούνται τα εντόσθια και οι πνεύμονες και το πτηνό πλένεται καλά με νερό υπό πίεση εσωτερικά και εξωτερικά. Ο τεμαχισμός γίνεται μηχανικά και ακολουθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα η συσκευασία σε κλιματιζόμενο χώρο (Πατσιάς, 2004).

5.4 Μικροβιολογία του κρέατος

5.4.1 Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Παρακάτω γίνεται σύντομη αναφορά στη μικροχλωρίδα του κρέατος κοτόπουλου όπως διαμορφώνεται στα κυριότερα στάδια σφαγής και τυποποίησης. Οι μικροοργανισμοί ανάλογα με την προέλευσή τους διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: α) σε αυτούς που υπάρχουν φυσιολογικά στο δέρμα του κοτόπουλου, β) σε αυτούς που μπορεί να έχουν μεταφερθεί στα φτερά ή στο δέρμα πριν τη σφαγή αλλά δεν υπάρχουν συνήθως στο δέρμα του κοτόπουλου και γ) σε αυτούς που μπορεί να επιμολύνουν το κρέας κατά τη διάρκεια της σφαγής/επεξεργασίας.

Η επιμόλυνση του κρέατος από βακτήρια γίνεται μέσω:

- κατακράτησης βακτηρίων. Όταν το κρέας έρθει σε επαφή με νερό που έχει υψηλό πληθυσμό βακτηρίων μια λεπτή στοιβάδα νερού κατακρατείται στην επιφάνεια του δέρματος μαζί με τα μικρόβια που περιέχει.
- εγκλωβισμού βακτηρίων. Κατά την επεξεργασία του κρέατος βακτήρια παγιδεύονται σε κοιλότητες που γεμίζουν με νερό. Όσο περισσότεροι τραυματισμοί συμβαίνουν κατά το ζεμάτισμα και την αποπίλωση, τόσο αυξάνεται ο αριθμός των βακτηρίων που μπορεί να εγκλωβιστεί στο σφάγιο.
- προσκόλλησης βακτηρίων. Γίνεται από ορισμένα είδη βακτηρίων που έχουν την ικανότητα να προσκολλούνται στους επιφανειακούς ιστούς του κρέατος. Δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως ο μηχανισμός προσκόλλησης αλλά το ουδέτερο pH, η χαμηλή ιονική ισχύς και η εμβάπτιση σε νερό δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες.

5.4.2 Μικροχλωρίδα που εμπλέκεται στα στάδια τυποποίησης

Τα στάδια της αναισθητοποίησης και της σφαγής δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα την μικροβιολογική ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Κατά το ζεμάτισμα μπορεί να βρεθούν μικροοργανισμοί στο νερό που προέρχονται από πιθανές ακαθαρσίες στο πόδια, τα φτερά το δέρμα και το πεπτικό σύστημα. Συνήθως στην αρχή παρατηρείται μία αύξηση της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (Ο.Μ.Χ.) του νερού, ενώ στη συνέχεια σταθεροποιείται σε τιμή που δεν ξεπερνά την τιμή των 5×10^4 CFU/ml. Η Ο.Μ.Χ. του κοτόπουλου μετά το στάδιο αυτό είναι περίπου 10^4 CFU/cm² δέρματος. Η θερμοκρασία και ο χρόνος ζεματίσματος μπορεί να επηρεάσουν το είδος και τον αριθμό των βακτηρίων. Πιθανή

βελτίωση της μικροβιακής ποιότητας των προϊόντων επιτυγχάνεται με τη χρήση διαδοχικών ανεξάρτητων δεξαμενών.

Κατά την αποπύλωση υπάρχει η πιθανότητα επιμόλυνσης του ενός κοτόπουλου από το άλλο. Για να μειωθεί η πιθανότητα αυτή, γίνεται καταιονισμός με χλωριωμένο νερό.

Η χρήση σύγχρονων μηχανικών συστημάτων κατά την απεντέρωση, έχει περιορίσει σημαντικά τον κίνδυνο της επιμόλυνσης. Ένα κρίσιμο σημείο για την μικροβιολογική ποιότητα του προϊόντος είναι η αυτόματη μεταφορά από τη γραμμή σφαγής στη γραμμή απεντέρωσης και στη συνέχεια στη γραμμή ψύξης. Υπάρχουν δύο τρόποι χειρισμού των εντοσθίων μετά την αφαίρεσή τους από την κοιλιακή χώρα. Ο πρώτος απαιτεί την παραμονή τους στο σφάγιο μέχρι να γίνει επιθεώρηση, ενώ ο δεύτερος απαιτεί την άμεση απομάκρυνσή τους από το υπόλοιπο κρέας. Πιθανολογείται ότι ο δεύτερος επιμολύνει λιγότερο το προϊόν. Πριν την ψύξη του προϊόντος γίνεται πλύσιμο με καθαρό πόσιμο νερό. Έχει αποδειχθεί ότι ο ψεκασμός με νερό στα ενδιάμεσα στάδια είναι αποτελεσματικός για τον περιορισμό των *Enterobacteriaceae* και των *Salmonella spp.*. Ο ψεκασμός ελαττώνει την Ο.Μ.Χ. από 50% έως 90%. Η ελάττωση της Ο.Μ.Χ. μπορεί επίσης να επιτευχθεί και με ταυτόχρονη προσθήκη χλωρίου στο νερό πλυσίματος και στο νερό της δεξαμενής υδρόψυξης (I.C.M.S.F., 2000).

Κατά τον τεμαχισμό και τη συσκευασία υπάρχει η πιθανότητα επιμόλυνσης του κρέατος κοτόπουλου. Η αποφυγή της επιμόλυνσης μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή των κανόνων υγιεινής που αφορούν κυρίως στον εξοπλισμό και στο προσωπικό. Ο αριθμός των ψυχρότροφων βακτηρίων στο τελικό προϊόν είναι καθοριστικός για τον χρόνο διατήρησης του προϊόντος. Σε χώρους συσκευασίας που η θερμοκρασία είναι μικρότερη ή ίση με 15 °C αυξάνεται ο αριθμός των ψυχρότροφων ενώ αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 25 °C παρατηρείται αύξηση του πληθυσμού των μεσόφιλων βακτηρίων (I.C.M.S.F., 2000).

5.4.3 Παθογόνοι μικροοργανισμοί του κοτόπουλου

Οι κυριότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί που ενδέχεται να βρεθούν στα ζωντανά κοτόπουλα ανήκουν συνήθως στα παρακάτω γένη: *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Escherichia spp.*, *Clostridium spp.* και *Listeria spp.* (Bolder, 1998).

5.4.3.1 *Salmonella spp.*

Το γένος *Salmonella* είναι τυπικό μέλος της οικογένειας *Enterobacteriaceae* και αποτελείται από κατά Gram αρνητικά βακτήρια, θετικά στην αντίδραση καταλάσης και αρνητικά στην αντίδραση της οξειδάσης. Μέλη του γένους ευθύνονται για διάφορες ασθένειες που προκαλούνται στον άνθρωπο και στα ζώα.

Το κρέας του κοτόπουλου είναι από τα τρόφιμα που μπορούν εύκολα να επιμολυνθούν από το βακτήριο αυτό. Η πιθανότητα επιμόλυνσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως από τις συνθήκες υγιεινής που επικρατούν στα σφαγεία και κατά τη συσκευασία και μεταφορά. Οι περισσότερες περιπτώσεις επιμόλυνσης κοτόπουλου από *Salmonella spp.*, αναφέρονται σε προϊόντα που δεν μαγειρεύτηκαν ή προϊόντα όπως είναι τα σαλάμια, καθώς είναι γνωστό ότι η *Salmonella* μπορεί να επιζήσει στις συνθήκες ζύμωσης (NRC, 1985).

Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του βακτηρίου στα τρόφιμα είναι η θερμοκρασία, η τιμή του pH, η ενεργότητα νερού, το δυναμικό οξειδοαναγωγής κ.α..

5.4.3.2 *Campylobacter spp.*

Το γένος *Campylobacter* αποτελείται από κατά Gram αρνητικά βακτήρια, μικροαερόφιλα, που απαιτούν για την ανάπτυξή τους οξυγόνο σε ποσοστό 3-15% και διοξείδιο του άνθρακα 3-5%. Τα βακτήρια αυτά είναι υπεύθυνα για τροφογενείς ασθένειες στον άνθρωπο και τα κοτόπουλο αποτελεί την κύρια πηγή τέτοιων λοιμώξεων. Σε αρκετές περιπτώσεις που αναφέρθηκαν δηλητηριάσεις οφείλονταν στο γεγονός ότι το τρόφιμο δεν είχε μαγειρευτεί καλά.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του βακτηρίου είναι η θερμοκρασία, η τιμή του pH, η σύνθεση της ατμόσφαιρας της συσκευασίας και ο ανταγωνισμός με άλλους μικροοργανισμούς (Smibert, 1984).

5.4.3.3 *Staphylococcus spp.*

Το γένος *Staphylococcus* είναι μέλος της οικογένειας των *Micrococcaceae* και ανήκει στα κατά Gram θετικά βακτήρια. Το γένος περιλαμβάνει παραπάνω από 20 είδη, μερικά από τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν τροφογενείς λοιμώξεις, όπως ο *Staphylococcus aureus*. Ο μικροοργανισμός αυτός βρίσκεται στο ωμό κρέας και στα πουλερικά. Πολλά από τα στελέχη προέρχονται από ζώα, χωρίς να αποκλείεται το ενδεχόμενο της προέλευσης από τον ίδιο τον άνθρωπο. Ο *Staphylococcus aureus*

στο ωμό κρέας, βρίσκεται συνήθως σε χαμηλούς πληθυσμούς παρόλα αυτά υψηλοί πληθυσμοί στο ωμό κοτόπουλο μπορεί να οδηγήσουν στην απόρριψή του από την παραγωγή (Dodd et al.,1987)

Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του μικροοργανισμού είναι η θερμοκρασία, το pH, η ενεργότητα νερού, η ατμόσφαιρα, το είδος του τροφίμου καθώς και η ακτινοβολήση.

5.4.3.4 *Clostridium spp.*

Το γένος *Clostridium* αποτελείται από Gram θετικά βακτήρια, αρνητικά στην αντίδραση της καταλάσης βακτήρια, που σχηματίζουν ενδοσπόρια. Έχει βρεθεί ότι η πιθανότητα ύπαρξης και ανάπτυξης του βακτηρίου *Clostridium botulinum* στο κρέας και προϊόντα αυτού, είναι σχετικά χαμηλή (Hauschild και Hilheimer, 1980). Τα προϊόντα τύπου «sous-vide» (προϊόντα που μαγειρεύονται αφού συσκευαστούν σε συνθήκες κενού, για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασίες της τάξεως των 60°C) θεωρούνται καλά υποστρώματα για την ανάπτυξη αυτού του μικροοργανισμού. Επίσης το *Clostridium perfringens* υπάρχει σε χαμηλά ποσοστά στο ωμό κρέας και μαγειρεμένο κρέας.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των *Clostridium* είναι η θερμοκρασία, το pH και η οξύτητα, το NaCl, τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα καθώς και η ατμόσφαιρα.

5.4.3.5 *Escherichia coli*

Ο μικροοργανισμός αυτός ανήκει στην οικογένεια των *Enterobacteriaceae* και έχει όλα τα τυπικά χαρακτηριστικά της οικογένειας αυτής. Σε αντίθεση με τη *Salmonella* και τη *Shigella*, τα περισσότερα είδη της *Escherichia* μεταβολίζουν τη γλυκόζη, παράγοντας οξύ και αέριο. Η *E.coli* είναι το πιο κοινό βακτήριο που βρίσκεται στον εντερικό βλεννογόνο του ανθρώπου αλλά και όλων των θερμόαιμων ζώων. Παρόλα αυτά κάποια στελέχη της *E.coli* έχουν χαρακτηριστεί παθογόνα για τον άνθρωπο, όπως για παράδειγμα η *E.coli* O157:H7, η οποία έχει συσχετιστεί με αρκετά περιστατικά τροφοδολητηριάσεων από την κατανάλωση χοιρινού κρέατος και κοτόπουλου (Doyle και Scoemi, 1987).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της *E.coli* είναι η θερμοκρασία, η ενεργότητα νερού, το pH και η παρουσία άλλων μικροοργανισμών στο ίδιο περιβάλλον.

5.4.3.6 *Listeria spp.*

Το γένος *Listeria* αποτελείται από κατά Gram θετικά βακτήρια, τα οποία σε θερμοκρασία δωματίου παρουσιάζουν χαρακτηριστική στροβιλώδη κίνηση. Ο μικροοργανισμός είναι θετικός στην αντίδραση της καταλάσης και αρνητικός στην αντίδραση της οξειδάσης ενώ μεταβολίζει τη γλυκόζη παράγοντας οξύ αλλά όχι αέριο. Η *Listeria monocytogenes* σχετίζεται με πολλές τροφικές δηλητηριάσεις και θεωρείται παθογόνος μικροοργανισμός για τον άνθρωπο.

Η *Listeria monocytogenes* έχει απομονωθεί από πολλά τρόφιμα (κρέας και πουλερικά, γαλακτοκομικά προϊόντα, λαχανικά και ιχθυρά), γεγονός που αποδεικνύει τόσο την εύκολη διεξόδυση του μικροοργανισμού στην τροφική αλυσίδα όσο και την ικανότητα του βακτηρίου να αναπτύσσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Τα πουλερικά αποτελούν καλή πηγή ανάπτυξης του μικροοργανισμού. Η *Listeria monocytogenes* έχει απομονωθεί σε ποσοστό 57% από φρέσκο και κατεψυγμένο κοτόπουλο (Kwantes και Isaac, 1971) και σε ποσοστό 15% από έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα πουλερικών. Η επιβίωση του μικροοργανισμού στα σφαγεία δικαιολογεί την παρουσία του σε τόσο μεγάλα ποσοστά στο ωμό κρέας. Η *Listeria monocytogenes* παρουσιάζει ανθεκτικότητα στη θέρμανση, με αποτέλεσμα οι συνήθεις συνθήκες μαγειρέματος να μην είναι αρκετές για την καταστροφή του.

Ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζει την ανάπτυξη του βακτηρίου είναι η θερμοκρασία. Η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι 45°C και η βέλτιστη μεταξύ 30 και 37°C (Wilkins et al., 1972). Η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία παρατηρήθηκε ανάπτυξη του βακτηρίου ήταν 1.1°C (Juntilla et al., 1988). Ο μικροοργανισμός έχει απομονωθεί από μοσχάρι και μπιφτέκια που είχαν ψηθεί σε θερμοκρασία 80-85°C, όταν το αρχικό εμβόλιο του βακτηρίου ήταν 10³/g.

Η *Listeria monocytogenes* μπορεί να θανατωθεί με την επίδραση της γ-ακτινοβολίας. Η δόση των 3 kGy έχει προταθεί για την θανάτωση του βακτηρίου στα πουλερικά (Patterson et al., 1993).

Ανάπτυξη του βακτηρίου σε τιμές pH κάτω από την τιμή 5.0 και μέχρι την τιμή 9.2 αποδεικνύουν την ανθεκτικότητά του στις μεταβολές του pH.

Η νισίνη έχει βακτηριοστατική δράση στην *Listeria monocytogenes* καθώς επιμηκώνει τη φάση προσαρμογής για να ακολουθήσει η λογαριθμική φάση.

Η *Listeria monocytogenes* έχει αποδειχθεί αρκετά ανθεκτική σε συγκεντρώσεις 50-80% CO₂ (Ingham et al., 1990).

6. ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

6.1. Όζον

Οι απολυμαντικοί παράγοντες έχουν εκτεταμένα εφαρμοσθεί στη βιομηχανία τροφίμων διασφαλίζοντας την ασφάλεια και την ποιότητά τους. 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). Σύμφωνα με τους Tzortzakis et al. (2007), το όζον είναι κατάλληλο ως αντιμικροβιακό μέσο για τη συνολική γραμμή παραγωγής των τροφίμων (επεξεργασία, εξοπλισμός, απόβλητα) αλλά και για την άμεση απολύμανση αυτών, αφού χρησιμοποιείται για την αποστείρωση της επιφάνειάς τους και την αποστείρωση του πόσιμου νερού.

Η χρήση του όζοντος τόσο στην αέρια όσο και στην υγρή φάση ως αντιμικροβιακός παράγοντας στα τρόφιμα είναι ασφαλής. Το όζον, σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις και σε μικρό χρόνο επαφής, έχει ισχυρή αντιμικροβιακή δράση ενάντια στα βακτήρια, στις ζύμες, στους μύκητες, και στους ιούς. Εξίσου σημαντικό ρόλο για την καταστροφή των μικροοργανισμών από τη δράση του αερίου όζοντος διαδραματίζει η φυσιολογική κατάσταση της 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). Ωστόσο ο ρυθμός αδρανοποίησης είναι μικρότερος σε συστήματα όπου το μέσο περιέχει οργανικές ουσίες που οξειδώνονται εύκολα.

Η εφαρμογή του οζονισμού εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα στη βιομηχανία τροφίμων. Χρησιμοποιείται για τη μείωση του μικροβιακού φορτίου και συνεπώς παίζει σημαντικό ρόλο στην επέκταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Επιπροσθέτως, συμβάλλει στην μείωση του βιολογικά (BOD) και χημικά (COD) απαιτούμενου οξυγόνου στα λύματα (Hovarth et al., 1985). Ακόμη, τα φυτοφάρμακα που τυχόν υπάρχουν στα φρούτα και τα κηπευτικά αποσυντίθενται (Rice et al., 1984).

Ωστόσο, το όζον είναι εξαιρετικά ασταθές. Αυτό αποτελεί μειονέκτημα που έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές, όσον αφορά τη χρήση του ως μέσο απολύμανσης. Επιπλέον, εκτεταμένη χρήση του όζοντος μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση στα συστατικά των τροφίμων. Συγκεκριμένα προκαλεί οξείδωση στην

επιφάνεια του τροφίμου, έχοντας ως αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό και την υποβάθμιση της γεύσης του προϊόντος (Kim et al., 1999).

6.1.1. Χημικές και φυσικές ιδιότητες του όζοντος

Το 1795, ο Ολλανδός πειραματιστής Martinus Van Marum αντιλήφθηκε ότι ο αέρας κοντά σε μια ηλεκτροστατική γεννήτρια, αποκτούσε μια διαφορετική οσμή, όταν η γεννήτρια λειτουργούσε και πραγματοποιούνταν ηλεκτρικές εκκενώσεις. Το 1840, την ίδια οσμή αντιλήφθηκε ο Christian Friedrich Schonbein κατά την ηλεκτρόλυση ύδατος και ονόμασε την εκλυόμενη αέρια ουσία όζον (από την ελληνική λέξη «όζω» που σημαίνει « μυρίζω»). Το 1863 ο Ελβετός χημικός Jacques-Louis Sore απέδειξε ότι το όζον είναι ένα τριατομικό οξυγόνο (O_3) και αυτό επιβεβαιώθηκε από τον Schonbein δυο χρόνια αργότερα (Roger Gurry, 1988).

Είναι αέριο ασταθές, ισχυρά οξειδωτικό, με χαρακτηριστική οσμή και κυανό χρώμα. Το μοριακό του βάρος είναι 48, το σημείο ζέσης $-111,9^{\circ}C$ και το σημείο τήξης $-192,7^{\circ}C$ σε πίεση 1 Atm. Το δυναμικό οξείδωσης του όζοντος είναι υψηλό (2,07 V), συγκρινόμενο με αυτό του υποχλωριώδους οξέος (1,49 V) και της χλωρίνης (1,36 V) (Kim et al., 1999).

Το αέριο όζον σχηματίζεται φυσικά στην στρατόσφαιρα σε μικρές ποσότητες (0,05 mg/lit) μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων. Παράγεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στην επιφάνεια της γης από φωτοχημική αποσύνθεση του μολυσμένου αέρα. Η χαρακτηριστική οσμή του περιγράφεται σαν αυτή « του φρέσκου αέρα μετά από καταιγίδα ». Ο χρόνος ημιζωής του όταν βρίσκεται σε αέρια κατάσταση είναι 12 ώρες. Εν αντιθέσει, στα υδατικά διαλύματα εξαιτίας της καθαρότητας του νερού και των άλλων συστατικών του, ο χρόνος ημιζωής του όζοντος είναι μικρότερος (Rice et al., 1982, Rice, 1986).

Διάφοροι ερευνητές βρήκαν ότι ο χρόνος ημιζωής του όζοντος σε απεσταγμένο νερό στους $20^{\circ}C$ είναι 20-30 λεπτά, ενώ στο πόσιμο νερό είναι 2 έως 4 λεπτά μικρότερος (Khadre et al., 2001). Το όζον είναι το δεύτερο πιο δραστικό οξειδωτικό μέσο (Manley & Niegowski, 1997). Στον **Πίνακα 6** φαίνονται τα οξειδωτικά μέσα και η οξειδωτική τους ισχύς.

Το αέριο όζον είναι μερικώς διαλυτό στο νερό και η διαλυτότητά του αυξάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού (Grimes et al., 1983). Στον

Πίνακα 7 Φαίνεται η σχέση θερμοκρασίας και διαλυτότητας του όζοντος σε υδατικό διάλυμα (Rice et al., 1981).

Πίνακας 6. Οξειδωτικά μέσα και η οξειδωτική τους ισχύς.

ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (mV)
Φθόριο (F)	3,07
Όζον (O ₃)	2,07
Υπερμαγγανικό ιόν (MnO ₄ ⁻)	1,67
Διοξείδιο του χλωρίου (ClO ₂)	1,50
Υποχλωριώδες οξύ (HClO)	1,49
Αέριο χλώριο (Cl)	1,36

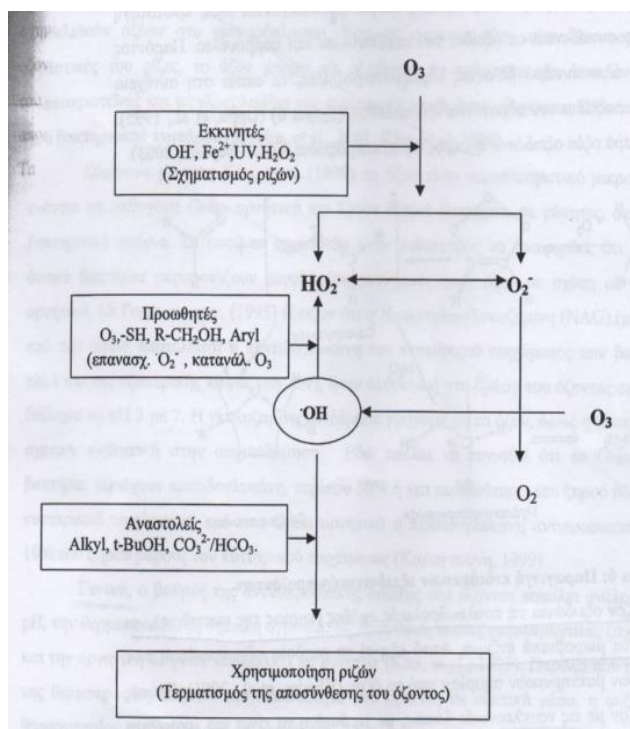
Η ταχύτητα αποικοδόμησής του αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (Rice et al., 1981). Το όζον σε κανονική θερμοκρασία έχει μπλε χρώμα αλλά στις συγκεντρώσεις που συνήθως παράγεται δεν είναι αντιληπτό. Στους -112 °C, το όζον συμπυκνώνεται σε σκούρο μπλε υγρό (Oehlschlaeger, 1978).

Πίνακας 7. Σχέση θερμοκρασίας και διαλυτότητας του όζοντος σε υδατικό διάλυμα.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (° C)	ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ (L O ₃ / L ΝΕΡΟΥ)
0	0,640
15	0,456
27	0,270
40	0,112
60	0,000

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

ρίζων. Συγκεκριμένα η αποικοδόμηση του όζοντος περιλαμβάνει αντιδράσεις έναρξης, διάδοσης και τερματισμού όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1**.



Σχήμα 1. Αντιδράσεις διάσπασης του όζοντος (Καρακώστα, 2010).

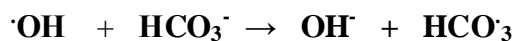
A) Κατά την έναρξη σχηματίζονται ελεύθερες ρίζες, όπως το ανιόν του υπεροξειδίου ($\cdot\text{O}_2^-$) και η ρίζα του υδροϋπεροξειδίου ($\cdot\text{HO}_2$). Ο σχηματισμός αυτών των ριζών οδηγεί στη δημιουργία της ρίζας υδροξυλίου ($\cdot\text{HO}$) που είναι ένα πολύ ενεργό ιόν.

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



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

Π.χ.:

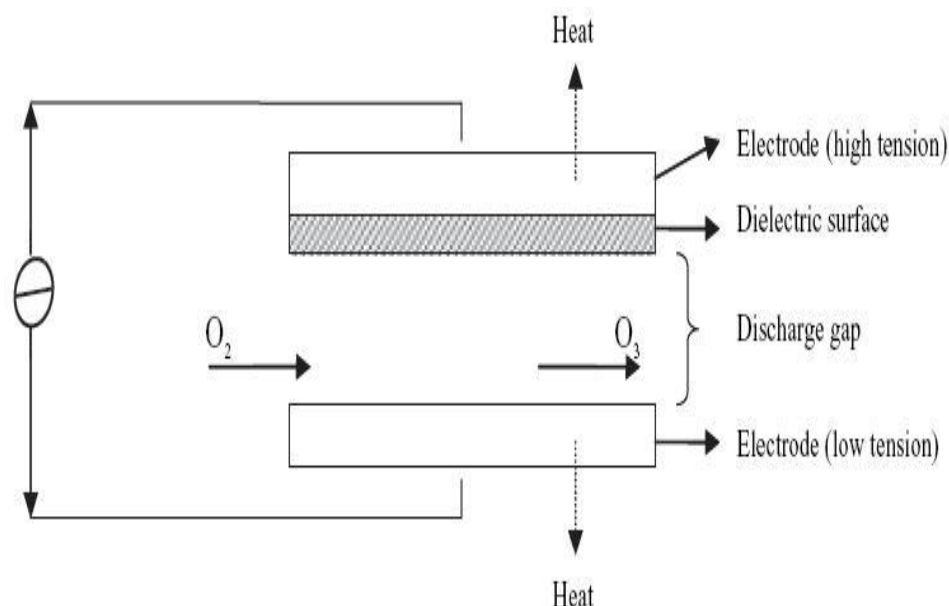


6.1.2 Παρασκευή όζοντος

Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στο οξυγόνο, το όζον σχηματίζεται φυσιολογικά στην στρατόσφαιρα σε μικρές ποσότητες. Στην τροπόσφαιρα υπάρχει ως παραπροϊόν της φωτοχημικής αντίδρασης μεταξύ υδρογονανθράκων, οξυγόνου και αζώτου που εκλύονται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, τα δάση, τις βιομηχανίες και τα ηφαίστεια (Hovarth et al., 1985).

Στην βιομηχανία, το όζον παράγεται συνήθως στο σημείο εφαρμογής και σε κλειστά συστήματα. Η παραγωγή του συνήθως γίνεται σε μικρές συγκεντρώσεις (0,03 ppm) από το οξυγόνο του αέρα με ακτινοβολήση η οποία εκπέμπεται από λάμπες UV, σε μήκος κύματος 185nm.

Η μέθοδος της ηλεκτρικής εκκένωσης (corona discharge method) χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων όζοντος (**Σχήμα 2**). Το όζον μπορεί επίσης να παραχθεί με χημικές, θερμικές, χημειοπυρηνικές και ηλεκτρολυτικές μεθόδους (Jin-Gab et al.,1999) .



Σχήμα 2. Μέθοδος ηλεκτρικής εκκένωσης (corona discharge method).



Εικόνα 1. Πειραματική διάταξη οζονισμού.

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

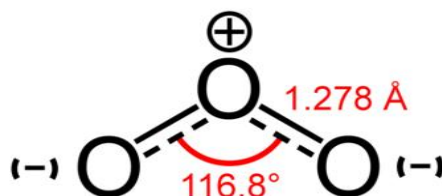
Στη φωτοχημική μέθοδο, το όζον παράγεται σε μικρές συγκεντρώσεις (0,03 ppm) από το οξυγόνο του αέρα με ακτινοβολία UV, η οποία παράγεται από υψηλής εκπομπής λάμπες, σε μήκος κύματος 185 nm. Εξαιτίας της μικρής απόδοσης, η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται συχνά (Langlais et al., 1990).

Στη ραδιοχημική μέθοδο, το όζον παράγεται με ακτινοβολία του οξυγόνου μέσω ραδιενεργών ακτίνων. Η μέθοδος είναι ιδιαίτερος πολύπλοκη και δεν χρησιμοποιείται ευρέως (Manley & Niegowski, 1967).

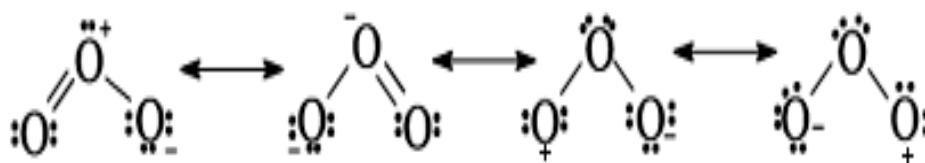
Στην ηλεκτρολυτική μέθοδο, το όζον σχηματίζεται από την ηλεκτρόλυση του θειϊκού οξέος. Η μέθοδος προκαλεί διάβρωση στα ηλεκτρόδια και χρειάζεται ειδικούς ηλεκτρολύτες ή νερό με χαμηλή ειδική αγωγιμότητα. Ωστόσο, δεν απαιτείται καμιά προετοιμασία στην τροφοδότηση του αερίου και γίνεται χρήση χαμηλού δυναμικού ρεύματος (Langlais et al., 1990).

6.1.3 Μηχανισμός δράσης

Το μόριο του όζοντος αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Το κεντρικό άτομο ισαπέχει από τα άλλα δυο άτομα οξυγόνου σχηματίζοντας γωνία $116^{\circ}49'$. Το μήκος του δεσμού είναι $1,278 \text{ \AA}$ (Oehlschlaeger, 1978).



Το όζον είναι ένα ασταθές μόριο. Οι δομές συντονισμού του όζοντος φαίνονται στο **Σχήμα 3**.



Σχήμα 3. Δομές συντονισμού στο όζον.

Το τρίτο άτομο οξυγόνου είναι χαλαρά δεσμευμένο και μπορεί εύκολα να αποσπασθεί από το μόριο. Αποδεσμευόμενο αντιδρά με άλλα μόρια. Η φυσική αποσύνθεση του όζοντος είναι μια λειτουργία του ασθενούς δεσμού στο τρίτο άτομο οξυγόνου. Όλη αυτή η διαδικασία δημιουργεί ένα ισχυρά δραστικό οξειδωτικό σύστημα (Hovarth et al., 1985).

Οι αντιδράσεις του μοριακού όζοντος αφορούν κυρίως τις ακόρεστες αρωματικές και αλειφατικές ενώσεις. Το όζον επιδρά στις ολεφίνες και τις οξειδώνει σχηματίζοντας κυκλικές προσθήκες στους διπλούς δεσμούς (Uppu et al., 1999). Ακόμη, οξειδώνει τις σουλφρυδρυλικές ομάδες (κυρίως της κυστεΐνης), οι οποίες χαρακτηρίζουν τα μικροβιακά ένζυμα (Khadre et al., 2001). Επιπλέον, αντιδρά γρήγορα με τις **νουκλεϊνικές** βάσεις, απελευθερώνοντας υδρογονάνθρακες και φωσφορικά ιόντα. Αντίθετα, το όζον αντιδρά σχετικά αργά με τους πολυσακχαρίτες και τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (Kim et al., 1999).

Το όζον δρα οξειδώνοντας και καταστρέφοντας τις οργανικές και τις ανόργανες ενώσεις των δομικών συστατικών (μορφές σιδήρου και μαγγανίου, μέταλλα) καθώς και τους μικροοργανισμούς με τους οποίους έρχεται σε επαφή. Επιπροσθέτως, το όζον είναι αποτελεσματικό στην εξουδετέρωση φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων και υπολειμμάτων φυσικών ενζύμων (Kim et al., 1999).

6.1.4. Αντιμικροβιακή δράση

Η αντιμικροβιακή δράση του όζοντος είναι ιδιαίτερα σημαντική στη βιομηχανία τροφίμων. Το όζον είναι ένας ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απολύμανση. Υπερισχύει έναντι άλλων οξειδωτικών παραγόντων αφού η δράση του απαιτεί χαμηλές συγκεντρώσεις και μικρότερο χρόνο επαφής (Bader & Hoine, 1982).

Οι μικροβιολογικές επιπτώσεις του όζοντος έχουν μελετηθεί και τεκμηριωθεί σε μια ευρεία ποικιλία μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων καθώς και των σπορίων και των βλαστικών κυττάρων (Hemphill & Palnikar, 1995). Οι Restaino et al. (1995) επίσης διερεύνησαν τις αντιμικροβιακές επιπτώσεις του οζονισμένου νερού εναντίον μικροοργανισμών συνδεδεμένων με τα τρόφιμα και προσδιόρισαν ότι το όζον κατέστρεψε αποτελεσματικά τόσο θετικά κατά Gram βακτήρια όπως *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, όσο και αρνητικά κατά Gram βακτήρια όπως *Pseudomonas aeruginosa* και *Yersinia enterocolitica*. Οι Restaino et al. (1995) επίσης προσδιόρισαν ότι το όζον καταστρέφει τους ζυμομύκητες *Candida albicans* και *Zygosaccharomyces bacilli* από σπόρια *Aspergillus niger*. Το όζον έχει αποδειχθεί ότι καταστρέφει μια ευρεία ποικιλία ιών συμπεριλαμβανομένων των *hepatitis A*, *influenza A*, *vesicular stomatitis virus* καθώς και μερικά στελέχη βακτηριοφάγων.

Στον **Πίνακα 8** παρατίθενται ορισμένες προτεινόμενες συγκεντρώσεις όζοντος που απαιτούνται για την καταστροφή ορισμένων μικροοργανισμών σε διάφορα τρόφιμα (Muthukumarappan et al., 2000).

Πίνακας 8. Εφαρμογή όζοντος στη βιομηχανία τροφίμων ως αντιμικροβιακός παράγοντας.

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/Scerotinia 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/B. thermospacta/</i> <i>L. plantarum/Shewanella</i> <i>putrefaciens/Enterobacter sp.</i> <i>Enterococcus seriolicida</i> <i>Pasteurella piscicida/Vibrio</i> <i>Anguillarum</i>
Πουλερικά	0,2–0,4 mg/L	<i>Salmonella sp./Enterobacteriaceae</i>
Καλαμπόκι	1,4 ml/L	<i>E.coli/Salmonella typhimurium</i>
Νερό	0,35 mg/L	<i>A. hydrophila/ B. subtilis/E. coli/</i> <i>V. cholerae/P. aeruginosa/</i> <i>L. monocytogenes/Salm. typhi/</i> <i>Staph. aureus/Y. Enterocolitica</i>

Ο βαθμός της αντιμικροβιακής δράσης του όζοντος ποικίλει ανάλογα με:

1. Το pH του μέσου

Η σταθερότητα του υδάτινου όζοντος αυξάνεται με τη μείωση του pH. Οι Hewes et al. (1973), υποστηρίζουν ότι σε υψηλό pH το όζον διασπάται εξαιτίας της καταλυτικής δράσης του υδροξυλιόντος.

2. Τη θερμοκρασία

Μείωση της θερμοκρασίας σε υδατικά μέσα οδηγεί στην αύξηση της διαλυτότητας του όζοντος. Αντίθετα, η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει την διάσπασή του (Katzenelson et al., 1974).

3. Την υγρασία

Σύμφωνα με τους Kim et al. (1999), σε χαμηλά επίπεδα όζοντος και σε επίπεδο σχετικής υγρασίας μικρότερο του 45%, το όζον δεν έδειξε ιδιαίτερη μικροβιοκτόνο δράση. Εν αντιθέσει, η αύξηση της σχετικής υγρασίας οδήγησε σε σημαντική μείωση του αριθμού των βακτηρίων.

4. Τα πρόσθετα

Οι διαλυτές ουσίες που βρίσκονται στο νερό επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό της αλυσιδωτής αντίδρασης ριζών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αποσύνθεση του όζοντος (Sehested et al., 1987).

6.1.5. Όζον και πόσιμο νερό

Η επεξεργασία νερού και λυμάτων με αέριο όζον (O_3), κερδίζει συνεχώς έδαφος τα τελευταία 20 χρόνια, ειδικότερα στις βιομηχανικές εφαρμογές, αντικαθιστώντας σταδιακά και σταθερά το χλώριο (Guzel - Seydim et al., 2003). Το όζον αποτελεί φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία απολύμανσης, καθώς μειώνει το περιβαλλοντικό κόστος της εταιρείας που το παράγει (Pascual et al., 2007). Η διαδεδομένη χρήση της χλωρίνης ως απολυμαντικό αναθεωρείται καθώς η χλωρίνη αντιδρά με την οργανική ύλη και μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό τοξικών ή καρκινογόνων χλωριωμένων οργανικών ενώσεων στο νερό (Kim et al., 1999).

Η γενοκτόνος δράση του όζοντος για την καταστροφή των κυτταρικών δομών ακόμη και στην περίπτωση των ιών, απαιτεί υπολειμματικές συγκεντρώσεις μεταξύ 0,2 και 0,5 mg/L, με χρόνο επαφής 6 min (4 min στο καθαρό νερό), ενώ η συνήθης δοσολογία είναι περίπου 5 mg/L. Αντίστοιχα αποτελεσματική είναι και η χρήση όζοντος για την απολύμανση του πόσιμου νερού, κάτι το οποίο εφαρμόζεται στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Το όζον χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό εμφιαλωμένων νερών, υδάτων δικτύων υδραγωγών αλλά και υδάτων ιδιωτικών αρτεσιανών πηγαδιών. Τα αποτελέσματα είναι θεαματικά στην εξάλειψη μικροβίων, ιών, μυκήτων, υπολειμμάτων, βαρέων μετάλλων και υποχλωριωδών (White et al., 1999).

Η επεξεργασία του πόσιμου νερού με όζον έδειξε ότι ήταν πολύ αποτελεσματικό ενάντια στα σπόρια του *Bacillus subtilis*. Παρατηρήθηκε ότι 0,35 mg/L δόση όζοντος ήταν αρκετή για να προκαλέσει μείωση τουλάχιστον 5 log στους πληθυσμούς *E.coli*, *Vibrio cholera*, *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*, *Listeria monocytogenes* και

Staphylococcus aureus. Αντίθετα, με δόση 0,50 mg/L χλωρίου η μείωση ήταν αρκετά μικρότερη για τους ίδιους μικροοργανισμούς και μόνο με δόση 2 mg/L τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με αυτά του όζοντος (Foegeding, 1985).

Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα πλύσης που χρησιμοποιούν χλώριο, τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από μια επεξεργασία με όζον δεν περιλαμβάνουν χημικά υπολείμματα. Αυτό συντελεί στην προστασία του περιβάλλοντος από τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων (Kim et al., 1999). Επιπροσθέτως, το όζον στο νερό μπορεί να μειώσει τα υπολείμματα των φυτοφαρμάκων (Nickols & Varas, 1992) και τις μυκοτοξίνες (Mckenzie et al., 1997).

Στον **Πίνακα 9** γίνεται σύγκριση υποχλωριωδών και όζοντος στο νερό.

Πίνακας 9. Σύγκριση χρήσης υποχλωριωδών και όζοντος στο νερό (2003 PROCEEDINGS, Organic certification in the United States and Europe WSU—TFREC POSTHARVEST INFORMATION NETWORK).

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΥΠΟΧΛΩΡΙΩΔΗ	ΟΖΟΝ
Μικροβιακή δραστηριότητα	Αποτελεσματική θανάτωση φυτικών παθογόνων και μικροβιακών σαπροφυτικών. Μερικά παθογόνα για τον άνθρωπο, σπορογόνα πρωτόζωα είναι ανθεκτικά. Μέγιστο επιτρεπτό όριο σύμφωνα με τους κανονισμούς.	Αποτελεσματική θανάτωση φυτικών παθογόνων και μικροβιακών σαπροφυτικών, συμπεριλαμβανομένων σπορογόνων πρωτόζωων. Μέγιστο όριο, εξαρτάται από τη διαλυτότητα, δεν υπερβαίνει τα 10 µg/mL.
Κόστος	Χαμηλό χημικό κόστος. Απαιτείται συνεχής παροχή, μερικές φορές απαιτείται σύστημα ρύθμισης συγκέντρωσης και pH, μικρό κόστος συντήρησης, αποθήκευσης και ενέργειας. Απαιτείται νερό χαμηλής ποιότητας.	Δεν υπάρχει χημικό κόστος. Μεγάλο κόστος εξοπλισμού,(γεννήτρια, συστήματα φιλτραρίσματος), εγκαταστάσεων, υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις για την γεννήτρια. Απαιτείται υψηλής ποιότητας καθαρό νερό με μικρό οξειδοαναγωγικό δυναμικό.
Επίδραση pH	Μειωμένη δραστηριότητα όσο	Η δραστηριότητα δεν επηρεάζεται

	αυξάνεται το pH, πάνω από 8 μπορεί να χρειαστεί ρυθμιστής pH. Το αέριο χλώριο απελευθερώνεται σε πολύ χαμηλό pH (4 ή λιγότερο).	πολύ από το pH αλλά η αποικοδόμηση του όζοντος επιταχύνεται σε pH πάνω από 8.
Απολύμανση παραπροϊόντων	Παρατηρείται κάποια ανησυχία. Αλογονωμένα συστατικά, κυρίως χλωροφόρμιο, που αποτελούν πρόβλημα για την ανθρώπινη ασφάλεια.	Παρατηρείται μικρότερη ανησυχία. Μικρή αύξηση αλδεϋδών, κετονών, αλκοολών και καρβοξυλικών οξέων που σχηματίζονται από οργανική ύλη, βρωμικό ιόν μπορεί να σχηματιστεί από βρώμιο.
Ασφάλεια	Μπορεί να σχηματιστούν χλωραμίνες και να παραχθούν επιβλαβή αέρια. Το αέριο χλώριο έχει όριο ασφαλείας OSHA (TWA) 1 μg/mL.	Η απώλεια αερίου όζοντος μπορεί να ελεγχθεί με MnO ₂ που αποικοδομεί το όζον. Έχει όριο ασφαλείας OSHA (TWA) 0.1 ppm.
Σταθερότητα στο νερό	Παραμένει σταθερό για ώρες σε καθαρό νερό, σε ακάθαρτο νερό παραμένει σταθερό για λίγα λεπτά.	Παραμένει σταθερό για μερικά λεπτά σε καθαρό νερό, σε ακάθαρτο νερό παραμένει σταθερό για λίγα δευτερόλεπτα.
Όρια χρήσης	Σύμφωνα με τους κανονισμούς τα όρια είναι 25 με 600 μg/mL, αλλά εξαρτώνται από τη χρήση.	Δεν υπάρχει κανονισμός για επιτρεπτά όρια αλλά σύμφωνα με τον νόμο του Henry τα θεωρητικά ανώτατα όρια όζοντος στο νερό είναι περίπου 30 ppm (mg/L) στους 20 °C. Τα περισσότερα συστήματα παράγουν 5 mg/L ή λιγότερο.
Χρήση σε θερμό νερό	Αυξάνεται η δραστηριότητα, μερική αύξηση των ατμών.	Σταδιακή αποικοδόμηση, αύξηση απώλειας αερίου, μείωση διαλυτότητας O ₃ .
Επίδραση στην ποιότητα των προϊόντων	Μικρή πιθανότητα πρόκλησης ζημίας σε τιμές 200 μg/mL ή χαμηλότερες.	Στο νερό και σε μικρές συγκεντρώσεις μικρή πιθανότητα ζημίας σε εσπεριδοειδή, αλλά χρειάζεται περισσότερη προσοχή.

Επίδραση στην ποιότητα του νερού	Μικρή αρνητική επίδραση: η συγκέντρωση των αλάτων του νερού αυξάνεται σε κάποιο βαθμό, μπορεί μαζί με διάφορες ζυμώσεις να μειωθεί το βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο, αδρανοποιούνται κάποια φυτοφάρμακα, μπορεί να χρειαστεί απομάκρυνση χλωρίου.	Κυρίως θετική επίδραση: Δεν αυξάνονται τα άλατα στο νερό, πολλά φυτοφάρμακα αποικοδομούνται, μπορεί να μειωθεί το βιολογικά/χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, η κροκίδωση και η σταθερότητα ορισμένων οργανικών συστατικών ενισχύεται, καθίζηση σιδήρου, απομάκρυνση χρωστικών και οσμών.
Διαβρωτικότητα	Υψηλή, κυρίως ο σίδηρος και λιγότερο το ατσάλι καταστρέφονται.	Υψηλότερη, κυρίως σε πλαστικά, μέταλλα, αλουμίνια, σίδηρο, ψευδάργυρο και λιγότερο στο ατσάλι.

6.1.6. Χρήση του όζοντος στη βιομηχανία τροφίμων

Ο οζονισμός χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια στην Ευρώπη για την απολύμανση του προς κατανάλωση νερού. Άλλες χρήσεις του όζοντος είναι η απολύμανση εμφιαλωμένων νερών, νερών σε πισίνες και απόνερων (Rice et al., 1981, Legeron, 1982, Echols & Mayne, 1990, Costerton, 1994, Videll et al., 1995, Strittmatter et al., 1996). Στις Ηνωμένες Πολιτείες η χρήση του δεν είναι ευρέως διαδεδομένη, παρόλα αυτά ο FDA (Food and Drug Administration), αναγνώρισε το 1982 την χρήση όζοντος ως ασφαλή μέθοδο απολύμανσης εμφιαλωμένων νερών. Η χρήση του όζοντος έγινε αποδεκτή από το αρμόδιο Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών για την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των νερών που χρησιμοποιείται για την ψύξη των πουλερικών το 1997. Μετά από ένα χρόνο μία ομάδα επιστημόνων μελετώντας το όζον, αναγνώρισε την χρήση όζοντος ως ασφαλή μέθοδο απολύμανσης και αποστείρωσης των τροφίμων όταν η χρήση γίνεται σε συμφωνία με τις διαδικασίες επεξεργασίας. Έτσι, το όζον έχει γίνει δεκτό ως μέθοδος αποστείρωσης και απολύμανσης στα τρόφιμα και στην επεξεργασία των τροφίμων (USDA, 1997).

Έχουν προταθεί αρκετές εφαρμογές του όζοντος στην βιομηχανία τροφίμων όπως, η απολύμανση επιφανειών επεξεργασίας των τροφίμων, απολύμανση του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, στην επαναχρησιμοποίηση των απόνερων, την

μείωση του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) που χρησιμοποιείται από τους ενυπάρχοντες μικροοργανισμούς για την διάσπαση οργανικής ύλης δείγματος ύδατος και αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητάς του σε ορισμένους τύπους οργανικών ρυπαντών (Rice et al., 1982, Guzel-Seydmin, 1996, Majchrowicz, 1998, Dosti, 1998). Το όζον δεν χρησιμοποιείται ευρέως ακόμη στην βιομηχανία τροφίμων.

Η χρήση του όζοντος ως ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας, έχει αρκετά πλεονεκτήματα στην βιομηχανία και στην βιομηχανία τροφίμων. Μειώνει, το μικροβιακό φορτίο, τα οργανικά τοξικά συστατικά, το χημικά και βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο. Το όζον μετατρέπει πολλές μη βιοδιασπούμενες ουσίες σε βιοδιασπούμενες (Hovarth et al., 1985).

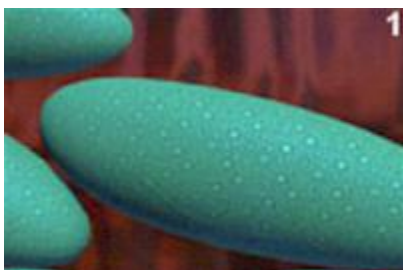
Τα νωπά φρούτα και λαχανικά πλένονται πρώτα με οξονοποιημένο νερό και το νερό πλύσης μπορεί να συλλεχθεί εκ νέου και να επεξεργαστεί με συνδυασμό οξονοποίησης και φιλτραρίσματος. Δυο τύποι συστημάτων πλύσης χρησιμοποιούνται για την μείωση του μικροβιακού πληθυσμού στην επιφάνεια του τροφίμου: ο ψεκασμός και η χρήση τεχνητού καναλιού (πειραματικής σήραγγας). Το επεξεργασμένο νερό πλύσης είναι ελεύθερο από βακτήρια, χρώμα και στερεά αιωρούμενα σωματίδια και μπορεί να ανακυκλωθεί για να μειωθεί η χρήση νερού. Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα πλύσης που χρησιμοποιούν χλώριο, τα υγρά απόβλητα που εκκενώνονται από μια επεξεργασία με όζον είναι ελεύθερα από χημικά υπολείμματα. Αυτό παίζει ιδιαίτερο ρόλο όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος και την μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Το όζον καταστρέφει επίσης τα παρασιτοκτόνα και τα χημικά υπολείμματα, όπως τα χλωριωμένα παραπροϊόντα. (Jin Gab et al., 1999).

6.1.7. Σημασία του όζοντος για την υγιεινή των τροφίμων

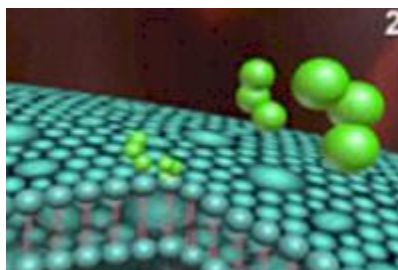
- **Καταστροφή ιών και βακτηριδίων**

Οι εικόνες δείχνουν πώς το όζον καταστρέφει τους μικροοργανισμούς. Η έκταση αυτής της απολύμανσης εξαρτάται από το βαθμό πυκνότητας του όζοντος και το χρόνο επαφής του με τον μικροοργανισμό. Τα βακτηρίδια είναι τα πιο 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

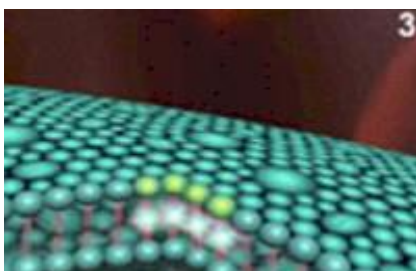
καταστρέφεται ακόμα πιο εύκολα. Οι ιοί είναι ανθεκτικότεροι από τα βακτηρίδια, αλλά και αυτοί πάλι οξειδώνονται μέσα σε σύντομο χρόνο και με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος.



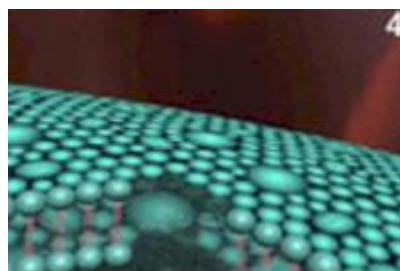
Βακτηρίδια σε διάλυμα



Μόρια όζοντος πλησιάζουν ένα βακτηρίδιο.



Οι ελεύθερες ρίζες διεισδύουν στα τοιχώματα. Δημιουργία οπής στα τοιχώματα του κυττάρου.



Το κύτταρο αρχίζει να χάνει τη συνοχή του.



Καταστροφή του κυττάρου (κυτταρόλυση).

- **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 ορισμένες 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.

- **Οξείδωση ανόργανων ουσιών**

Το όζον οξειδώνει ταχύτατα και αποτελεσματικά πολλές ανόργανες συνθέσεις παράγοντας αβλαβή υποπροϊόντα. Μερικά παραδείγματα: Στην περίπτωση του σιδήρου, του μαγγανίου και αρκετών συνθέσεων 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.

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.

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.

Σύμφωνα με τους Sheldon & Brown (1986), χρησιμοποιήθηκε υδατικό διάλυμα όζοντος, συγκέντρωσης 3 έως $4,5 \text{ ppm}$ 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 οξειδωση στα λίπη, στην ανάπτυξη οσμών και στην αλλαγή του χρώματος.

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.

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 εκσπλαγισμένων 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.

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.

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 οξονισμένου φρέσκου μυδιού συσκευασμένου σε κενό παρατηρήθηκε από τους Manousaridis et al. (2005). Η συγκέντρωση όζοντος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1 mg/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 οξονισμένων μυδιών για χρόνο 90 λεπτών αυξήθηκε κατά 3 ημέρες σε σχέση με αυτόν του μάρτυρα.

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 οξονισμού η ανάπτυξη των μυκήτων αυξήθηκε (Gibson 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 οξειδωση του λίπους, κάτι που δεν ίσχυε σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όζοντος.

Οι Naitoh & Shiga (1989), ανέφεραν ότι η ταυτόχρονη κατεργασία με μίγμα οξονισμένου αέρα (0,02-0,2 ppm) και οξονισμένου 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 0-1⁰C, σχετικής υγρασίας 90-95% όπου διοχετεύονταν 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 οξειδωση 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 10⁵ (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 2⁰C. 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 14⁰C 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 οξειδωσε 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 οξειδωση στα πτητικά του έλαια, προτάθηκε ως μέθοδος για τη βιομηχανική του επεξεργασία (Zhao & Cranston, 1995).

6.1.8. Τοξικότητα

Παρά το γεγονός πως το όζον έχει ευχάριστη οσμή σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ωστόσο, συγκέντρωση 0,1mg/L είναι δυσάρεστη σε όλους τους ανθρώπους εξαιτίας του ερεθισμού της μύτης, του λαιμού και των ματιών. Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί την παρουσία όζοντος σε συγκεντρώσεις από 0,02 έως 0,04 mg/L, ενώ εκτεταμένη έκθεση σε συγκεντρώσεις 1000 mg/L ή μεγαλύτερες μπορεί να

προκαλέσει τον θάνατο. Ακόμη έκθεση σε συγκεντρώσεις, 2, 4, 15 και 95 ppm για μία ώρα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση άλλων συμπτωμάτων, ερεθισμό, τοξική δράση ή θάνατο αντίστοιχα. Οι τοξικές επιδράσεις του εισπνεόμενου όζοντος εκδηλώνονται στους πνεύμονες. Επιπλέον, το όζον προκαλεί πονοκέφαλο, ζαλάδα, καυστικότητα στα μάτια και στο λαιμό, βήχα και πικρή γεύση. Επιπροσθέτως, τα συμπτώματα από τη χρόνια έκθεση στο όζον είναι αδυναμία, απώλεια μνήμης, βρογχίτιδα και μυϊκός ερεθισμός (Hoof, 1982).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση στο όζον είναι 0,1 ppm για περίοδο 8 ωρών δουλειάς (Kim et al., 1999). Η υπόθεση πως το όζον προκαλεί μετάλλαξη ή καρκινογένεση στους ανθρώπους μπορεί να τεθεί υπό αμφισβήτηση εφόσον αυτή στηρίζεται κυρίως στις πληροφορίες του βιοχημικού μηχανισμού της τοξικότητας του όζοντος και στις έρευνες *in vitro* και σε πειραματόζωα (Jin-Gab et al., 1999).

7. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ (Α.Ε.)

Τα αιθέρια έλαια (Α.Ε.) είναι αρωματικές ελαιώδεις ουσίες που προέρχονται από φυτά (λουλούδια, μπουμπούκια, σπόρους, κλαράκια, φλοιούς, βότανα, δένδρα, φρούτα και ρίζες). Τα Α.Ε. εξάγονται από τα φυτά με φυσικές και χημικές μεθόδους όπως το στύψιμο, η ζύμωση, η εκχύλιση και η απόσταξη με υδρατμούς. Η τελευταία αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο για τη βιομηχανική παραγωγή τους. Ο όρος ‘αιθέριο έλαιο’ χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά τον 16^ο αιώνα από τον Σουηδό Ιατρό Paracelsus Von Hohenheim ο οποίος ονόμασε το δραστικό συστατικό ενός φαρμάκου, Quinta essential (Burt, 2004).

Παρόλο που ο όρος ‘αιθέριο έλαιο’ έχει πια καθιερωθεί, μπορεί να θεωρηθεί παραπλανητικός δεδομένου ότι δεν πρόκειται για έλαια (δηλαδή μίγματα τριγλυκεριδίων) αλλά για τερπενικές ουσίες μικρού μοριακού βάρους. Αιθέρια ονομάστηκαν γιατί είναι πτητικά, όπως ο αιθέρας και έλαια γιατί είναι λιπαρά στην αφή και επιπλέουν στο νερό. Τα Α.Ε. και τα συστατικά τους έχουν αποδειχθεί ότι έχουν αντιμικροβιακή, αντιμυκητιακή, αντιτοξική, αντιοξειδωτική, αντιπαρασιτική και εντομοκτόνα δράση (Burt, 2004).

7.1 Σύσταση των Α.Ε.

Τα αιθέρια έλαια είναι πολυσύνθετα μίγματα οργανικών ουσιών, η σύνθεση των οποίων διαφέρει αισθητά στα διάφορα είδη ή και ποικιλίες φυτών. Ο προσδιορισμός

των συστατικών έχει μεγάλη σημασία γιατί από την παρουσία και την ποσότητά τους εξαρτάται κυρίως η ποιότητα των αιθέριων ελαίων. Τα συστατικά των αιθέριων ελαίων διακρίνονται σε δύο μεγάλες ομάδες, ως εξής (Panou-Philotheou, 1999):

A. Μη οξυγονούχα συστατικά

Υδρογονάνθρακες: Αλειφατικοί ή ανοιχτής αλυσίδας, αρωματικοί, κυκλικά τερπένια (μονοτερπένια), σεσκιτερπένια, διτερπένια, αζουλένια (παράγωγα του ναφθαλινίου).

B. Οξυγονούχα συστατικά

Παράγωγα ανώτερων υδρογονανθράκων

Αλκοόλες: Ο αριθμός και η ποσότητα αυτών σε κάθε αιθέριο έλαιο είναι παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στην καλή ποιότητα αυτού.

α) αλειφατικές ή ανοιχτής αλυσίδας, β) κυκλικές τερπενικές: μονοκυκλικές, δικυκλικές και τρικυκλικές, γ) σεσκιτερπενικές, δ) αρωματικές.

Αλδεΐδες: αλειφατικές ή ανοιχτής αλυσίδας, κυκλικές τερπενικές, αρωματικές, ετεροκυκλικές.

Κετόνες: αλειφατικές ή ανοιχτής αλυσίδας, κυκλικές τερπενικές, σεσκιτερπενικές, αρωματικές, άλλες κετόνες.

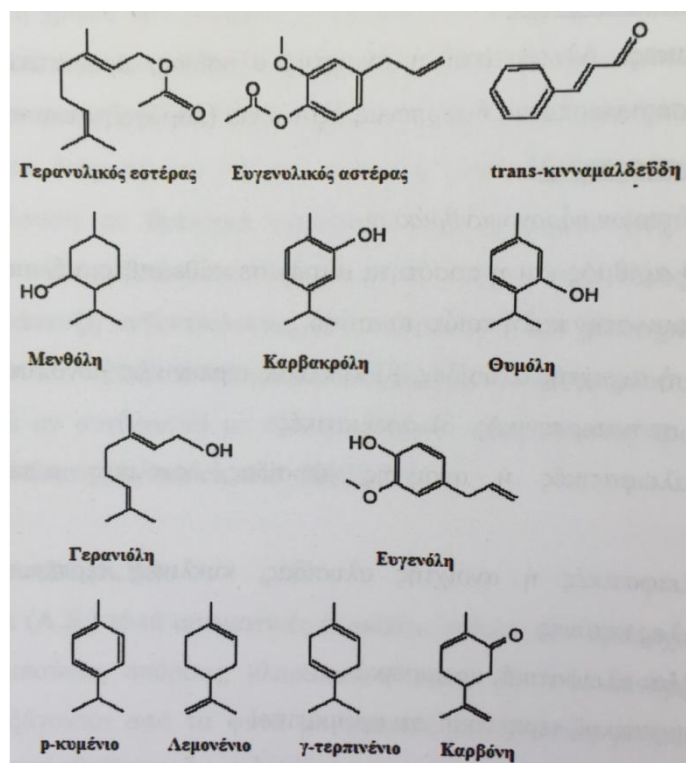
Οργανικά οξέα: αλειφατικά, αρωματικά.

Εστέρες: αλειφατικοί, τερπενικοί και αρωματικοί.

Φαινόλες: Είναι παράγωγα των αρωματικών υδρογονανθράκων που προέρχονται με αντικατάσταση ενός ή περισσοτέρων ατόμων υδρογόνου του αρωματικού δακτυλίου τους από υδροξύλια.

Λακτόνες, παράγωγα φουρανίου

Τα συστατικά των αιθέριων ελαίων διακρίνονται σε πρωτεύοντα (80% ολικής σύστασης) και δευτερεύοντα (20% ολικής σύστασης), που απαντούν σε ίχνη. Οι αντιβακτηριακές ιδιότητες των Α.Ε. αποδίδονται κυρίως στα φαινολικά τους συστατικά (Cosentino et al., 1999). Οι συντακτικοί τύποι των κυριότερων συστατικών αιθέριων ελαίων παρουσιάζονται στην **Εικόνα 2**.



Εικόνα 2: Συντακτικοί τύποι κυριότερων συστατικών των αιθέριων ελαίων (Burt, 2004)

7.2. Αντιμικροβιακή δράση των Α.Ε.

Τα αιθέρια έλαια έχουν επιδείξει δραστικότητα έναντι των βακτηρίων: *Aeromonas hydrophila*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp., *Enterobacteriaceae*, *Campylobacter jejuni*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus cereus*, *Shigella* spp., *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella typhimurium* και *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* καθώς και σε ζύμες/μύκητες όπως π.χ. *Saccharomyces cerevisiae*, *Apergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* (Burt 2004; Rota et al., 2004)

Οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών των Α.Ε. είναι λιγοστές. Τα φαινορικά τους συστατικά είναι τα κυρίως υπεύθυνα για την αντιμικροβιακή δράση.

Οι ελάχιστες συγκεντρώσεις αναστολής των βακτηρίων που καταγράφηκαν για διάφορα Α.Ε. κατά τη διάρκεια της δοκιμής “in vitro” φαίνονται στον παρακάτω

Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Ελάχιστες Ανασταλτικές Συγκεντρώσεις (MIC) των αιθέριων ελαίων *in vitro* έναντι παθογόνων βακτηρίων (Burt, 2004).

Φυτό από το οποίο έγινε η εξαγωγή του αιθέριου έλαιου	Βακτήριο	MIC (μl/ml)
Ρίγανη	Escherichia coli	0.5-1.2
	Salmonella enterica, typhimurium	1.2
	Staphylococcus aureus	0.5-1.2
	Listeria monocytogenes	0.2
Γαρούφαλλο	Escherichia coli	0.4-2.5
	Salmonella enterica, typhimurium	>20
	Staphylococcus aureus	0-2.5
	Listeria monocytogenes	0.156-0.45
Θυμάρι	Escherichia coli	0.45-1.25
	Salmonella enterica, typhimurium	0.45-20
	Staphylococcus aureus	0.2-2.5
	Listeria monocytogenes	0.156-0.45

Μολονότι τα Α.Ε. επέδειξαν καλή αντιμικροβιακή συμπεριφορά σε ‘in vitro’ έρευνες, διαπιστώθηκε ότι για την επίτευξη της ίδιας δράσης σε τρόφιμα, απαιτείται αρκετά μεγαλύτερη συγκέντρωση. Ο λόγος που απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα Α.Ε. για να εκδηλωθεί η ίδια αντιμικροβιακή δραστηριότητα σε τρόφιμα σε σχέση με τις ‘in vitro’ μετρήσεις δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένος. Ωστόσο επικρατεί η άποψη ότι η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στο ότι τα τρόφιμα έχουν μεγαλύτερη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών από ότι τα εργαστηριακά τροφικά μοντέλα με αποτέλεσμα τα βακτήρια να μπορούν να επιδιορθώνουν γρηγορότερα τις κυτταρικές τους βλάβες. Γενικά, η ευαισθησία των μικροβίων στην αντιμικροβιακή επίδραση των Α.Ε. φαίνεται να αυξάνεται με τη μείωση του pH στο τρόφιμο, την μείωση της θερμοκρασίας συντήρησης και την ελάττωση του διαθέσιμου οξυγόνου στη

συσκευασία. Σε συνθήκες χαμηλού pH, η υδροφοβικότητα του αιθέριου ελαίου αυξάνει, διευκολύνοντας έτσι τη διάλυσή τους στα λιπίδια της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των βακτηρίων (Burt, 2009; Juven et al., 1994; Holley & Patel, 2005).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα υψηλά επίπεδα λίπους και πρωτεϊνών στο τρόφιμο προστατεύουν τα βακτήρια από την επίδραση των Α.Ε.. Αν τα Α.Ε. διαλυθούν στη λιπαρή φάση του τροφίμου τότε μειώνεται η ικανότητά τους να δράσουν ενάντια στα βακτήρια της υδατικής φάσης. Μια άλλη άποψη υποστηρίζει ότι η χαμηλότερη περιεκτικότητα ύδατος, που επικρατεί στα τρόφιμα σε σχέση με τα μοντέλα τροφίμων των μελετών 'in vitro', παρακωλύει την αντιβακτηριακή δράση των Α.Ε. επάνω στα κύτταρα των μικροοργανισμών (Burt, 2004).

Τα αιθέρια έλαια έχουν αποδειχθεί πολύ αποτελεσματικά στη συντήρηση και ασφάλεια προϊόντων πουλερικών και κόκκινου κρέατος, ιδιαίτερα μετά το συνδυασμό τους με άλλες μεθόδους επεξεργασίας τροφίμων ή άλλους αντιμικροβιακούς παράγοντες (τεχνολογία εμποδίων). Στον **Πίνακα 11** παρουσιάζεται η αντιβακτηριακή δραστηριότητα των αιθέριων ελαίων σε διάφορα τρόφιμα ζωικής προέλευσης.

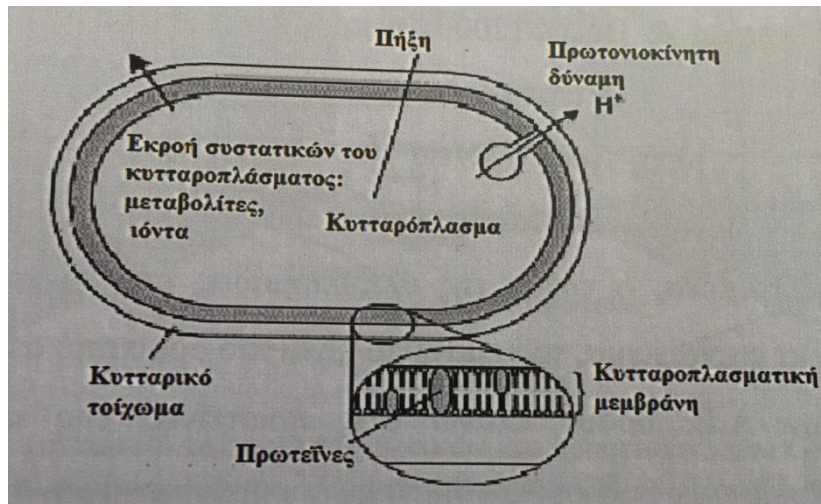
Πίνακας 11. Η αντιβακτηριακή δράση των αιθέριων ελαίων σε διάφορα τρόφιμα ζωικής προέλευσης.

Α.Ε./συστατικό (αναφορά)	Συγκέντρω ση	Τρόφιμο	Μικροοργανισμός - Αποτέλεσμα	
Θυμαρέλαιο/Ριγανέλα ιο (Chouliara & Kontominas, 2005; Chouliara et al., 2007)	0.5%/0.1- 1.0% v/w	Φιλέτο κοτόπουλο (MAP, αερόβια)	Μικροχλωρίδα αλλοίωσης	Μείωση 1-5 log CFU/g
Θυμαρέλαιο (Bagamboula et al., 2003)	1% w/v	Λουκάνικ α	Shigella spp.	Βακτηριοστα τική έως μικρή επίδραση
Θυμαρέλαιο (Hao et al., 1998)	2%	Ψητό βοδινό	A. hydrophila L. monocytogene s	Μικρή επίδραση

Θυμαρέλαιο (Aureli et al., 1992)	0.05 mL/25 g	Χοιρινό φιλέτο	L. monocytogene s	Μείωση <1.5 log CFU/g
Θυμαρέλαιο/Καρβακρόλη (Mastromatteo et al., 2009)	0-300 ppm/ 0-300 ppm	Μπιφτέκια πουλερικών (MAP, αερόβια)	Μικροχλωρίδα αλλοίωσης	Μείωση 1-1.5 log CFU/g
Ριγανέλαιο (Ting & Deibel, 1992)	1%	Βοδινό	L. monocytogene s	Μικρή επίδραση
Ριγανέλαιο (Skandamis et al., 2002)	0.8% v/w	Βοδινό φιλέτο	S. typhimurium	Βακτηριοκτόνος δράση
Ριγανέλαιο (Ward et al., 1998)	20 mg/mL	Ψητό χοιρινό	E. coli S. typhimurium L. monocytogene s	Βακτηριοκτόνος δράση

7.3 Μηχανισμός αντιβακτηριακής δράσης των Α.Ε.

Δεδομένου ότι τα Α.Ε. περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών μεταξύ τους χημικών ενώσεων, είναι λογικό ότι η αντιβακτηριακή τους δραστηριότητα δεν αποδίδεται σε έναν συγκεκριμένο μηχανισμό αλλά υπάρχουν διάφοροι στόχοι μέσα στο κύτταρο (Holley & Patel, 2005). Τα Α.Ε. φαίνεται να επιδρούν στο βακτηριακό κύτταρο από διάφορες πλευρές, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3**. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν αποτελούν όλα τα τμήματα του βακτηριακού κυττάρου πρωταρχικό στόχο των Α.Ε., αλλά ορισμένα μέρη προσβάλλονται ως επακόλουθο της προσβολής ενός άλλου τμήματος που είχε τεθεί ως αρχικός στόχος.



Εικόνα 3. Περιοχές του βακτηριακού κυττάρου πάνω στις οποίες τα αιθέρια έλαια ασκούν την βακτηριακή τους δράση. Τα στάδια του μηχανισμού δράσης περιλαμβάνουν: αποδόμηση κυτταρικού τοιχώματος, ρήξη της κυτταροπλασματικής μεμβράνης/εκροή κυτταρικών συστατικών, αδρανοποίηση ενζυμικών συστημάτων της μεμβράνης, πήξη του κυτταροπλάσματος, εξάντληση της κινητήριας δύναμης των πρωτονίων (Juven et al., 1994; Helander et al., 1998; Ultee & Smid, 2001; Lambert et al., 2001; Ultee et al., 2002).

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των Α.Ε. και των συστατικών τους είναι η υδροφοβικότητά τους, ως επακόλουθο της ύπαρξης οργανικού δακτυλίου στο μόριό τους (αρωματικού ή μη), η οποία τα καθιστά ικανά να διαλύονται μέσα σε λιπαρή φάση (λιπίδια, λιποπρωτεΐνες) της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των βακτηρίων διαταράσσοντας την δομή της και καθιστώντας την πιο διαπερατή (Sikkema et al., 1994). Από τη στιγμή που γίνεται αυτό, διευκολύνεται η εκροή μεταλλικών ιόντων και άλλων ενδοκυτταρικών θρεπτικών συστατικών (ATP, νουκλεϊκό και γλουταμινικό οξύ, αμινοξέα). Παρόλο που ένας συγκεκριμένος αριθμός συστατικών μπορούν να διαφύγουν από το βακτηριακό κύτταρο χωρίς απώλεια της βιωσιμότητάς τους, η εκτεταμένη εκροή των κυτταρικών συστατικών ή η έξοδος κρίσιμων μορίων και ιόντων, μπορεί να οδηγήσει το κύτταρο στο θάνατο (Lambert et al., 2001).

Οι χημικές δομές των επιμέρους συστατικών των Α.Ε. επηρεάζουν τον ακριβή μηχανισμό δράσης τους και την αντιβακτηριακή τους δράση. Η σημασία της ύπαρξης υδροξυλομάδων στον φαινολικό δακτύλιο των Α.Ε. έχει τονιστεί με ιδιαίτερο τρόπο. Η σχετική θέση των υδροξυλομάδων επάνω στον φαινολικό δακτύλιο δεν φαίνεται να επηρεάζει αποφασιστικά τον βαθμό της αντιβακτηριακής

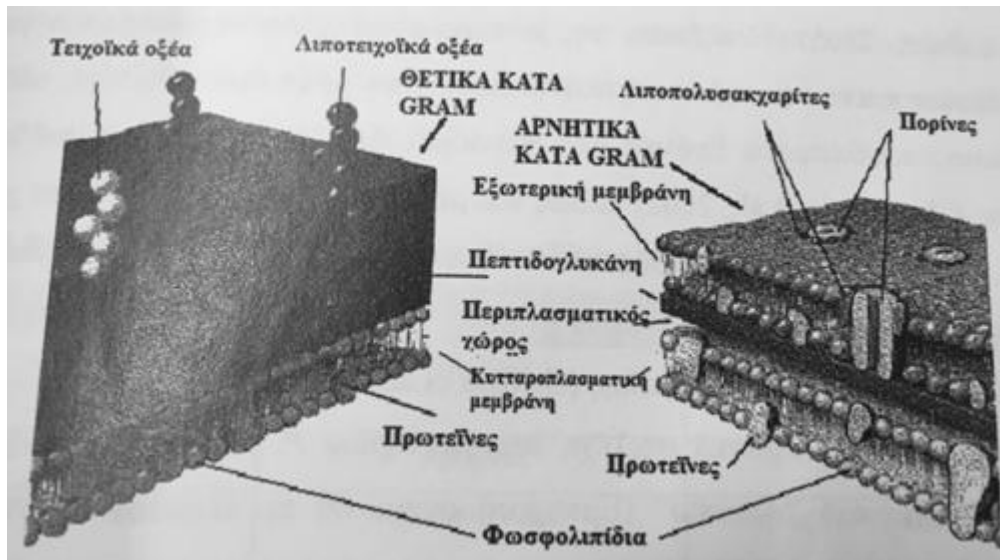
δράσης. Η σπουδαιότητα της ύπαρξης του φαινολικού δακτυλίου επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι η μενθόλη δεν επέδειξε καμία δραστικότητα σε σχέση με την καρβακρόλη (μη αρωματικός χαρακτήρας). Σύμφωνα με τους Dorman & Deans (2000) η προσθήκη οξικού οξέος στην γερανιόλη φάνηκε να αυξάνει τη δραστικότητά της, εφόσον ο γερανυλικός εστέρας που σχηματίστηκε φάνηκε πιο δραστικός ενάντια στα Gram-θετικά και στα Gram-αρνητικά βακτήρια. Ωστόσο, και τα μη φαινολικά συστατικά των Α.Ε. φαίνονται να έχουν ιδιαίτερη σπουδαιότητα. Συγκεκριμένα, ο τύπος της αλκυλιομάδας επηρεάζει την δραστικότητα (αλκενυλ>αλκυλ). Για παράδειγμα, το λεμονένιο είναι πιο δραστικό από το p-κυμένιο.

Τα συστατικά των Α.Ε. δρουν επάνω στις πρωτεΐνες της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. Οι κυκλικοί υδρογονάνθρακες δρουν επάνω στα ένζυμα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης (ΑΤΡ-άσες) με δύο πιθανούς μηχανισμούς: 1. Τα μόρια των λιπόφιλων υδρογονανθράκων συσσωρεύονται στη λιπαρή φάση και παρεμποδίζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των λιπιδίων και των πρωτεϊνών, 2. Σύμφωνα με τον εναλλακτικό μηχανισμό, είναι πιθανή η απευθείας αντίδραση των λιπόφιλων ενώσεων με τα υδρόφοβα τμήματα των πρωτεϊνών (Juven et al., 1994).

7.4 Ευαισθησία των θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων έναντι της δράσης των Α.Ε.

Οι περισσότερες από τις έρευνες που έγιναν επάνω στη δράση των Α.Ε. σε μικροοργανισμούς αλλοίωσης των τροφίμων και σε παθογόνα βακτήρια, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα Α.Ε. είναι ελαφρώς πιο δραστικά ενάντια στα θετικά κατά Gram από ότι στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (Deans & Ritchie, 1987; Stecchini et al., 1993; Hao et al., 1998; Wan et al., 1998; Rota et al., 2004).

Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαφοροποίηση της δομής τους, η οποία αφορά κυρίως στη σύνθεση του κυτταρικού τους τοιχώματος. Το κυτταρικό τοίχωμα των θετικών κατά Gram βακτηρίων αποτελείται από παχιά ομοειδή στρώση πεπτιδογλυκάνης και τειχοϊκά οξέα ενώ το αντίστοιχο των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων αποτελείται από 3 διαφορετικά μέρη: εξωτερική μεμβράνη, 1-2 λεπτά στρώματα πεπτιδογλυκάνης και την κυτταροπλασματική μεμβράνη που αποτελείται από λιπίδια, φωσφολιπίδια και δομικές πρωτεΐνες. Η επιφάνεια της εξωτερικής μεμβράνης αποτελείται κυρίως από λιποπολυσακχαρίτες (LPS) και πρωτεΐνες (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. το κυτταρικό τοίχωμα των θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων

(http://filebox.vt.edu/users/chagedor/biol_4684/Methods/cellwalls.html)

Η εξωτερική μεμβράνη του κυτταρικού τοιχώματος των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων εμφανίζει υδρόφιλο χαρακτήρα, με αποτέλεσμα να παρακωλύεται η εισχώρηση υδρόφοβων ενώσεων (π.χ. αιθέρια έλαια) στο εσωτερικό του κυττάρου (Vaara, 1992; Rota et al., 2004). Ωστόσο, η επιφάνεια της εξωτερικής μεμβράνης του κυτταρικού τοιχώματος των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων φέρει επίσης πρωτεΐνες που διατάσσονται σε τριάδες και σχηματίζουν πόρους (πορίνες, Εικόνα 4). Οι πόροι αυτοί λειτουργούν ως κανάλια μεταφοράς (transport channels) τα οποία είναι αρκετά μεγάλα, μέσω των οποίων μπορεί να διέλθουν διάφορα μόρια όπως οι υποκατεστημένες φαινολικές ενώσεις των αιθέριων ελαίων. Οι εισερχόμενες μέσω των πορινών φαινολικές ενώσεις διαπερνούν στη συνέχεια τον περιπλασματικό χώρο και μπορούν να καταλήξουν τελικά στην κυτταροπλασματική μεμβράνη του κυττάρου (Holley & Patel, 2005; Lambert et al., 2001)

Μαζί με τις δομικές διαφορές του κυτταρικού τοιχώματος των αρνητικών και θετικών κατά Gram βακτηρίων που συμβάλλουν σημαντικά στην εκδήλωση της αντίστασης ή ευαισθησίας απέναντι στη δράση των Α.Ε., πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι διαφορές του μεταβολισμού τους. Ανάμεσα στα θετικά κατά Gram βακτήρια, συγκαταλέγονται και τα οξυγαλακτικά βακτήρια, τα οποία είναι τα περισσότερο ανθεκτικά. Η ανθεκτικότητά τους οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ικανότητά τους να παράγουν ATP μέσω φωσφορυλίωσης. Επιπλέον, η μεγάλη

ανθεκτικότητα των οξυγαλακτικών βακτηρίων οφείλεται στην ικανότητά τους να επιβιώνουν σε συνθήκες έντονης ωσμωτικής πίεσης καθώς και στην ικανότητά τους να ανταποκρίνονται άμεσα στην εκροή ιόντων K^+ που προέρχονται από την δράση αντιμικροβιακών παραγόντων (Holley & Patel, 2005). Η εξέταση της αντιμικροβιακής δράσης διαφόρων μιγμάτων αιθέριων ελαίων και συστατικών τους επάνω σε διάφορα μικροβιακά στελέχη, οδήγησε σε αξιοσημείωτα αποτελέσματα. Εναντία στις Ψευδομονάδες δοκιμάστηκαν τα αιθέρια έλαια της ρίγανης (Skandamis et al., 2002) καθώς και μίγμα λιναλόλης (linalool) και χαβικόλης (chavicol), που είναι φαινολικά συστατικά των αιθέριων ελαίων (Smith-Palmer et al., 1998). Επάνω στα μικροβιακά στελέχη του *P. aeruginosa* εφαρμόστηκε μίγμα τερπενοϊδών, καρβακρόλης και θυμόλης (Griffim et al., 1999) πιπέρι (Caeraga et al., 2003). Τέλος ενάντια στα βακτηριακά στελέχη του βακτηρίου *P. fluorescens* δοκιμάστηκε η δράση του συστατικού 'Annatto' (εμπορική ονομασία προέλευση αιθέριου ελαίου, (Galindo-Cuspinera et al., 2003). Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των παραπάνω ερευνών οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι Ψευδομονάδες ήταν τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια που έδειξαν υψηλή έως μέγιστη ανθεκτικότητα στην δράση των αντιμικροβιακών.

8. ΧΙΤΙΝΗ ΚΑΙ ΧΙΤΟΖΑΝΗ

8.1 Γενικά χαρακτηριστικά-Προέλευση

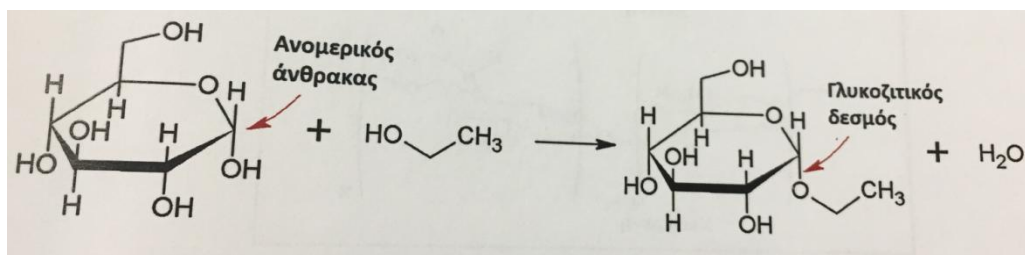
Η χιτίνη και το παράγωγό της, η χιτοζάνη, είναι δύο 'φυσικά' πολυμερή που απαντώνται σε μεγάλο βαθμό στη φύση. Η χιτίνη είναι το δεύτερο σε αφθονία βιοπολυμερές στη φύση, με πρώτο την κυτταρίνη. Αποτελεί το κυριότερο συστατικό: του κελύφους θαλάσσιων οστρακόδερμων (σταθεροποιείται μέσω διαμοριακών δεσμών με πρωτεΐνες και υδροξυφαινόλες), του κυτταρικού τοιχώματος των μυκήτων (ισχυρά προσδεδεμένη με γλυκάνες), του εξωσκελετού των εντόμων (συνυπάρχει με καροτενοειδή), των πρωτοζώων, των αλγών (Πίνακας 12).

Πίνακας 12. Οι κυριότερες πηγές χιτίνης/χιτοζάνης (Mathur, 1990)

Θαλάσσια είδη	Έντομα	Μικροοργανισμοί
Διαιρούμενοι σκώληκες και βδέλλες (<i>Annelida</i>)	Σκορπιοί	Άλγη
Μαλάκια (<i>Mollusca</i>)	Αράχνες	Ζύμες

Μέδουσες (<i>Coelenterate</i>)	Βραχειόποδα	Μύκητες (<i>Chytridiaceae</i> , <i>Ascomydes</i> , <i>Blastocladiaceae</i>)
<u>Οστρακοειδή</u> : Αστακοί, Καβούρια, Γαρίδες, Καραβίδες	Σκαθάρια	Σπόρια μυκήτων

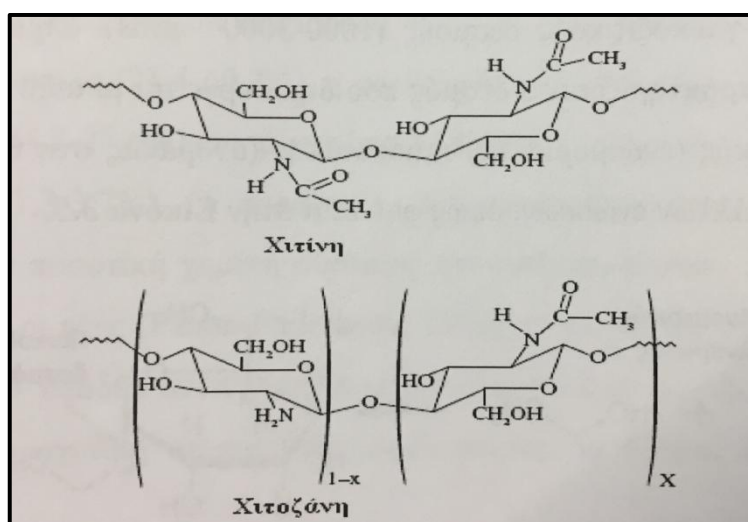
Η χιτίνη, πολύ-(β-(1-4)-N-ακετυλ-D-γλυκοζαμίνη), είναι ένα γραμμικό πολυμερές υψηλού μοριακού βάρους, αποτελούμενο από ολιγομερή N-ακετυλογλυκοζαμίνης, τα οποία είναι συνδεδεμένα με β-1,4-γλυκοζιτικούς δεσμούς (1000-3000 units). Σημειώνεται ότι ως γλυκοζιτικός δεσμός χαρακτηρίζεται ο δεσμός που δημιουργείται μεταξύ του ανομερικού άνθρακα μιας εσωτερικής (ενδομοριακής) ημιακετάλης (άνθρακας στη θέση 1) και της υδροξυλομάδας (-OH) άλλων ενώσεων, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 5**.



Εικόνα 5. Σχηματισμός γλυκοζιτικού δεσμού.

Η **χιτίνη** εμφανίζεται με τη μορφή διατεταγμένων κρυσταλλικών μικροϊνιδίων που της προσδίδουν ιδιαίτερα σταθερή δομή. Χαρακτηρίζεται από εξαιρετικές ιδιότητες, καθώς είναι σκληρή και αδιάλυτη, αλλά ταυτόχρονα εύκαμπτη και παρουσιάζει άριστη βιοσυμβατότητα. Ωστόσο, παρά την αφθονία στη φύση, η έλλειψη ικανοποιητικών τεχνικών καθαρισμού μετά την απομόνωσή της από τους φυσικούς οργανισμούς, έτσι ώστε να προκύψει ένα άχρωμο προϊόν που είναι απαλλαγμένο από κάθε είδους επιμολύνσεις και κατά συνέπεια κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως βιοϋλικό, ήταν ο κύριος ανασταλτικός παράγοντας για τη χρήση της μέχρι σήμερα. Σήμερα έχουν ήδη υιοθετηθεί χημικές τεχνικές για την εξαγωγή της από τα κελύφη των αρθρόποδων και οστρακόδερμων, όπως επίσης και για τον καθαρισμό και τον αποχρωματισμό της.

Η χιτοζάνη είναι το παράγωγο της χιτίνης μετά τη (μερική) αποακετυλίωσή της σε στερεή κατάσταση, κάτω από αλκαλικές συνθήκες (συμπυκνωμένο NaOH) ή με ενζυματική υδρόλυση. Η χιτοζάνη είναι πολυσακχαρίτης, αποτελούμενος από ολιγομερή των γλυκοζαμινών (αμινοσακχάρων): 2-δέοξυ-2-άμινο-D-γλυκοκυρανόζης και σε μικρότερο βαθμό, 2-δέοξυ-2-ακετάμιδο-γλυκοκυρανόζης (Fernandes et al., 2008; Fernandes-Saiz et al., 2010). Τα (όμοια) ολιγομερή συνδέονται μεταξύ τους με β-1,4-γλυκοζιτικούς δεσμούς (βιοπολυμερές). Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 6**, η χιτοζάνη φέρει στη στερεοχημική της δομή τρεις διαφορετικούς τύπους ενεργών ομάδων: μια αμινομάδα -NH₂ στη θέση C-2 και τρεις υδροξυλομάδες στις θέσεις C-3 και C-6 αντίστοιχα.



Εικόνα 6. Στερεοχημικές δομές χιτίνης και χιτοζάνης (Goy et al., 2009).

8.2 Αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης

Η χιτοζάνη παρουσιάζει δραστηριότητα έναντι διαφόρων βακτηρίων: *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus cereus*, *Brochothrix thermosphacta*, *Enterobacter aeromonas*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus sakei*, *Listeria monocytogenes*, *Photobacterium phosphoreum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella enteric*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholera* και σε ζύμες, μύκητες όπως ο *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida lambica*, *Rhodotorula glutensi*, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* (Shahidi et al., 1999; Helander et al., 2001; Devlieghere et al., 2004; Inatsu et al., 2005; Marques et al., 2008; Fernandes et al., 2008; Chung & Chen, 2008).

Οι ελάχιστες ανασταλτικές συγκεντρώσεις (MIC) των βακτηρίων που καταγράφηκαν για χιτοζάνη διαφορετικού βαθμού αποακετυλίωσης/ Μοριακού Βάρους κατά τη διάρκεια δοκιμών 'in vitro' παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 13.

Πίνακας 13. Ελάχιστες Ανασταλτικές Συγκεντρώσεις (MIC) της χιτοζάνης in vitro έναντι ορισμένων βακτηρίων.

Βακτήριο	Είδος/Χαρακτηριστικά Χιτοζάνης	MIC (αναφ.)
<i>Staphylococcus aureus</i>	MB=628 KDa 80-85% αποακετυλιωμένη	0,15% w/v (1)
	MB=591 KDa 80-85% αποακετυλιωμένη	0,20% w/v (1)
	MB=107 KDa 80-85% αποακετυλιωμένη	0,20% w/v (1)
	MB=άγνωστο 69% αποακετυλιωμένη	100 ppm (2)
	MB=35 KDa	0,005% w/v (3)
<i>Listeria monocytogenes</i>	MB= άγνωστο 69% αποακετυλιωμένη	100 ppm (2)
	MB=43 KDa 94% αποακετυλιωμένη	0,006-0.01% w/v (5)
<i>Salmonella typhimurium</i>	MB= άγνωστο 69% αποακετυλιωμένη	>200 ppm (4)
<i>Salmonella enteric</i>	MB=μεσαίο 75-85% αποακετυλιωμένη	0,03% v/v (6)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	MB=43 KDa 94% αποακετυλιωμένη	0,006% w/v (5)
<i>Enterobacter aeromonas</i>	MB=43 KDa 94% αποακετυλιωμένη	0,006% w/v (5)
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	MB=43 KDa 94% αποακετυλιωμένη	0,008% w/v (5)

<i>Bacillus cereus</i>	MB=43 KDa 94% αποακετυλιωμένη	0,006% w/v (5)
	MB=άγνωστο 69% αποακετυλιωμένη	1000 ppm (2)
	MB=1671	0,05% w/v (7)
	MB=470	0,03% w/v (7)
	MB=224	0,05% w/v (7)
	MB=59	>0,1% w/v (7)
	MB=8.5-9.5	0,01% w/v (8)
<i>Bacillus spp.</i>	MB=59-1671	0,005% w/v (7)

(1) Fernandes et al., 2008, (2) Chen et al., 1998, (3) Chang et al., 1989, (4) Simpson et al., 1997, (5) Devlieghere et al., 2004, (6) Marques et al., 2008, (7) No et al., 2002, (8) Vishu Kumar et al., 2007.

8.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντιβακτηριακή δράση της Χιτοζάνης

Όπως φαίνεται στον παραπάνω Πίνακα 13, η MIC της χιτοζάνης ενάντια στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών δεν είναι πάντοτε η ίδια, αλλά διαφοροποιείται ανάλογα με το Μοριακό Βάρος (MB) και το βαθμό ακετυλίωσης (DD). Εκτός όμως από το MB και το DD, υπάρχουν και άλλοι δύο παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την αντιβακτηριακή δραστηριότητα της χιτοζάνης, όπως η πηγή προέλευσής της (θαλάσσια οστρακοειδή, μύκητες, κ.τ.λ.), το pH του υποστρώματος, το είδος του οργανικού διαλύτη που χρησιμοποιείται με για την παρασκευή των διαλυμάτων χιτοζάνης, καθώς και από το είδος/φάση ανάπτυξης του βακτηρίου που εξετάζεται κάθε φορά (Chabra et al., 2006). Τέλος, στην περίπτωση που η αντιβακτηριακή δραστηριότητα της χιτοζάνης αξιολογείται σε αληθινά τρόφιμα (*in vivo*) και όχι σε μοντέλα αυτών (*in vitro*) η χημική σύσταση του προϊόντος και η θερμοκρασία συντήρησης, μπορεί να περιορίσει την αποτελεσματικότητά της. Ορισμένοι από τους παραπάνω παράγοντες αναλύονται περαιτέρω ως εξής:

α) Μοριακό Βάρος (MB) της Χιτοζάνης

Το MB της χιτοζάνης έχει αναφερθεί να επηρεάζει σημαντικά την δραστηριότητά της. Ωστόσο, έχει αποδειχτεί ότι ανάλογα με το μικροοργανισμό-στόχο η χιτοζάνη μικρού (LMW), μεγάλου (HMW) ή μεσαίου (MMW) MB παρουσιάζει διαφορετική

δραστηριότητα κάθε φορά. Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα των ερευνών σχετικά με την επίδραση του MB στην αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης, ποικίλουν και μπορεί να είναι αντιφατικά. Σε ορισμένες από αυτές τις έρευνες αναφέρονται τα εξής συμπεράσματα:

- Σύμφωνα με τους Dutta et al. (2009) χιτοζάνη MB χαμηλότερου από 10 kDa, φάνηκε να παρουσιάζει μεγαλύτερη αντιμικροβιακή δράση σε σχέση με την χιτοζάνη κανονικού MB (native).
- Οι Tsai et al. (2006) αναφέρουν ότι η χιτοζάνη LMW παρουσίασε (ελαφρώς) μικρότερη δραστηριότητα από την αντίστοιχη HMW σε pH=6.0 αλλά σε pH=7.0 η χιτοζάνη LMW υπερίσχυσε σημαντικά της HMW.
- Οι Fernandes et al. (2009) παρατήρησαν ότι κατά την εφαρμογή χιτοζάνης LMW (100kDa) ενάντια στην ανάπτυξη βλαστικών (vegetative) μορφών του *B. cereus*, η μείωση των κυττάρων κυμάνθηκε από 1 έως 2,5 log CFU/g, ενώ η χρήση χιτοζάνης σε μεγαλύτερο MB (628 kDa) οδήγησε σε καλύτερα αποτελέσματα (σταθερή μείωση κατά 3,0 log CFU/g). Εντούτοις, η χρήση ολιγομερούς χιτοζάνης οδήγησε σε μείωση κατά 1,0 log CFU/g των σπόρων των βακτηρίων, ενώ οι υπόλοιπες δεν είχαν καμία επίδραση.
- Οι Devlieghere et al. (2004) αναφέρουν ότι η χιτοζάνη LMW (43 kDa), ήταν περισσότερο δραστική στην αναχαίτιση της ανάπτυξης αρνητικών κατά Gram βακτηρίων (MIC \leq 0,006% w/v) σε σχέση με ορισμένα Gram-θετικά οξυγαλακτικά βακτήρια (MIC > 0,05% w/v).
- Οι Lin & Chao (2001) αναφέρουν ότι η χιτοζάνη LMW (150 kDa), ήταν πιο δραστική στην μείωση της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας λουκάνικων, σε σχέση με την χιτοζάνη HMW (1250 kDa) ή MMW (600 kDa), κατά την συντήρηση υπό ψύξη.
- Οι Liu et al. (2001) αναφέρουν ότι η αύξηση του MB της χιτοζάνης (>91.6 kDa) οδήγησε σε μείωση της αντιβακτηριακής της δράσης.
- Σύμφωνα με τους Fernandes et al., (2008) χιτοζάνη MB 107, 591 ή 628 kDa επέδειξε την ίδια δραστηριότητα ενάντια στην ανάπτυξη του *E. coli*, η οποία σύμφωνα ωστόσο ήταν ασθενέστερη της αντίστοιχης των ολιγοσακχαριδίων αυτής (MB= \leq 5 kDa), ενώ στη περίπτωση του *S. aureus* παρατηρήθηκε ότι χιτοζάνη LMW, HMW ή MMW, ξεπέρασε κατά πολύ σε δραστηριότητα τα ολιγοσακχαρίδια. Οι ερευνητές απέδωσαν τη διαφορά δραστηριότητας στο ότι τα

ολιγοσακχαρίδια πιθανόν να διεισδύουν ευκολότερα στο κυτταρικό τοίχωμα των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων σε σχέση με την χιτοζάνη LMW, HMW ή MMW. Ωστόσο, η χιτοζάνη LMW, HMW, MMW θεωρήθηκε ότι είναι περισσότερο αποτελεσματική ενάντια στα Gram θετικά, λόγω καλύτερης ικανότητας απορρόφησης συστατικών που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή τους (Fernandes et al., 2008).

β) Επίδραση του pH:

Σε γενικές γραμμές, η αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης αυξάνεται, όσο το pH του υποστρώματος μειώνεται, λόγω του γεγονότος ότι όσο αυξάνει η οξύτητα του υποστρώματος, τόσο αυξάνει ο αριθμός των θετικά φορτισμένων (protonated) ελεύθερων αμινομάδων της χιτοζάνης ($-NH_3^+$). Οι ' πρωτονιωμένες' αμινομάδες της χιτοζάνης αλληλεπιδρούν με την ηλεκτραρνητική επιφάνεια των βακτηρίων (λιποπολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, τειχοϊκά οξέα, λιπίδια), με αποτέλεσμα την αύξηση της διαπερατότητας της κυτταρικής τους μεμβράνης και την απώλεια ενδοκυτταρικών συστατικών που οδηγεί τελικά στο θάνατό τους (Devlieghere et al., 2004) όπως θα περιγραφεί αναλυτικότερα στην επόμενη παράγραφο 8.4.

Σύμφωνα με τους Helander et al. (2001), η αντιβακτηριακή δράση ενάντια στα Gram αρνητικά βακτήρια είναι πιο έντονη σε περιοχή $pH < 6,3$, λόγω μεγαλύτερου αριθμού θετικά φορτισμένων αμινομάδων στο μοριακό πλέγμα της χιτοζάνης. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Tsai et al. (2006) η χιτοζάνη χαμηλού MB (LMWC) μπορεί να διατηρήσει σε μεγάλο βαθμό την δραστηριότητά της ακόμα και σε ουδέτερο $pH=7,0$, σε αντίθεση με την συμβατική (native) χιτοζάνη. Συγκεκριμένα οι Tsai et al. (2006) παρατήρησαν ότι η χρήση χιτοζάνης LMWC μείωσε τον βακτηριακό πληθυσμό μίγματος στελεχών του *B. cereus* κατά 3-4 log CFU/g σε $pH=6$ ή $pH=7$. Η αντίστοιχη μικροβιακή δράση της συμβατικής (native) χιτοζάνης ενώ ήταν σημαντική σε $pH=6$ (μείωση $>3,0$ log CFU/g) σε ουδέτερο pH έπαψε να είναι πλέον ορατή (Tsai et al., 2006). Συνεπώς, η χαμηλού MB χιτοζάνη δε φαίνεται να επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από το pH του υποστρώματος, λόγω της διαφορετικής τιμής pKa των αμινομάδων της, σε σχέση με την συμβατική χιτοζάνη (Tsai et al., 2006), τουλάχιστον σε ότι αφορά την αντιμικροβιακή της δράση ενάντια σε Gram-θετικά βακτήρια.

γ) Βαθμός ακετυλίωσης

Σε γενικές γραμμές, η πλειοψηφία των ερευνών αναφέρει ότι η αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης ενισχύεται σημαντικά με την αύξηση του βαθμού ακετυλίωσης, λόγω των περισσότερων διαθέσιμων ελεύθερων δραστικών αμινομάδων και της μεγαλύτερης διαλυτότητάς της (Aider et al., 2010, Vishu Kumar et al., 2007).

δ) Χημική σύσταση προϊόντος (*in vitro* έρευνες)

Η αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά όταν εξετάζεται σε αληθινά τρόφιμα αντί μοντέλα αυτών, λόγω αλληλεπίδρασης με τα θρεπτικά τους συστατικά, όπως προαναφέρθηκε και στην περίπτωση των αιθέρων ελαίων. Οι Ausar et al. (2002) αναφέρουν ότι η αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης έναντι της ανάπτυξης οξυγαλακτικών βακτηρίων ζύμωσης περιορίστηκε όταν η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε γάλα αντί σε μοντέλο αυτού. Επίσης, οι Devlieghere et al. (2004) αναφέρουν ότι η αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης μπορεί να περιοριστεί όσο αυξάνει η περιεκτικότητα των τροφίμων σε χλωριούχο νάτριο και άμυλο, αλλά δεν φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τη λιποπεριεκτικότητα του τροφίμου. Ωστόσο, οι Chung et al. (2003) αναφέρουν ότι η αύξηση της περιεκτικότητας σε άλας αυξάνει την αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης, λόγω φαινομένων ιονισμού. Τέλος, οι Devlieghere et al. (2004) αναφέρουν ότι η επίδραση του πρωτεϊνικού περιεχομένου στη αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης εξαρτάται από το pH του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, αναφέρουν ότι όσο το pH του υποστρώματος είναι χαμηλότερο από το ισοηλεκτρικό σημείο (IEP) των πρωτεϊνών, τότε η χιτοζάνη διατηρεί τη δραστηριότητά της σε μεγάλο βαθμό, επειδή λόγω του θετικού φορτίου αμφοτέρων, δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (άπωση). Αν οι πρωτεΐνες αποκτήσουν αρνητικό φορτίο ($\text{pH} > \text{pI}$), τότε οι αμινομάδες ($-\text{NH}_3^+$) χάνουν την κατιονική τους υπόσταση και δεν είναι πια διαθέσιμες να αλληλεπιδράσουν με αρνητικά φορτισμένα μόρια της επιφάνειας των βακτηρίων (Devlieghere et al., 2004).

ε) Φάση ανάπτυξης και πληθυσμός των μικροοργανισμών-στόχων:

Η βακτηριακή φάση ανάπτυξης των μικροοργανισμών-στόχων, επηρεάζει την αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης ενάντια στην ανάπτυξή τους.

Συγκεκριμένα, βακτηριακά κύτταρα τα οποία βρίσκονταν στα τελευταία στάδια της εκθετικής φάσης ανάπτυξης, φάνηκαν να είναι πιο ευαίσθητα στην επίδραση της χιτοζάνης σε σχέση με εκείνα που βρίσκονταν στη στατική φάση (Tsai et al., 2006). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο ότι κύτταρα της εκθετικής φάσης έχουν περισσότερα αρνητικά φορτισμένα μόρια στην επιφάνεια του κυτταρικού τοιχώματος από τα αντίστοιχα της στατικής φάσης, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση με τα μόρια της χιτοζάνης (Tsai et al., 2006).

Επίσης, η αρχική συγκέντρωση του βακτηριακού πληθυσμού των μικροοργανισμών-στόχων επηρεάζει σημαντικά την αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης ενάντια της ανάπτυξής τους. Σύμφωνα με τους Fernandes et al. (2008), αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης ενάντια στο βακτήριο *E. coli*, μειώθηκε σημαντικά όταν η συγκέντρωση του ενοφθαλμίσματος αυξήθηκε από 10^3 σε 10^5 ή 10^7 CFU/mL (τα ολιγοσακχαρίδια της χιτοζάνης δεν φάνηκε να επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό). Επανάληψη της ίδιας διαδικασίας στο βακτήριο *S. aureus* έδειξε ότι η χιτοζάνη HMW κατάφερε να διατηρήσει την αντιμικροβιακή της δράση σε υψηλή συγκέντρωση ενοφθαλμίσματος, σε σχέση με την αντίστοιχη LMW (Fernandes et al., 2008).

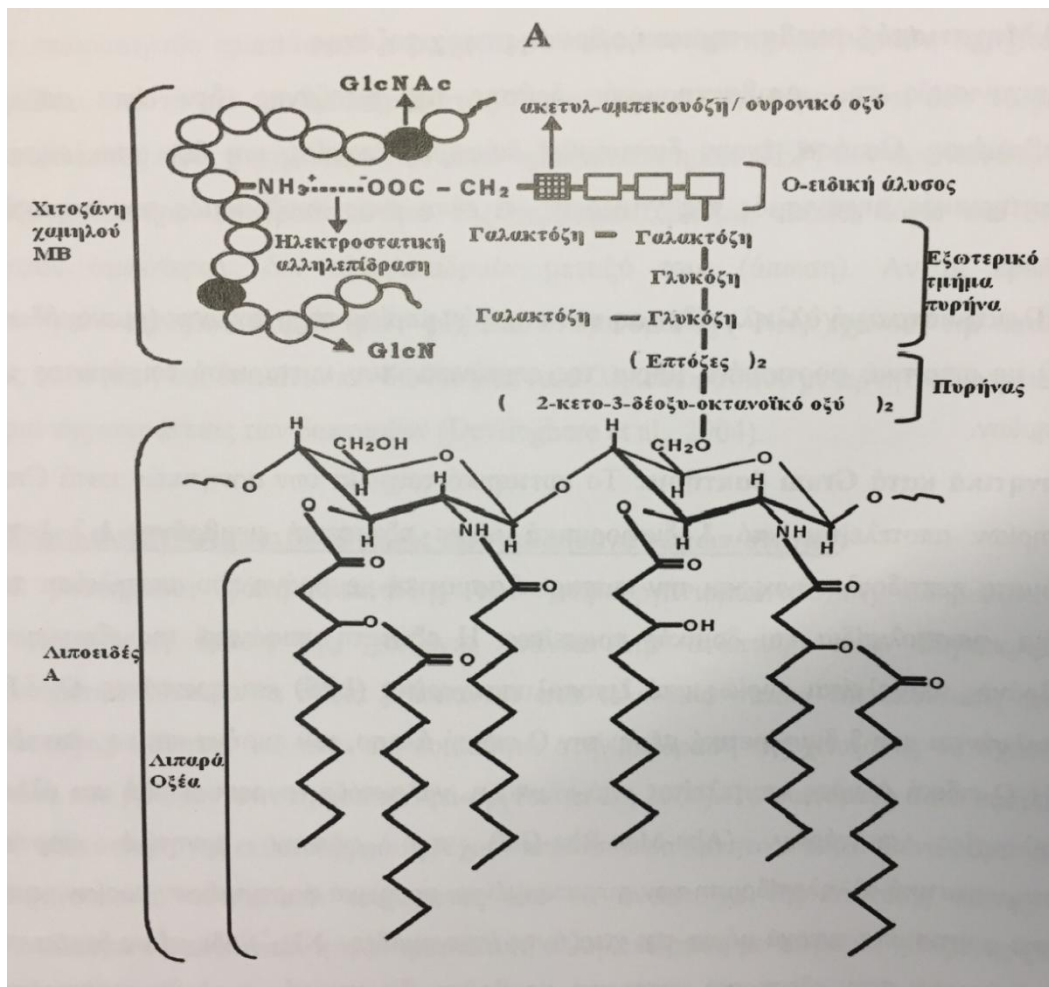
8.4 Μηχανισμός αντιβακτηριακής δράσης της χιτοζάνης

Ο μηχανισμός της αντιβακτηριακής δράσης της χιτοζάνης, δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένος. Ωστόσο, έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες και δεν αποκλείεται ο αντιβακτηριακός μηχανισμός της χιτοζάνης να είναι ένας συνδυασμός των παρακάτω δράσεων:

α) Ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση των ενεργών μορίων της χιτοζάνης (αμινομάδων- NH_3^+) με αρνητικά φορτισμένα μόρια της επιφάνειας του κυτταρικού τοιχώματος των βακτηρίων.

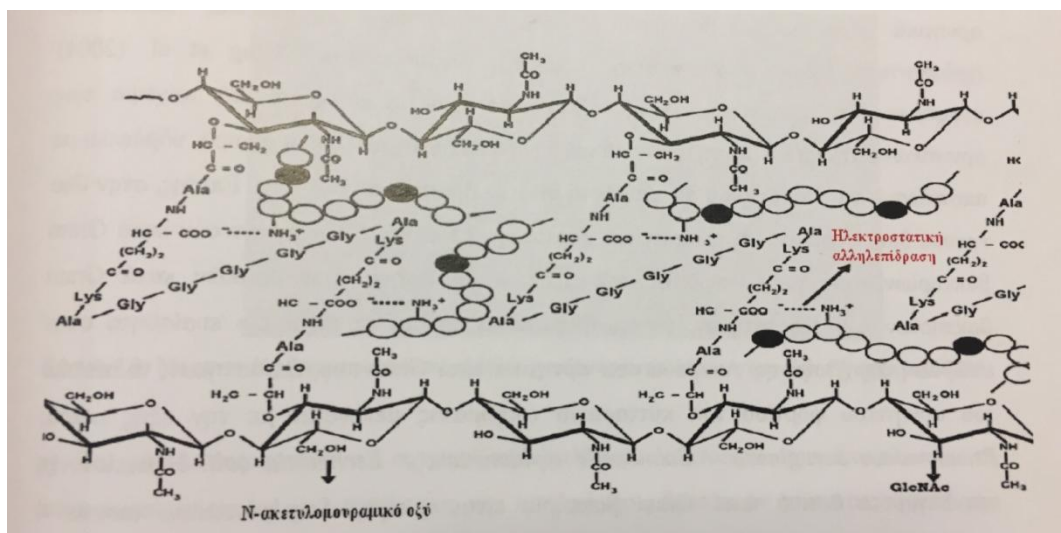
Αρνητικά κατά Gram βακτήρια: Το κυτταρικό τοίχωμα των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων αποτελείται από 3 διαφορετικά μέρη: εξωτερική μεμβράνη, 1-2 λεπτά στρώματα πεπτιδογλυκάνης και την κυτταροπλασματική μεμβράνη που αποτελείται από λιπίδια, φωσφολιπίδια και δομικές πρωτεΐνες. Η εξώτατη επιφάνεια της εξωτερικής μεμβράνης αποτελείται κυρίως από λιποπολυσακχαρίτες (LPS) και πρωτεΐνες. Οι LPS αποτελούνται από 3 διαφορετικά μέρη: την Ο-ειδική άλυσσο, τον πυρήνα και το λιποειδές Α. Η Ο-ειδική άλυσσος αποτελείται από γλυκόζη, γαλακτόζη, ουρονικό οξύ και άλλες

αλληλουχίες σακχάρων (Abe-Man-Rha-Gal) που φέρουν αρνητικό φορτίο. Ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση των συγκεκριμένων αρνητικά φορτισμένων μορίων με τα θετικά φορτισμένα ενεργά μόρια της χιτοζάνης (αμινομάδες- NH_3^+) οδηγεί σε δέσμευση των δευτέρων στην εξωτερική κυτταρική μεμβράνη. Το γεγονός αυτό δίνει το πρώτο έναυσμα για την απαρχή μιας σειράς μεταβολών της κυτταρικής δομής των βακτηρίων: απελευθέρωση LPS από την εξωτερική μεμβράνη που οδηγεί σε εκτεταμένη εκροή ιόντων (Ca^{+2} , Mg^{+2}) και ύδατος, με αποτέλεσμα την «αποκόλλησή» της από το κυτταρικό τοίχωμα. Το κυτταρικό τοίχωμα/κυτταροπλασματική μεμβράνη υποβάλλονται σε συνθήκες έντονου οσμωτικού στρες με αποτέλεσμα την εκροή ενδοκυτταρικών συστατικών του και θρόμβωση του κυτταροπλάσματος που οδηγούν το κύτταρο στο θάνατο (Chung & Chen, 2008; Vishu Kumar et al., 2007, **Εικόνα 7**). Επιπρόσθετα η χιτοζάνη διαταράσσει την φυσιολογική αντλία ροής-εκροής ηλεκτρονίων του κυττάρου, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η σωστή παροχή οξυγόνου και να εξαναγκάζεται σε αναερόβιο μεταβολισμό (Rafaat et al., 2008; Chung & Chen, 2008).



Εικόνα 7. Αλληλεπίδραση της χιτοζάνης χαμηλού ΜΒ (LMWC) με την εξωτερική μεμβράνη του κυτταρικού τοιχώματος των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων (Vishu Kumar et al., 2007)

Θετικά κατά Gram βακτήρια: το κυτταρικό τοίχωμα των θετικών κατά Gram βακτηρίων δεν περιβάλλεται από εξωτερική μεμβράνη όπως στην περίπτωση των αρνητικών κατά Gram, αλλά από παχιά ομοειδή στρώση πεπτιδογλυκάνης η οποία αποτελείται από: N-ακετυλομουραμικό οξύ συνδεδεμένα με β,1-4, γλυκοζιτικό δεσμό, αμινοξέα και τειχοϊκά οξέα (πολυμερή της ρεβιτόλης και γλυκερόλης). Ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση των συγκεκριμένα αρνητικά φορτισμένων μορίων με τα θετικά φορτισμένα ενεργά μόρια της χιτοζάνης (αμινομάδες- NH_3^+) οδηγεί σε δέσμευση των δευτέρων στην πεπτιδογλυκάνη (υδρόλυση της πεπτιδογλυκάνης) με αποτέλεσμα την εκροή ιόντων καλίου και άλλων πρωτεϊνικών ουσιών χαμηλού μοριακού βάρους (π.χ πρωτεΐνες, νουκλεϊκό οξύ, γλυκόζη, αφυδρογονάση του γαλακτικού οξέος, Goy et al., 2009). Η ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση χιτοζάνης-πεπτιδογλυκάνης των Gram-θετικών βακτηρίων παρουσιάζεται στην **Εικόνα 8**.



Εικόνα 8. Αλληλεπίδραση της χιτοζάνης με το κυτταρικό τοίχωμα των θετικών κατά Gram βακτηρίων (Vishu Kumar et al., 2007)

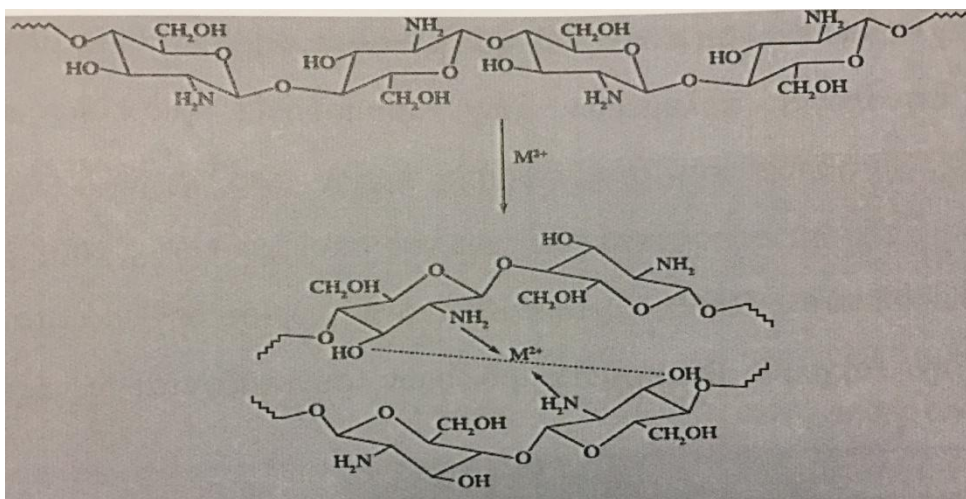
Σημειώνεται ότι η χιτοζάνη φαίνεται να δρα με παρόμοιο τρόπο και στην περίπτωση της θανάτωσης των μυκήτων (Helander et al., 2001; Coma et al., 2002; Vishu Kumar et al., 2007; Raafat et al., 2008; Chung & Chen, 2008).

Σύμφωνα με το μηχανισμό «ηλεκτροστατικής αλληλεπίδρασης», όσο περισσότερες είναι οι θετικά φορτισμένες αμινομάδες της χιτοζάνης, τόσο υψηλότερη αναμένεται να είναι και η αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τους Goy et al. (2009), αύξηση της συγκέντρωσης της χιτοζάνης μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των κατιοντικών ομάδων που είναι διαθέσιμες για την δέσμευση επί της επιφάνειας των βακτηρίων. Συνεπώς, κατά τη μελέτη της αντιβακτηριακής δράση της χιτοζάνης σε *in vitro* ή *in vivo* έρευνες, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της κατάλληλης συγκέντρωσης της χιτοζάνης, έτσι ώστε να διατηρεί τις ιδιότητές της σε ικανοποιητικό βαθμό. Οι έρευνες που έγιναν επάνω στη δράση της χιτοζάνης σε μικροοργανισμούς αλλοίωσης των τροφίμων και σε παθογόνα βακτήρια, δεν έχουν καταλήξει σε ένα ασφαλές συμπέρασμα σχετικά με το αν η χιτοζάνη είναι πιο δραστική ενάντια στα θετικά από ότι στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (Goy et al., 2009). Ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν ότι η χιτοζάνη, σε γενικές γραμμές, έχει επιδείξει ισχυρότερη αντιμικροβιακή δράση ενάντια στα θετικά κατά Gram βακτήρια όπως η *L. monocytogenes*, *Bacillus spp.*, *B. cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis*, *L. vulgaris* κ.λ.π, από ότι στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (*E. coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella typhimurium*, *Vibrio parahaemolyticus* κ.λ.π.). Αντιθέτως οι Chung et al. (2004) αναφέρουν ότι η εξωτερική μεμβράνη που περιβάλλει το κυτταρικό τοίχωμα των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων καθιστά την βακτηριακή επιφάνεια ισχυρά υδρόφιλη με αποτέλεσμα να καθίσταται πιο επιρρεπή στην επίδραση της χιτοζάνης. Επίσης, στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι το αρνητικό φορτίο της επιφάνειας των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με το αντίστοιχο των θετικών κατά Gram βακτηρίων που εξετάστηκαν, με αποτέλεσμα τα πρώτα, να είναι πιο ευαίσθητα στην επίδραση της χιτοζάνης. Ανάμεσα στα αρνητικά κατά Gram που εξετάστηκαν, το σύνολο του αρνητικού φορτίου του κυτταρικού τοιχώματος μειώνεται με την εξής σειρά: *Pseudomonas aeruginosa* > *Salmonella typhimurium* > *Eschericia coli*. Η αντίστοιχη σειρά για τα θετικά κατά Gram βακτήρια είναι η εξής: *Staphylococcus aureus* > *Streptococcus faecalis* (Chung et al., 2004). Το ηλεκτρονιακό φορτίο της επιφάνειας των βακτηρίων αποτελεί και τον καθοριστικό παράγοντα για την ποσότητα της χιτοζάνης που προσροφάται κάθε φορά από την κυτταρική μεμβράνη. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω είναι προφανές ότι η αντιβακτηριακή

δράση της χιτοζάνης, καθώς και ο μηχανισμός με τον οποίο προχωρεί κάθε φορά, εξαρτάται κυρίως από το είδος του μικροοργανισμού-στόχου.

β) Η χιτοζάνη στερεί από τα βακτηριακά κύτταρα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για το μεταβολισμό τους, όπως ιχνοστοιχεία, μέταλλα, κ.α., μέσω σχηματισμού σταθερών χηλικών συμπλόκων με αυτά (Εικόνα 9). Επίσης με αυτόν τον τρόπο παρεμποδίζεται η παραγωγή τοξινών από τους μικροοργανισμούς. Σε γενικές γραμμές, ο συγκεκριμένος μηχανισμός, συμβαίνει συνήθως σε υψηλή τιμή pH, όπου οι αμινομάδες της χιτοζάνης είναι μη πρωτονιωμένες με αποτέλεσμα το μονήρες ηλεκτρονιακό ζεύγος να μετατοπίζεται προς το μεταλλικό ιόν:

- Σε $pH < 6$ η συμπλοκοποίηση περιλαμβάνει μόνο μία ομάδα $-NH_2$, και τρεις ομάδες $-OH$, ενώ σε υψηλότερη τιμή $pH > 6.7$ είναι πιο πιθανή η συμμετοχή δύο ομάδων $-NH_2$ (Goy et al., 2009).
- Σε περιοχή $pH 7-9$ η συμπλοκοποίηση περιλαμβάνει δύο ομάδες $-NH_2$ και δύο υδροξύλια $-OH$.
- Σύμφωνα με τον μηχανισμό που πρότειναν οι Wang et al. (2005), το μεταλλικό κατιόν M^{2+} ενεργεί ως δέκτης ηλεκτρονίων που συνδέονται με την ομάδα $-NH_2$ και σχηματίζει γέφυρες με τα υδροξύλια $-OH$ (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Μηχανισμός σχηματισμού συμπλόκων χιτοζάνης-μεταλλικών στοιχείων (Wang et al., 2005)

γ) Τα μόρια της χιτοζάνης σχηματίζουν πολυμερικό στρώμα που επικαλύπτει τα βακτηριακό κύτταρα με αποτέλεσμα την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών από την επιφάνεια τους, αλλά και την παρεμπόδιση εισροής θρεπτικών ουσιών στο εσωτερικό του κυττάρου.

δ) Τα ολιγομερή της χιτοζάνης μπορούν να διεισδύσουν στο εσωτερικό του κυττάρου (λόγω μικρότερης μοριακής αλυσίδας, σε σχέση με την 'native' χιτοζάνη) και να παρεμποδίσουν την σύνθεση RNA (Shahidi et al., 1999), πιθανόν σύμφωνα με τον εξής μηχανισμό: 1) Σχηματισμός συμπλόκου χιτοζάνης-εξωκυτταρικού DNA, 2) Σύνδεση συμπλόκου χιτοζάνης-DNA σε κατάλληλους υποδοχείς της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, 3) Παθητική μεταφορά συμπλόκου χιτοζάνης-DNA στο εσωτερικό του κυττάρου, 4) Αλληλεπίδραση με ενζυμικά συστήματα του πυρήνα, αναστολή σύνθεσης m-RNA και πρωτεϊνών.

ε) Τέλος η χιτοζάνη έχει προταθεί ότι μειώνει την πρόσληψη νερού από τα βακτήρια και παρεμποδίζει την λειτουργία των ενζυμικών συστημάτων του κυττάρου (Shahidi et al., 1999).

8.5 Εφαρμογές στην σύγχρονη βιομηχανία τροφίμων

Η χιτίνη και τα παράγωγά της, όπως η χιτοζάνη, είναι ελάχιστα τοξικές, βιοδιασπώμενες, αδρανείς στο γαστρεντερικό σύστημα των θηλαστικών και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα εύρος εφαρμογών σε διάφορους επιστημονικούς τομείς, όπως η βιοϊατρική (π.χ. επούλωση πληγών και εγκαυμάτων), η συντήρηση και τεχνολογία τροφίμων (π.χ. καθυστέρηση μικροβιολογικής αλλοίωσης των τροφίμων, διαύγαση χυμών φρούτων), τεχνολογία πολυμερών (π.χ. δημιουργία βιοαποικοδομήσεων υλικών συσκευασίας), αντιρρύπανση (π.χ. επεξεργασία υγρών αποβλήτων, καθαρισμός ύδατος), φαρμακευτική (π.χ. σε συστήματα ελεγχόμενης αποδέσμευσης φαρμακευτικών ουσιών) και άλλα (Shahibi et al., 1999). Ορισμένες από τις κυριότερες εφαρμογές της χιτίνης και χιτοζάνης στη σύγχρονη βιομηχανία τροφίμων, συνοψίζονται ως εξής (Shahibi et al., 1999):

α) Χρήση ως πρόσθετου τροφίμων: διαύγαση χυμών, φυσικό ενισχυτικό γεύσης, γαλακτωματοποιητής, σταθεροποιητής.

β) Χρήση ως αντιμικροβιακού παράγοντα: αντιβακτηριακή και αντιμυκητιασική δράση.

γ) Χρήση ως υλικού συσκευασίας τροφίμων: ελεγχόμενη μεταφορά υγρασίας από το περιβάλλον στα τρόφιμα, ελεγχόμενη διάχυση αντιμικροβιακών παραγόντων ή και αντιοξειδωτικών ουσιών, θρεπτικών συστατικών, ενισχυτών γεύσης από τη συσκευασία στα τα τρόφιμα, ελεγχόμενος ρυθμός αναπνοής φρούτων και λαχανικών και περιορισμός ενζυμικής αμάρωσης.

Επιπρόσθετα, η χιτοζάνη είναι μια διαιτητική ίνα, που μειώνει την απορρόφηση λίπους από τον οργανισμό, για αυτό και τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο για την παρασκευή συμπληρωμάτων διατροφής (ενηλίκων και νεογνών) και για την εκτροφή ζώων και ιχθύων (εμπλουτισμός της διατροφής των). Επίσης θεωρείται ότι έχει δράση έναντι της γαστρίτιδας. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράγοντας αντιρρύπανσης σε βιομηχανίες τροφίμων (απομάκρυνση μεταλλικών ιόντων, παρασιτοκτόνων, φαιολών και χρωστικών από τα υγρά απόβλητα) ή για την ακινητοποίηση ενζύμων (Shahibi et al., 1999).

Η χιτοζάνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη βιομηχανία τροφίμων σε τρεις διαφορετικές μορφές: α) ως ‘φυσικό’ συντηρητικό που προστίθεται απευθείας στα τρόφιμα (λουκάνικα, κιμά κ.λ.π.) σε (στερεή) μορφή σκόνης (Georgantelis, 2007; Georgantelis, 2008; Soutos et al., 2008; Lin & Chao, 2001), β) ως ‘φυσικό’ συντηρητικό που προστίθεται απευθείας στα τρόφιμα σε μορφή διαλύματος (dipping, spraying κ.λ.π.). Ως διαλύτες, χρησιμοποιούνται διαλύματα οργανικών οξέων (κυρίως οξικό οξύ, Nobile et al., 2009; Yinyuad et al., 2006; Sagoo et al., 2002; Inatsu et al., 2005; Ojagh et al., 2010). Στον **Πίνακα 14** παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών της χιτοζάνης ως αντιμικροβιακού παράγοντα τροφίμων, υπό μορφή σκόνης ή διαλύματος.

Πίνακας 14. Η αντιβακτηριακή δράση της χιτοζάνης σε διάφορα τρόφιμα ζωικής προέλευσης.

Είδος Χιτοζάνης	Τρόπος εφαρμογής	Είδος τροφίμου (αναφορά)	Αποτέλεσμα
Chitosan glutamate	Εμβάπτιση	Λουκάνικα	Αύξηση μικροβιακού και

D.D.=75-85% (Drammen, Norway)	σε διάλυμα 1,0% w/v	(Sagoo et al., 2002)	οργανοληπτικού χρόνου συντήρησης από 7 σε 15 ημέρες
Chitosan glutamate D.D.=75-85% (Drammen, Norway)	Προσθήκη διαλύματος → τελική C=0,3%- 0,6% w/w	Χοιρινός κιμάς (Sagoo et al., 2002)	Μείωση της O.M.X. γαλακτικών βακτηρίων, ζυμών-μυκήτων έως και 3,0 log CFU/g
Commercial grade chitosan (Seafresh Co., Thailand)	Εμβάπτιση σε διάλυμα 2,0-2,5% w/v	Ψητό χοιρινό (VP) (Yingyuad et al., 2006)	Παράταση μικροβιολογικού και οργανοληπτικού χρόνου συντήρησης κατά 14 ημέρες
Food grade chitosan MW=4,5*10 ⁵ (Dalian Co., China)	Προσθήκη σε στερεά μορφή 0,5,1% w/w	Λουκάνικα (Soultos et al., 2008)	Αύξηση μικροβιολογικού και οργανοληπτικού, μείωση O.M.X., γαλακτικών, ψευδομονάδων, κ.λ.π. (1-2 log CFU/g)
Food grade chitosan MW=4,5*10 ⁵ (Dalian Co., China)	Προσθήκη σε στερεά μορφή 0,5,1% w/w	Λουκάνικα (Georgantelis et al., 2007)	Διπλασιασμός μικροβιολογικού και οργανοληπτικού, μείωση O.M.X., γαλακτικών, ψευδομονάδων, κ.λ.π. (1,5-2,0 log CFU/g)
High Molecular Weight chitosan	Προσθήκη διαλύματος → τελική C=0,012% w/w	Τυρί (Del Nobile et al., 2009)	Μείωση ψευδομονάδων κατά 2 log CFU/g

δ) Ως αντιμικροβιακά βιο-φιλμ (bio-based films): για την συσκευασία τροφίμων (Dutta et al., 2009; Aider et al., 2010).

Τα τελευταία χρόνια, η βιομηχανία τροφίμων έχει αρχίσει να στρέφεται στη χρήση εδώδιμων (edible) ή μη μεμβρανών και επιστρώματων (coatings) από τη χιτοζάνη για την επέκταση του χρόνου συντήρησης τροφίμων ζωικής προέλευσης, φρούτων και λαχανικών, επειδή είναι φιλικά προς το περιβάλλον (οικολογικά) και βιοαποικοδομήσιμα. Οι εξωτερικές επιστρώσεις και οι μεμβράνες από χιτοζάνη παρέχουν στα τρόφιμα προστασία από τη μικροβιολογική, φυσικοχημική και οργανοληπτική αλλοίωση. Η χιτίνη και η χιτοζάνη έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε διάφορες εφαρμογές (food wraps). Οι Η.Π.Α. και ο Καναδάς έχουν εγκρίνει τη χρήση φιλμ από N,O-καρβοξυ-μεθυλ-χιτίνη για τη συσκευασία φρούτων, από το 1989 (Shahidi et al., 1999). Η χιτοζάνη διαθέτει την ικανότητα να σχηματίζει ημιδιαπερατές μεμβράνες, τα οποία περιορίζουν την μικροβιολογική ή ενζυμική αλλοίωση φρούτων, λαχανικών και άλλων τροφίμων (Shahidi et al., 1999).

Δύσκαμπτα φιλμ χιτοζάνης μπορούν να σχηματιστούν με την χρήση ενώσεων που μεταβάλουν τις φυσικές ιδιότητες του πολυμερούς (πλαστικοποιητές), έτσι ώστε να διευκολύνουν τη συνένωση των μοριακών αλυσίδων μέσω ιοντικών ή ομοιοπολικών δεσμών. Οι ενώσεις ονομάζονται 'cross-linking agents' και οι κυριότεροι εκπρόσωποί τους είναι η γλουταραλδεΐδη, γλυκερόλη, πολύ-ηλεκτρολύτες, ανιονικοί πολυσακχαρίτες ή και δισθενή μεταλλικά ιόντα (Shahidi et al., 1999). Η παρασκευή μεμβράνης από χιτοζάνη για τη συσκευασία-συντήρηση τροφίμων έχει πραγματοποιηθεί από πολλούς ερευνητές και ορισμένα από εκείνα που αναφέρονται στη διαθέσιμη βιβλιογραφία είναι τα εξής:

- Μεμβράνη χιτοζάνης με άμυλο (Chitosan-starch films. Tripathi et al., 2008; Zhai et al., 2004; Durango et al., 2006)
- Μεμβράνη χιτοζάνης εμπλουτισμένη με ριγανέλαιο, θυμαρέλαιο (\pm EDTA), γαρυφαλλέλαιο, έλαιο κανέλλας, έλαιο τσαγιόδεντρου (Zivanovic et al., 2005; Hosseini et al., 2008; Ojagh et al., 2010; Sanchez-Gonzalez et al., 2010)
- Μεμβράνη χιτοζάνης εμπλουτισμένη έλαιο σκόρδου ή σορβικό κάλιο ή νισίνη (Pranoto et al., 2005)
- Μεμβράνη χιτοζάνης εμπλουτισμένη με λυσοζύμη (Kim et al., 2008)
- Μεμβράνη χιτοζάνης εμπλουτισμένη νισίνη, σορβικό κάλιο γαλακτικό νάτριο (Ye et al., 2008)

- Μεμβράνη από χιτοζάνη εμπλουτισμένη με ολεϊκό οξύ (Vargas et al., 2006) ή οξικό/προπιονικό/λαυρικό οξύ, κινναμπαλδεΐδη (Ouattara et al., 2000)

9. 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 της 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 & Ρηγανάκος, 2007).

Κατάλληλες για την ακτινοβόληση των τροφίμων είναι οι ιονίζουσες ακτινοβολίες. Από της 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 , της και τα νετρόνια και τα πρωτόνια προκαλούν σημαντική βλάβη στα τρόφιμα και επιπλέον μπορούν να δημιουργήσουν ανεπιθύμητη δευτερογενή ραδιενέργεια και συνεπώς δεν χρησιμοποιούνται στην ακτινοβόληση των τροφίμων (Κοντομηνάς & 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 της διεργασίες ακτινοβόλησης που εφαρμόζονται στα τρόφιμα μπορούν να καταταγούν σε μία από της 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 ακτινοβόληση στοχεύει στην παράταση του χρόνου

διατήρησης του προϊόντος με γενική μείωση των βλαστητικών βακτηριδίων.

4. Απεντόμωση με ακτινοβόληση. Η κατεργασία αυτή στοχεύει στην καταστροφή των εντόμων.
5. Παρεμπόδιση της εκβλάστησης σε αποθηκευμένα λαχανικά και αναστολή της ανάπτυξης σε μανιτάρια.

(Κοντομηνάς & 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.

Οι τελευταίοι ενδοιασμοί είναι αδικαιολόγητοι τουλάχιστον για τα τρόφιμα των οποίων η ακτινοβόληση έχει εγκριθεί από της αρμόδιες αρχές.

Το οικονομικό ενδιαφέρον των επιτρεπόμενων εφαρμογών ακτινοβόλησης των τροφίμων δεν είναι ακόμα απόλυτα βεβαιωμένο, της δε από της σχετικές εγκαταστάσεις, παρ' ότι μεγάλες χαρακτηρίζονται ακόμα ως πειραματικές

10. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ (ΜΑ) Ή ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ (CA)

Η ΜΑ είναι της τρόπος συντήρησης ο οποίος περιλαμβάνει την απομάκρυνση του αέρα από την συσκευασία και την αντικατάστασή του με ένα απλό αέριο ή μίγματα αερίων. Το μίγμα αερίων που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τον τύπο του προϊόντος. Η αέρια ατμόσφαιρα μεταβάλλεται συνεχώς σε όλη την διάρκεια αποθήκευσης εξαιτίας διαφόρων παραμέτρων, της η αναπνοή του προϊόντος. Η CA διαφέρει από την ΜΑ στο βαθμό ελέγχου των συνθηκών του περιβάλλοντος στο χώρο αποθήκευσης.

Συγκεκριμένα η διαφορά των δύο όρων έγκειται στο ότι της ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, η αέρια σύσταση ελέγχεται επακριβώς και συνεχώς, ενώ της τροποποιημένες ατμόσφαιρες η αέρια σύσταση συνήθως δεν ελέγχεται μετά την αρχική δημιουργία της. Και της δύο τεχνικές η αέρια σύνθεση της ατμόσφαιρας στον περιβάλλοντα χώρο είναι διαφορετική από αυτή του αέρα και περιλαμβάνει συνήθως

την χρήση των αερίων CO₂, O₂ και N₂ σε διαφορετικά ποσοστά, με σκοπό την παράταση του χρόνου ζωής. Το CO₂ έχει σημαντική και άμεση αντιμικροβιακή δράση (Ares et al., 2007).

Οι δύο αυτές τεχνολογίες είναι προέκταση της συντήρησης με ψύξη, χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την ψύξη και συνεπώς η χρησιμοποίηση χαμηλών θερμοκρασιών είναι απαραίτητη προϋπόθεση και της δύο περιπτώσεις. Η δημιουργία και διατήρηση της βέλτιστης ατμόσφαιρας στο εσωτερικό της συσκευασίας με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, εξαρτάται από τον βαθμό αναπνοής των προϊόντων και την διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας στο O₂ και CO₂, παράγοντες που επηρεάζονται και οι δύο από την θερμοκρασία (Tano et al., 1999).

Ο σκοπός και των δύο τεχνολογιών είναι η αύξηση-επιμήκυνση του χρόνου ζωής, η μείωση απωλειών λόγω καταστροφής, η διατήρηση της ποιότητας και εμφάνισης των τροφίμων.

Τα φρούτα και λαχανικά συντηρούνται για αρκετές ημέρες συσκευασμένα σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες σε συνθήκες 3-5 % CO₂, 2-5 % O₂ και 90% N₂ περίπου. Πρωταρχικοί παράγοντες που εξασφαλίζουν την ποιότητα και την παράταση του χρόνου ζωής των φρούτων και λαχανικών από τη συγκομιδή και μετά, είναι η συγκομιδή να λάβει χώρα στα πιο κατάλληλα στάδια ωρίμανσης, η ελαχιστοποίηση μηχανικών καταστροφών, η χρήση κατάλληλων μεθόδων υγιεινής και η εφαρμογή των κατάλληλων συνθηκών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε όλα τα στάδια της διακίνησης των προϊόντων.

Η μεταβολή της σύστασης της ατμόσφαιρας που περιβάλλει τα νωπά προϊόντα προκαλεί προφανώς μεταβολή στην ταχύτητα αναπνοής τους. Όταν η περιεκτικότητα σε O₂ είναι στα κανονικά επίπεδα γίνεται αερόβια αναπνοή, αλλά απουσία O₂ γίνεται αναερόβια αναπνοή. Χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ επιτρέπουν και τις δυο διεργασίες, ούτως ώστε να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ των συγκεντρώσεων O₂ και CO₂ η οποία σε συνδυασμό με την θερμοκρασία αποθήκευσης, επιτυγχάνει ελάττωση της αναπνοής. Σε πείραμα που πραγματοποίησαν οι Halachmy & Mannheim (1991) σεμανιτάρια του είδους *Agaricus bisporus*, διαπίστωσαν ότι η κρίσιμη συγκέντρωση του CO₂ όσον αφορά τις φυσιολογικές διαταραχές είναι στο 12%, πάνω από την οποία εμφανίστηκαν καστανές κηλίδες στην επιφάνεια του πύλου. Σε ένα σφραγισμένο περιέκτη, καθώς συνεχίζεται σε ορισμένο ρυθμό αναπνοής του προϊόντος, υπάρχει μια σταθερή μεταβολή στη σύσταση της ατμόσφαιρας, καθώς καταναλίσκεται το O₂. Αρχικά

αυξάνεται η συγκέντρωση του CO₂ και μειώνεται η συγκέντρωση του O₂ αλλά επειδή η πλαστική μεμβράνη είναι περισσότερο διαπερατή από το CO₂, το τελευταίο διαχέεται ταχύτερα προς το εξωτερικό της συσκευασίας από ότι διαχέεται το O₂ προς το εσωτερικό. Η ταχύτητα διαπερατότητας εξαρτάται επίσης από τις μερικές πιέσεις των δυο αερίων στον εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο της συσκευασίας και είναι πιθανόν οι δυο αυτές ταχύτητες να φθάσουν σε μια κατάσταση ισορροπίας και να επιτευχθεί ατμόσφαιρα σταθερής σύστασης. Αυτό συνήθως δεν συμβαίνει και συνεπώς η απλή ερμητική συσκευασία φρούτων και λαχανικών είναι περισσότερο πιθανόν να επιταχύνει παρά να παρεμποδίζει την αλλοίωσή τους. Επίσης, η διαπερατότητα του O₂, CO₂ και ο ρυθμός μεταφοράς υδρατμών είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν όταν επιλέγουμε ένα υλικό συσκευασίας για δημιουργία συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Ares et al., 2007). Η μείωση του ρυθμού αναπνοής επηρεάζει την παραγωγή αιθυλενίου, που είναι το κύριο μέσον ωρίμανσης για τα περισσότερα φρούτα και επίσης επιταχύνει την σταδιακή αποικοδόμηση τόσο των φρούτων όσο και των λαχανικών. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ επιβραδύνουν την χαλάρωση των φυτικών ιστών και βελτιώνουν την διατήρηση της χλωροφύλλης στα πράσινα λαχανικά.

Μειονεκτήματα της χρήσης των τροποποιημένων ατμοσφαιρών στα φρούτα και λαχανικά είναι: (α) η ανεπιθύμητη συσσώρευση αιθυλενίου, η οποία δημιουργείται κατά την έναρξη της αναερόβιας αναπνοής, (β) η δυνατότητα ανάπτυξης του *Clostridium Botulinum*, το οποίο επίσης αναπτύσσεται υπό αναερόβιες συνθήκες και (γ) η σε χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ αυξημένη παραγωγή ακεταλδεΐδης, αιθανόλης και οργανικών οξέων, τα οποία προκαλούν αποχρωματισμό και ανάπτυξη ανεπιθύμητης οσμής και γεύσης, (Κοντομηνάς & Ρηγανάκος, 2007).

11. ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

11.1 Συσκευασία σε πλαστικά υλικά

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 εκκινητή. 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.

Στον **Πίνακα 15** παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά μεμβρανών που προσφέρονται για συσκευασία νωπών οπωροκηπευτικών.

Πίνακας 15. Χαρακτηριστικά διαφόρων μεμβρανών κατάλληλες για συσκευασία τροφίμων.

Τύπος φίλμ	Διαπερατότητα (cc/m ² /mil*/ημέρα σε 1 atm)		CO ₂ :O ₂
	CO ₂	O ₂	
LDPE	7000-77000	3000-13000	2,0-5,9
PVC	4263-8138	620-2248	3,6-6,9
PP	7700-21000	1300-6400	3,3-5,9
PS	10000-26000	2600-7700	3,4-3,8
Saran	52-100	8-26	5,8-6,5
PET	180-390	52-130	3,0-3,5

*1mil = 25.4 microns

Πηγή: Kader 1992.

Διάφορα υλικά συσκευασίας έχουν χρησιμοποιηθεί για τη συσκευασία μανιταριών, αλλά τα πιο κοινά είδη συσκευασίας είναι το διάτρητο και μη διάτρητο πλαστικό υλικό Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) (Simon et al., 2004).

Τα νωπά μανιτάρια συσκευάζονται συνήθως σε περιέκτες διογκωμένου πολυστυρολίου (PS), ενώ τα σπουδαιότερα πολυμερή που χρησιμοποιούνται στις εκτατές μεμβράνες είναι το PVC, το LDPE, το LLDPE και σε κάποιο ποσοστό τα συμπολυμερή του PP, σακούλες κατασκευασμένες από PE και BOPP καθώς επίσης και περιέκτες PET.

Παρακάτω αναλύονται τα διάφορα χαρακτηριστικά αυτών των υλικών.

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 & Ρηγανάκος, 2007).

Το PS έχει χαμηλή διαπερατότητα στους υδρατμούς, χαμηλή απορρόφηση νερού, μέτριο φραγμό στα αέρια, άριστες βοηθητικές 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 δευτερέων 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 $0,915 \text{ g/cm}^3$ και $0,940 \text{ g/cm}^3$. Είναι σχετικά χημικά αδρανές, ελάχιστα διαπερατό στους υδρατμούς αλλά πολύ διαπερατό στο οξυγόνο, αέρια και στις οσμές. Μπορεί να λαμιναριστεί, να επιστρωθεί με εξώθηση και να συνεζωθηθεί. 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 $0,940 \text{ g/cm}^3$ και $0,970 \text{ g/cm}^3$. 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 $0,915 \text{ g/cm}^3$ και $0,926 \text{ g/cm}^3$. Η γραμμικότητα στο μακρομόριο παρέχει αντοχή, ενώ οι διακλαδώσεις σκληρότητα (Κοντομηνάς, 1995).

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.

Πολυπροπυλένιο (PP, BOPP)

Είναι και αυτό πολυолеφίνη. Το πολυπροπυλένιο παρασκευάζεται με πολυμερισμό του προπυλενίου. Όταν η θέση των μεθυλομάδων είναι τυχαία όσον αφορά τον οριζόντιο άξονα του μακρομορίου το πολυμερές είναι άμορφο με πυκνότητα $0,85 \text{ g/cm}^3$. Όταν οι μεθυλομάδες είναι όλες από την ίδια πλευρά του οριζόντιου άξονα του μακρομορίου τότε παράγεται ένα πολυμερές με κρυσταλλικότητα 50% και πυκνότητα $0,905 \text{ g/cm}^3$. Σε σύγκριση με το πολυαιθυλένιο

είναι σκληρότερο υλικό, έχει μεγαλύτερη ελαστικότητα και είναι ακριβότερο. Οι ιδιότητες φραγμού αερίων και υδρατμών είναι παρόμοιες με αυτές του πολυαιθυλενίου αλλά μπορούν να βελτιωθούν με τη διαδικασία του προσανατολισμού. Επίσης η διαδικασία αυτή οδηγεί στην αύξηση της σκληρότητας της μεμβράνης και στη βελτίωση της διαύγειας του υλικού η οποία φτάνει στο επίπεδο του γυαλιού. Το PP θερμοσυγκολλάται, ενώ η ικανότητα θερμοσυγκόλλησης αυξάνεται κατόπιν επίστρωσης με ένα πολυμερές χαμηλότερου σημείου τήξης (PE), συμπολυμερή του PVdC και ακρυλικά πολυμερή (Κοντομηνάς & Ρηγανάκος, 2007).

Πρόσφατα έχει σημειωθεί μια μεγάλη αύξηση στη χρήση προσανατολισμένου PP για την συσκευασία τροφίμων. Είναι δυνατό να υφίσταται ένα μεγάλο εύρος παραλλαγών στο βαθμό προσανατολισμού προς δύο κατευθύνσεις, οδηγώντας σε ένα πλήθος ιδιοτήτων. Ωστόσο, η διαξονικά προσανατολισμένη μεμβράνη (BOPP) έχει υψηλή καθαρότητα δεδομένου ότι η διασταύρωση των κρυσταλλικών δομών αμβλύνει τις παραλλαγές παραμόρφωσης κατά μήκος του πάχους της μεμβράνης, κάτι που με τη σειρά του αμβλύνει τη σχεδίαση του φωτός. Έχει αντοχή στην τάνυση προς κάθε κατεύθυνση περίπου 4 φορές αυτής της μεμβράνης του χυτού PP. Αν και η έναρξη σκισίματος είναι δύσκολη, η αντοχή στο σκίσιμο αφού αυτό έχει συμβεί είναι χαμηλή. Επίσης, ο διαξονικός προσανατολισμός βελτιώνει τις ιδιότητες της μεμβράνης περί ανάσχεσης της υγρασίας αλλά και στην αντοχή κρούσης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η μεμβράνη έχει αρκετά μεγάλη διαπερατότητα, μειονέκτημα το οποίο μπορεί να ξεπεραστεί μέσω της επένδυσης με το συμπολυμερές του PVdC.

Πολυαιθυλενοτερεφθαλικός εστέρας (PET)

Ανήκει στην ομάδα των πολυεστέρων. Παρασκευάζονται με πολυμερισμό συμπύκνωσης διαλκοολών με αρωματικά διβασικά οξέα.

Ο PET παρασκευάζεται με πολυμερισμό της αιθυλενογλυκόλης με το τερεφθαλικό οξύ, αν και στη πράξη χρησιμοποιείται ο διμεθυλεστέρας του τερεφθαλικού οξέος για να είναι καλύτερα ελεγχόμενη η αντίδραση. Έχει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, πολύ καλή χημική αντίσταση, μικρό βάρος, εξαιρετική διαφάνεια, πολύ χαμηλή διαπερατότητα στα αέρια και τους υδρατμούς, καθώς επίσης σταθερότητα σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (-60° έως 220 °C) (Κοντομηνάς & Ρηγανάκος, 2007)

Τα προϊόντα συσκευασίας που παρασκευάζονται από PET είναι άκαμπτοι και ημιεύκαμπτοι περιέκτες, φιάλες, σακούλες ψησίματος, δίσκοι κλιβάνων για

παγωμένα τρόφιμα, κτλ. Χρησιμοποιείται ευρέως για την συσκευασία κρεατοσκευασμάτων, προϊόντων αρτοποιίας, φρούτων και λαχανικών.

ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Aider** M. (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT-Food Science and Technology* 43, 837-352.
2. **Ares**, G., Lareo, C. & Lema, P., (2007). Modified Atmosphere Packaging for Postharvest Storage of Mushrooms. A Review, Global Science Books.
3. **Aureli** P., Constantini A., Zolea S. (1992). Antimicrobial activity of some plant essential oils against *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection* 55, 344-348.
4. **Ausar** S.F., Passalacqua N., Castagna L.F., Bianco I.D., Beiramo D.M. (2002). Growth of milk fermentative bacteria in the presence of chitosan for potential use in cheese making. *International Dairy Journal* 12, 899-906.
5. **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.
6. **Bagamboula** C.F., Uyttendaele M., Debevere J. (2003). Antimicrobial effect of spices and herbs on *Shigella sonnei* and *Shigella flexneri*. *Journal of Food Protection* 66, 668-673.
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. **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.
9. **Bazarova**, V.I., (1982). Use of ozone in storage of apples. *Food Science and Technology*, Abstract 14:11.
10. **Bolder** NM., (1998). The microbiology of meat and poultry, Blackie Academic & Professional, pp.158.
11. **Burt** S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential application in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology* 94, 223-253

12. **Caeraga** M., Fernandez E., Dorantes L., Mota L., Jaramillo M.E., Hernandez-Sanchez Z.H. (2003). Antibacterial activity of *Capsicum* extract against *Salmonella typhimurium* and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in raw beef meat. *International Journal of Food Microbiology* 83, 331-335.
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*, 9, 223-230.
14. **Chang** D.S., Cho H.R., Goo H.Y., Choe W.K. (1989). A development of food preservation with the waste of crab processing. *Bulletin of Korean Fish Society* 22, 70-78.
15. **Chen** C., Liao W., Tsai G. (1998). Antibacterial effects of N-sulfonated and N-Sulfobenzoyl chitosan and application to oyster preservation. *Journal of Food Protection* 61, 1124-1128.
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. **Chhabra** P., Huang Y.-W., Frank J.F., Chmielewski R., Gates K. (2006). Fate of *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* Serovar *Typhimurium*, and *Vibrio vulnificus* in raw oysters treated with chitosan. *Journal of Food Protection* 69, 1600-1604.
18. **Chouliara** E. Karatapanis A., Savvaidis I.N., Kontominas M.G. (2007). Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C. *Food Microbiology* 24, 607-617.
19. **Chouliara** I. and Kontominas M.G. (2006). Combined effect of thyme essential oil and modified atmosphere packaging to extend shelf-life of fresh chicken meat. In: Govil J.N., Singh V.K., Almad, Khalil, Sharma, Rajeev Kr (Eds.), *Recent progress in Medicinal plants: Natural product*, 15. Studium Press, LLC, USA, pp. 423-442.
20. **Chung** Y.-C., Wang H.-J., Chen Y.-M., Li S.-L. (2003). Effect of abiotic factors on the antibacterial activity of chitosan against waterborne pathogens. *Bioresource Technology* 88, 179-184.
21. **Chung** Y.-C., Su Y.-P., Chen C.-C., JIA G., Wang H.-I., Wu G. J.C., Lin J.-G. (2004). Relationship between antibacterial activity of chitosan and

- surface characteristics of cell wall. *Acta Pharmacologica Sinica* 25, 932-936.
22. **Chung** Y.-C. & Chen C.-Y. (2008). Antibacterial characteristics and activity of acid-soluble chitosan. *Bioresource Technology* 99, 2806-2814.
 23. **Coma** V., Martial-Gros A., Garreau S., Copinet A., Salin F., Deschamps A. (2002). Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of Food Science* 67, 1162-1169.
 24. **Costerton**, J. W., (1994). Structure of biofilms. In G. G. Geesey, Z. Lewandowski, & H. C. Flemming (Eds.), *Biofouling and biocorrosion in industrial water systems* (pp. 1–15). Lewis Publishers: Boca Raton, FL.
 25. **Devlieghere** F., Vermeulen A., Debevere J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology* 21, 703-714.
 26. **Dodd**, C.E.R., Adams, B.W., Mead, G.C., Waites, W.M., (1987). Use of plasmid profiles to detect changes in strains of *Staphylococcus aureus* during poultry processing. *J. Appl. Bacteriol.*, 63, 417-425.
 27. **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.
 28. **Dosti**, B., (1998). Effectiveness of ozone, heat and chlorine for destroying common food spoilage bacteria in synthetic media and biofilms. Thesis. Clemson University, Clemson, SC, pp. 69.
 29. **Doyle**, M.P. and Schoemi, M.P., (1987). Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from retail fresh meats and poultry. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53, 2394-2396.
 30. **Durango** A.M, Soares N.F.F, Andrade N.J (2006). Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control* 17, 336-341.
 31. **Dutta**, P. K., Tripathi, S., Mehrotra, G. K., & Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114, 1173-1182.
 32. **Echols**, J. T., & Mayne, S. T., (1990). Cooling tower management using ozone instead of multichemicals. *ASHRAE Journal*, 32, 34–38.

33. **Fernandes J.C.**, Eaton P., Gomes A.M., Pintado M.E., Malcata F.X. (2009). Study of the antibacterial effects of chitosans on *Bacillus cereus* (and its spores) by atomic force microscopy imaging and nanoindentation. *Ultramicroscopy* 109, 854-860.
34. **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, p:110-112.
35. **FDA**, (1995). Beverages: Bottled water: Final rule. Food and Drug Administration, *Federal Register*, 60, p:57075–57130.
36. **Fernandes J.C.**, Tavarina F.K., Soares J.C., Ramos O.S, Monteiro M.J., Pintado M.E., Malcata F.X. (2008). Antimicrobial effects of chitosan and chitoooligosaccharide, upon *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, in food model systems. *Food Microbiology* 25, 922-928.
37. **Fernandez-Saiz P.**, Soler C., Lagaron J.M., Ocio M.J. (2010). Effects of chitosan films on the growth of *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp. in laboratory media and in fish soup. *International Journal of Food Microbiology* 137, 287- 294.
38. **Foegeding**, P.M., (1985). Ozone inactivation of *Bacillus* and *Clostridium* spore populations and the importance of the spore coat to resistance. *Food Microbiology*, 2, 123-134.
39. **Galindo-Cuspinera V.**, Westhoff D.C., Rankin S.A.(2003). Antimicrobial properties of commercial annatto against selected pathogenic, lactic acid, and spoilage organisms. *Journal of Food Protection* 66, 1074-1078.
40. **Georgantelis D.**, Ambrosiadis, I., Katikou, P., Blekas, G., Georgakis, S. A. (2007). Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C. *Meat Science* 76, 172-181.
41. **Georgantelis D.**, Blekas G., Katikou P., Ambrosiadis I., Fletouris D. (2007). Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science* 75, 256-264.
42. **Gibson**, C.A., Elliot, J.A. & Beckett, D.C., (1960). Ozone for controlling mold on cheddar cheese. *Canadian Dairy and Ice Cream Journal*, 24-28.

43. **Goy R.C.**, de Britto D., Assis O.B.G. (2009). A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polimeros: Ciencia e Tecnologia* 19, 241-247.
44. **Grimes**, H.D., Perkins, K.K. & Boss, W.F., (1983). Ozone degrades into hydroxyl radical under physiological contortions. *Plant Physiology*, 72, 1016-1020.
45. **Guzel-Seydim**, Z. B., (1996). The use of ozonated water as a cleaning agent in dairy processing equipment. Ph.D. Thesis.
46. **Guzel-Seydim**, Z.B., Greene, A.K., & Seydim, A.C., (2003). Use of ozone in the food industry, *Swiss Society of Food Science and Technology* , 37, 453-460.
47. **Halachmy**, B. and Mannheim, C. V., (1991). Modified Atmosphere Packaging of Fresh Mushrooms. *Packaging Technology and Science*, 4, 279-286.
48. **Hao** Y.Y., Brackett R.E., Doyle M.P. (1998). Efficacy of plant extracts in inhibiting *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* in refrigerated cooked poultry. *Food Microbiology* 15, 367-378.
49. **Hauschild**, A.H.W., and Hilsheimer, R., (1980). Incidence of *C. botulinum* in commercial bacon. *J. Food Prot.*, 43, 564-571.
50. **Helander I.M.**, Nurmiaho-Lassila E.L., Ahvenainen R., Rhoades J. Roller S. (2001). Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of Gram-negative bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 71, 235-244.
51. **Hewes**, C.G., & Davison, R.R., (1973). Renovation of waste water by ozonation. *Institute of Chemical Engineering*, 69(129), 71-80.
52. **Holley** R.A., Patel D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food microbiology* 22, 273-292.
53. **Hoof**, F.V., (1982). Professional risks associated with ozone. In: *Ozonation manual for water and waste water treatment*, W.J. Masschelein (Eds.), p:200–201, New York: Wiley-Interscience.
54. **Horvath**, M., Bilitzky, L. & Huttner, J., (1985). Fields of utilization of ozone. In: *Ozone*. R.J.H Clark (ed.), Elsevier Science Pupliching Co. Inc. New York, p:257-316.

55. **Hosseini** M.H., Razavi S.H., Mousavi S.M.A., Shahidi S.A., Hasansaraei A.G. (2008). Improving antibacterial activity of edible films based on chitosan by incorporating thyme and clove essential oils and EDTA. *Journal of Applied Sciences* 8, 2895-29000.
56. **Inatsu** Y., Bari M.L., Kawasaki S., Kawamoto S. (2005). Effectiveness of some natural antimicrobial compounds in controlling pathogen or spoilage bacteria in lightly fermented Chinese cabbage. *Journal of Food Science* 70, 393-397.
57. **ICMF**, (2000). Microorganism in Foods, Microbial Ecology of Food Commodities, Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland, U.S.A., pp 75-129.
58. **Ingham** S.C., Escade J.M. and McCoon P., (1990). Comparative growth rate of *Listeria monocytogenes* and *Pseudomonas fragi* in cooked chicken loaf stored under air and two modified atmospheres. *J. Food Prot.*, 53, 289-291.
59. **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.
60. **Juntilla** J.R., Niemela S.I. and Hirn J., (1998). Maximum growth temperature of *Listeria monocytogenes* and non-haemolytic *Listeria*. *J. Appl. Bacteriol.*, 65, 321-327.
61. **Juven** B.J., Kanner J., Schved F., Weisslowicz H. (1994). Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active components. *Journal of Applied Bacteriology* 76, 626-631.
62. **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.
63. **Katzenelson**, E., Kletter, B. & Shuval, H.I., (1974). Inactivation kinetics of viruses and bacteria in water by use of ozone. *Journal of American Water Works Association*, 66, 725-729.
64. **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.
65. **Kim**, I.D. & Kim, S.D., (1991). Ozone treatment of fresh poultry meat. *Journal of Korean Society of Food and Nutrition*, 20, 483-487.

66. **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, 1071-1087.
67. **Kim** K.W., Daeschel M., Zhao Y. (2008). Edible coatings for enhancing microbial safety and extending shelf life of hard-boiled eggs. *Journal of Food Science* 73, 227-235.
68. **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.
69. **Kuypers**, L., Weinert, I. A. G., and McGrill, 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.
70. **Kwantes** W. and Isaacs M., (1971). Listeriosis. *B. Med.J.*, 4, 296.
71. **Lambert** R.J.W, Skandamis P.N., Cootte P.J., Nychas G.J.E. (2001). A study of the minimum inhibitory Concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology* 91, 453-462
72. **Langlais**, B., Reckhow, D.A. & Brink D.R. (eds), (1991). *Ozone in Water Treatment: Application and Engineering*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, USA.
73. **Legeron**, J. P., (1982). Utilization of ozone in swimming pools. In W. J. Masschelein (Ed.), *Ozonization manual for water and wastewater treatment* (pp. 243–247). New York: Wiley-Interscience.
74. **Lin** K.W. and Chao J.Y. (2001). Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. *Meat Science* 59, 343-351.
75. **Liu** X.F., Guan Y.L., Yang D.Z., Li Z., Yao K. (2001). Antibacterial action of chitosan and corboxymethylated chitosan. *Journal of Applied Polymer Science* 79, 1324-1335.
76. **Majchrowicz**, A., (1998). Food safety technology: a potential role for ozone? *Agricultural Outlook, Economic Research Service/USDA*, pp. 13–15.

77. **Manley** , T. C., & Niegowski, S.J., (1967). Ozone. In Encyclopedia of chemical technology (Vol. 14 2nd ed., pp. 410-432). Wiley: New York.
78. **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.
79. **Marques A., Encarnacao S., Pedro S., Nunes M.L.** (2008). In vitro antimicrobial activity of garlic, oregano and chitosan against *Salmonella enterica*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24, 2357-2360.
80. **Mastromatteo M., Lucera A., Sinigaglia M., Corbo M.R.** (2009). Combined effects of thymol, carvacrol and temperature on the quality of non conventional poultry patties. *Meat Science* 83, 246-254.
81. **McKenzie**, K.S., Sarr, A.B. Mayura, K., Bailey, R.H., Miller, D.R., Rogers, T.D., Norred, W.P., Voss, K.A., Plattner, R.D., Kubena, L.F. & Phillips, T.D., (1997). Oxidative degradation and detoxification of mycotoxins using a novel source of ozone. *Food and Chemical Toxicology*, 35, 807-820.
82. **Mead I.**, (1989). *Poultry Processing*, Elsevier Publishers Ltd, pp. 30-111.
83. **Muthukumarappan**, K., Halaweish, F. & Naidu, A.S., (2000). Ozone. In: *Natural Food Anti-Microbial Systems*, p:783–800. A.S Naidu, Eds. CRC Press, Boca Raton, FL.
84. **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.
85. **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.
86. **Nickols**, D., & Varas, A.J., (1992). *Ozonation: Disinfection alternatives for safe drinking water*. Bryant, E.A., Fulton, G.P., and Budd, G.C. Van Nostrand Reinhold, p:197-258, New York.
87. **No H.K., Park N.Y., Lee S.H., Hwang H.J., Meyers S.P.** (2002). Antibacterial activities of Chitosans and Chitosan with Different Molecular Weights on Spoilage Bacteria Isolated from Tofu. *Journal of Food Science* 67, 1511-1514.

88. **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.
89. **N.R.C.**, (1985). An evaluation of the role of microbiological criteria for foods and food ingredients. National Academic Press: Washington D.C.
90. **Oehlschlaeger**, H.F., (1978). Reactions of ozone with organic compounds. In: R.G. Rice, & J. A. Cotruvo (Eds.), *Ozone/chlorine dioxide oxidation products of organic material*, Cleveland: Ozone Press International, 20–37.
91. **Ojagh** S.M., Rezaei M., razavi S.H., Hosseini S.M.H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry* 120, 193-198.
92. **Pascual**, A., Liorca, I. & Canut, A., (2007). Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. *Trends in Food Science and Technology* , 18, 29-35.
93. **Patterson** M.F., Damoglou A.P. Buick R.K., (1993). Effect of irradiation on poultry meat and in phosphate-buffered saline. *Lett. Appl. Microbiol.*, 8, 181-184.
94. **Pranoto** Y. Rakshit S.K., Salokhe V.M. (2005). Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *Lebensmittel Wissenschaft und-Technologic* 38, 859-865.
95. **Quattara** B., Simard R.E., Piette G., Begin A., Holley R.A. (2000). Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology* 62, 139-148.
96. **Raafat** D., Bargan K., Haas A., Sahl H.-G. (2008). Insights into the mode of action of chitosan as an antibacterial compound. *Applied and Environmental Microbiology* 74, 3764-3773.
97. **Restaino**, L., Frampton, E. W., Hemphill, J. B., & Palnikar, P., (1995). Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(9), 3471–3475.
98. **Rice**, R. G., Farguhar, J. W., & Bollyky, L. J., (1982). Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods. *Ozone Science and Engineering*, 4, 147–163.

99. **Rice**, R.G. & Netzer, A., (1984). Handbook of ozone technology and applications, 2, Ozone for drinking water treatment. Butterworth, Stoneham, M,A,USA.
100. **Rice**, R. G., Robson, C. M., Miller, G. W., & Hill, A. G., (1981). Uses of ozone in drinking water treatment. *Journal of the American Water Works Association*, 73(1), 44–57.
101. **Rice**, R.G., (1986). Application of ozone in water and waste water treatment. In: R.G. Rice, & M.J. Browning (Eds.), *Analytical aspects of ozone treatment of water and waste water*, p:7–26, Syracuse, NY: The Institute.
102. **Rojek**, U., Hill, A. & Griffiths, M., (1995). Preservation of milk by hyperbaric ozone processing. *Journal of Dairy Science*, 78(Supp I), 125.
103. **Rota** C., Carraminana J.J., Burinllo J., I Herrera A. (2004). In vitro antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants against selected foodborne pathogens. *Journal of Food Protection* 67,1252-1256.
104. **Sagoo**, S., Board R., Roller S. (2002). Chitosan inhibits growth of spoilage microorganisms in chilled pork products. *Food microbiology* 19, 175-182.
105. **Sanchez-Gonzalez** L., Gonzalez-Martinez C., Chiralt A., Chafer M. (2010). Physical and antimicrobial properties of chitosan—tea tree essential oil composite films. *Journal of Food Engineering* 98, 443-452
106. **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.
107. **Sehested**, K., Holeman, J., Bjergbakke, E. & Hart E.J., (1987). Ozone decomposition in aqueous acetate solutions. *Journal of Physical Chemistry*, 91, 2359-2361.
108. **Shahidi** F., Arachchi L.K.V., Jeon Y.J. (1999). Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science and Technology* 10, 37-51.
109. **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.
110. **Sikkema** J., De Bont J.A.M., Poolman B. (1995). Mechanism of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiology Reviews* 59, 201-202.

111. **Simon**, A., Gonzales-Fandos, E. & Tobar, V., (2005). The sensory and microbiological quality of fresh sliced mushroom (*Agaricus Bisporus L.*) packaged in modified atmospheres. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 943-952.
112. **Simpson** B.K., Gagne N., Ashie I.N.A., Noroozi E. (1997). Utilization of chitosan for preservation of raw shrimp (*Pandalus Borealis*). *Food Biotechnology* 11, 25-44.
113. **Skandamis** N.P., Tsigarida E., Nychas G.-J.E. (2002). The effect of oregano essential oil on survival/death of *Salmonella typhimurium* in meat stored at 5 °C under aerobic, VP/MAP conditions. *Food Microbiology* 19, 97-103.
114. **Skog**, L.J., & Chu, C.L., (2000). Ozone technology for shelf life extension of fruits and vegetables. In: Ben-Aire, R., Philosoph-Hadas, S. (Eds.), *Proceedings of the Fourth Conference On Postharvest*, vol. II, Acta Horticulturae, 553, ISHS, p:285–291.
115. **Smibert** R.M., (1984). *Campylobacter* in *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol 1, Krieg N.R. and Holt J.G. (Eds). William and Wilkins: Baltimore and London.
116. **Smith-Palmer** A., Stewart J., Fyfe L. (1998). Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Letters in Food Microbiology* 26, 118-122.
117. **Soultos**, N., Tzikas, Z., Abraham, A., Georgantelis, D., Amvrosiadis, I. (2008). Chitosan effects on quality properties of Greek-style fresh pork sausages. *Meat Science* 80, 1150- 11 56.
118. **Staelin**, 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.
119. **Stecchini** M.L., Sarais I., Giavedoni P. (1993). Effect of essential oils on *Aeromonas hydrophila* in a culture medium and in cooked pork. *Journal of Food Protection* 56, 406- 409.
120. **Strittmatter**, R. J., Yang, B., & Johnson, D. A., (1996). Ozone application for cooling tower water. *ASHRAE Journal*, 38, 27–34.
121. **Tano**, K., Arul, J., Doyon, G. & Castaigne F., (1999). Atmospheric Composition and Quality of Fresh Mushrooms in Modified Atmosphere

- Packages as Affected by Storage Temperature Abuse. *Journal of Food Science*, 64, 6.
122. **Tzortzakis**, N.G., Singleton, I. & Barnes, J.D., (2007). Deployment of low-level ozone-enrichment for the preservation of chilled fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, 43, 261–270.
 123. **Tripathi S.**, Mehrotra G.K., Tripathi C.K.M., Banerjee B., Joshi A.K., Dutta P.K. (2008). Chitosan based bioactive film: Functional properties towards biotechnological needs. *Asian Chitin Journal* 4, 29-36.
 124. **Tsai G.-J.**, Tsai M.-T., lee J.-M., Zhong M.-Z. (2006). Effects of chitosan and a lowmolecular-weight chitosan on *Bacillus cereus* and application in the preservation of cooked rice. *Journal of Food Protection* 69, 2168-2175.
 125. **Ultee A.**, and Smid E.J. (2001). Influence of carvacrol on growth and toxin production by *Bacillus cereus*. *International Journal of Food Microbiology* 64, 373-378.
 126. **Ultee A.**, Bennik M.H.J., Moezelaar R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology* 68, 1561-1568.
 127. **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.
 128. **USDA**, (1997). Code of Federal Regulations, Title 9, Part 381-386. Poultry products; temperatures and chilling and freezing procedures. Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, Washington, D.C., USA.
 129. **Vaara M.** (1992). Agents that increase the permeability of the outer membrane. *Microbiological Reviews* 56, 395-411.
 130. **Vargas M.**, Albors A., Chiralt A., Gonzalez M.C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Post-harvest Biology and Technology* 41, 164-171.
 131. **Videla**, H. A., Viera, M. R., & Guamet, P. S. (1995). Using ozone to control biofilms. *Material Performance*, 34, 40–44.
 132. **Vishu Kumar A.B.**, Varadaraj M.C., Gowda L.G., Tharanathan R.N. (2007). Low molecular weight chitosan-Preparation with the aid of pronase,

- characterization and their bactericidal activity towards *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. *Biochimica et Biophysica Acta* 1770, 495-505.
133. **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.
 134. **Wan J.**, Wilcock A., Coventry M.J. (1998). The effect of essential oils of basil growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Applied Microbiology* 84, 152-158.
 135. **Wang X.**, Du Y., Fan L., Liu H., Hu Y (2005). Chitosan-metal complexes as antimicrobial agents: Synthesis, characterization, and structure-activity studies. *Polymer Bulletin* 55, 105- 113.
 136. **Ward S.M.**, Delaquis P.J., Holley R.A., Mazza G. (1998). Inhibition of spoilage and pathogenic bacteria on agar and pre-cooked roasted beef by volatile horseradish distillates. *Food Rerearsch International* 31, 19-26.
 137. **Wilkins** P.O., Bourgeois R, and Murray R.G.E., (1972). Psychotropic properties of *Listeria monocytogenes*. *Can. J. Microbiol.*, 18, 543-549.
 138. **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.
 139. **Ye M.**, Neetoo H., Chen H. (2008). Control of *Listeria motocytoenes* on ham steaks by antimicrobials incorporated into chitosan-coated plastic films. *Food Microbiology* 25, 260-268.
 140. **Yingyuad** B.S., Ruamsin S., Reekprkhon D., Douglas S., Pongamphai S., Siripatrawan U. (2006). Effect of chitosan coating and Vacuum Packaging on the quality of refrigerated grilled pork. *Packaging Technology and Science* 19, 149-157.
 141. **Zhai M.**, Zhao L., Yoshii F., Kume T. (2004). Study on antibacterial starch/chitosan blend film formed under the action of irradiation. *Carbohydrate Polymers* 57, 83-88.
 142. **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.

143. **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.
144. **Zivanovics., Chi S., Draughon A.A.E.** (2005). Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *Journal of Food Science* 70, 45-51.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Βουδούρης Ε.Κ.**, Κοντομηνάς Μ.Γ., (1990). Ανάλυση τροφίμων: Θεωρία και Εφαρμογές, Ιωάννινα, Ο.Ε.Δ.Β., σελ. 193-204.
2. **Γεωργάκης Σ.Α.**, (2002). Τεχνολογία Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, σελ. 33-51, 171-273, 337-350.
3. **Γιαννακόπουλος Α.**, (1991). Ορνιθοτροφία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, σελ. 12-63.
4. **Δεμερτζής, Π.**, Κοντομηνάς, Μ.Γ., (2006). Τεχνολογία Τροφίμων. Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο. Ιωάννινα.
5. **Καρακώστα. Ε.**, (2010). Επίδραση του οξονισμού και της συσκευασίας στο χρόνο ζωής της νωπής ντομάτας συντηρούμενης υπό ψύξη. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
6. **Κοντομηνάς Μ.Γ.** και Κ.Α. Ρηγανάκος, (2007). Συντήρηση και συσκευασία τροφίμων. Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο. Ιωάννινα.
7. **Κοντομηνάς Μ.Γ.**, (1995). Πλαστική Συσκευασία Τροφίμων, Ανάλυση και Ποιοτικός Έλεγχος. ΟΠΕ, Αθήνα.
8. **Πατσιάς Α.**, (2005). "Βελτιστοποίηση του χρόνου ζωής προμαγειρεμένου φιλέτου κοτόπουλου συσκευασμένου σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα". Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
9. **Σπαής Α.Β.**, Χατζηζήσης Λ., (2001). Εκτροφή παραγωγικών πτηνών, όρνιθες, ινδιανόρνιθες, μελεαγρίδες, ορτύκια, πάπιες, χήνες. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία. Θεσσαλονίκη.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. www.statistics.gr
2. www.fao.org