



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΡΕΒΙΟΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ
ΤΩΝ ΠΤΗΝΩΝ



ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΖΟΥΤΗ

Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Ελευθέριος Μπόνος

Άρτα, Μάιος 2020

**USE OF PROBIOTICS AND PREBIOTICS IN
POULTRY NUTRITION**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, Μάιος 2020

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. **Επιβλέπων:**

Ελευθέριος Μπόνος

Αναπληρωτής Καθηγητής

2. **Μέλος επιτροπής:**

Ευαγγελία Γκούβα

ΕΔΙΠ

3. **Μέλος επιτροπής:**

Γεώργιος Μαγκλάρας

ΕΔΙΠ

© Ζούτη Αγγελική, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Αγγελική Ζούτη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας σημαντικό ρόλο δεν είχε αποκλειστικά η ατομική μου προσπάθεια αλλά και η έμπρακτη βοήθεια του Αναπληρωτή καθηγητή κ. Μπόνου Ελευθέριου που στάθηκε στο πλευρό μου καθ' όλη την προετοιμασία της εργασίας μου και έδειξε τη στήριξή του με τις χρήσιμες συμβουλές του και του οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ που με μεγάλη θέρμη με βοήθησε από την πρώτη στιγμή μέχρι την ολοκλήρωση της εργασίας και μου προσέφερε περαιτέρω γνώσεις. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που από τις πρώτες μου προσπάθειες πίστεψε σε μένα και με βοήθησε να εξελιχθώ σαν άνθρωπος αλλά και σαν γνώστης του τομέα μου. Τέλος εξίσου αξιοσημείωτη είναι και η συμβολή των ανθρώπων αυτών που αποτελούν τον κοινωνικό μου κύκλο και που σε δύσκολες στιγμές μου έδιναν την κατάλληλη ψυχολογική υποστήριξη που μου ήταν απαραίτητη. Όλους εσάς και τον καθένα ξεχωριστά σας ευχαριστώ για αυτό που με βοηθήσατε να γίνω και να καταφέρω να βγάλω εις πέρας ένα από τα πιο δύσκολα κατορθώματα που χρειάστηκε να αντιμετωπίσω.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτηνοτροφία αποτελεί έναν από τους σπουδαιότερους κλάδους της ζωικής παραγωγής καθώς είναι ένας αρκετά κερδοφόρος κλάδος για τους επιχειρηματίες αλλά και για το εργατικό δυναμικό. Η προσπάθεια των επιστημόνων να βελτιώσουν τις αποδόσεις των πτηνών σε κρέας και σε αυγά αρχικά τους οδήγησε στην εύρεση παραγόντων που θα συνέβαλαν στην ταχεία ανάπτυξή τους. Οι παράγοντες αυτοί χρησίμευαν στην αύξηση των αποδόσεων των πτηνών αλλά και στην βελτίωση του επιπέδου υγείας τους. Οι λεγόμενοι αντιβιοτικοί αυξητικοί παράγοντες είχαν θετικά εμφανή αποτελέσματα τον πρώτο καιρό, αλλά με την πάροδο του χρόνου αποδείχτηκε ότι θα μπορούσαν να προκαλέσουν ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην υγεία των ζώων, όσο και των ανθρώπων. Προκειμένου να μπορέσουμε να εξαλείψουμε αυτές τις επιπτώσεις είναι ανάγκη να ερευνήσουμε άλλες ουσίες που θα αποτελούσαν θρεπτικούς παράγοντες για τα πτηνά. Σύγχρονες έρευνες σχετικά με τη χρήση των προβιοτικών και πρεβιοτικών ουσιών στα σιτηρέσια των πτηνών είναι ελπιδοφόρες για την βελτίωση της τωρινής κατάστασης σχετικά με την υγεία των πτηνών αλλά και την αύξηση των αποδόσεών τους. Σε γενικές γραμμές, οι ουσίες αυτές αποσκοπούν στο να βελτιώσουν και να σταθεροποιήσουν την ισορροπία της μικροχλωρίδας του εντέρου των πτηνών και κατά συνέπεια στην βελτίωση της υγείας του.

Λέξεις - κλειδιά: αυξητικά αντιβιοτικά, μικροβιοανθεκτικότητα, προβιοτικά, πρεβιοτικά, πτηνά, κοτόπουλα, κρέας.

ABSTRACT

Poultry farming is one of the most important sectors of livestock production as it is a very profitable sector for both the business and the labor force. Scientists' efforts to improve the performance parameters of poultry meat and eggs production, initially led them to find factors that would contribute to their rapid growth. These factors not only served to increase yields, but also to improve the health status. So-called antibiotic growth promoters have had obvious positive effects in the early days, but over time it has been shown that they could have a negative impact on both animal and human health. In order to be able to eliminate these impacts, we need to look for other feed supplements for poultry. New research into the use of probiotic and prebiotic substances in poultry diets, gives hope for improving the current state of poultry health and increasing their yields. In general, these substances which are intended to improve and maintain the intestinal microflora balance and to improve the gut health status.

Keywords: antibiotic growth promoters, microbial resistance, probiotics, prebiotics, poultry, broiler chickens, meat

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Δήλωση μη λογοκλοπής	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT.....	8
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
2. ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	20
2.1 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΠΤΗΝΩΝ	20
2.1.1 Στοματοφάρυγγας.....	20
2.1.2 Σιαλογόνοι αδένες	21
2.1.3 Οισοφάγος	22
2.1.4 Στόμαχος.....	22
2.1.5 Ήπαρ.....	24
2.1.6 Σπλήνας	25
2.1.7 Πάγκρεας	26
2.1.8 Εντερικός σωλήνας.....	27
2.1.9 Αμάρα	27
2.2 Το φαινόμενο της πέψης	29
2.3 Πέψη στα πτηνά	31
2.4 Ο πεπτικός σωλήνας των πτηνών.....	34
2.4.1 Δραστηριότητα πεπτικού σωλήνα των πτηνών	34
2.4.2 Κινητικότητα του πεπτικού σωλήνα	36
2.5 Εκκρίσεις του στομάχου	36
2.5.1 Κινητικότητα του λεπτού εντέρου	38
2.5.2 Κινητικότητα του παχέος εντέρου	38
2.6 Ο ρόλος της μικροβιακής χλωρίδας του πεπτικού σωλήνα	39
3. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΤΙΒΙΟΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΤΗΝΩΝ.....	43
3.1 Χρήση αντιβιοτικών στη διατροφή των πτηνών ως αυξητικοί παράγοντες	43
3.2 Το φαινόμενο της μικροβιοανθεκτικότητας στην πτηνοτροφία	47
3.3 Περιορισμός της χρήσης αυξητικών αντιβιοτικών στην Ευρωπαϊκή Ένωση και παγκοσμίως	53
4. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΥΛΕΣ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ	55

5. ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ	56
5.1 Μηχανισμός δράσης των προβιοτικών	57
5.2 Τροποποίηση του μικροβιακού πληθυσμού του γαστρεντερικού σωλήνα	59
5.3 Χρήση προβιοτικών σε πτηνά: Επίδραση στην ανάπτυξη, ανοσοαπόκριση, μικροχλωρίδα, εντερική μορφολογία και ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων	60
5.4 Έγκριση χρήσης και σύνθεση προβιοτικών πρόσθετων υλών και μικροοργανισμών	64
6. ΠΡΕΒΙΟΤΙΚΑ.....	69
6.1 Επίδραση των πρεβιοτικών στην υγεία των ζώων	70
6.2 Επιδράσεις των πρεβιοτικών στις αποδόσεις των πτηνών	72
6.3 Χρήση πρεβιοτικών στην εντατική πτηνοτροφία για τον περιορισμό του <i>Campylobacter</i>	75
6.4 Μαννοζο-ολιγосακχαρίτες.....	77
7. Νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη χρήση των προβιοτικών και πρεβιοτικών.....	80
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

AGP: Antimicrobial Growth Promoters

AR: Antimicrobial Resistance

CE: Communauté Européenne (Ευρωπαϊκή Συμμόρφωση)

EFSA: European Food Safety Authority

FAO: Food and Agriculture Organization

FDA.: Food and Drug Administration

FOS: Fructooligosaccharides

GBF: Germinated Barley Food Stuff

GIT: Gastrointestinal tract

GOS: Galactooligosaccharides

GRAS: Generally Recognized As Safe

LAB: Lactic Acid Bacteria

MOS: Mannanoligosaccharides

MRSA: Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus

NGS: Next Generation Sequencing

NDO: Non Digestible Oligosaccharides

PH: Potential of Hydrogen

QPS: Qualified Presumption of Safety

SCFA: Short Chain Fatty Acids

WHO: World Health Organization

EE: Ευρωπαϊκή Ένωση

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πτηνοτροφία αποτελεί έναν από τους πλέον πιο σημαντικούς κλάδους της ελληνικής κτηνοτροφίας καθώς όχι μόνο συμβάλλει στην παγκόσμια αλλά και ελληνική αγροτική οικονομία, αλλά έχει αντιπροσωπευτικό ρόλο τουλάχιστον όσον αφορά την ελληνική αγροτική παραγωγή με ποσοστό 5% της συνολικής της αξίας. Σήμερα στη χώρα υπάρχει μεγάλος αριθμός πτηνοτροφικών επιχειρήσεων με αποτέλεσμα η εγχώρια ζήτηση σε κοτόπουλο (αυγό και κρέας) σχεδόν καλύπτεται ολοκληρωτικά με την ετήσια παραγωγή, η οποία υπολογίζεται στα 120.000.000 κοτόπουλα και 1.500.000.000 αυγά (Πτηνοτροφία, 2009).

Ποσοστιαία στην Ελλάδα φαίνεται ότι η πλειοψηφία της παραγωγής κοτόπουλου εντοπίζεται στην Ήπειρο με ποσοστό 45% της συνολικής ελληνικής παραγωγής, ύστερα ακολουθεί η Στερεά Ελλάδα που οφείλεται για το 27% της παραγωγής, ενώ με 18% βρίσκεται στην τρίτη θέση η Μακεδονία μαζί με τη Θράκη. Όσον αφορά την αυγοπαραγωγή η κατανομή είναι πιο ομοιόμορφη, ωστόσο το προβάδισμα το έχει η Αττική αφήνοντας αρκετά πίσω της τις υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδος.

Η ελληνική πτηνοτροφία αποτελεί έναν αρκετά κερδοφόρο τομέα για τους Έλληνες κτηνοτρόφους που επιθυμούν να ασχοληθούν με αυτόν, προσφέροντας κέρδη πολλών εκατομμυρίων ευρώ. Σύμφωνα με στοιχεία του 2004, ο συνολικός τζίρος της πτηνοτροφίας έφτασε τα 700.000.000€ ενώ ο μέσος τζίρος του άμεσα εξαρτημένου κλάδου έφτασε στα 1.200.000.000€. Μόνο στο άμεσο προσωπικό των οργανωμένων επιχειρήσεων καταβλήθηκαν το 2005 ως καθαρές αποδοχές άνω των 50.000.000€ ενώ καταβλήθηκαν και περί τα 27.000.000€ στα ασφαλιστικά τους ταμεία. Τα ποσά για το σύνολο του κλάδου είναι τριπλάσια ενώ αν συνυπολογισθούν και οι έμμεσα εξαρτώμενες θέσεις εργασίας πλησιάζουν το τετραπλάσιο. Παράλληλα ο τομέας αυτός συμβάλλει στην απορρόφηση αρκετών ζωοτροφικών προϊόντων όπως καλαμπόκι και σιτάρι από τους Έλληνες παραγωγούς, δίνοντας τους τη δυνατότητα να πουλήσουν την παραγωγή τους στην εγχώρια αγορά και διευκολύνοντας τους από το να εξαρτούνται από τις εξαγωγές, που ενδεχομένων όχι μόνο δεν θα ήταν ένας επιτεύξιμος στόχος αλλά δεν θα είχαν το ίδιο κέρδος. Υπολογίζεται ότι πάνω από 500.000 τόνοι δημητριακά πουλήθηκαν το 2004 στην ελληνική πτηνοτροφία (Πτηνοτροφία, 2009).

Τα κεφάλαια που έχουν επενδυθεί στον κλάδο ξεπερνούν το 1.000.000.000€. Μόνο οι μονάδες της ζωικής παραγωγής (κοτέτσια), ξεπερνούν σε έκταση τα

3.000.000 τετραγωνικά. Ακόμα και σήμερα βρίσκονται σε εξέλιξη επενδυτικά προγράμματα ύψους άνω των 30.000.000€.

Το 80% της Ελληνικής παραγωγής ελέγχεται από 10 επιχειρήσεις, οι οποίες είναι πλήρως καθετοποιημένες και καλύπτουν την παραγωγή νεοσσών, την παραγωγή φυράματος, την σφαγή – τυποποίηση, την εμπορία – διακίνηση. Οι τέσσερις μεγαλύτερες επιχειρήσεις που καλύπτουν το 60% της Ελληνικής παραγωγής είναι:

1 Ο ΠΤΗΝ/ΚΟΣ ΣΥΝ/ΜΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ «ΠΙΝΔΟΣ» με 27%

2 Η Θ. ΝΙΤΣΙΑΚΟΣ ΑΒΕΕ με 13%

3 Η Η.Κ.Ε με 12%

4 Ο ΠΤΗΝ/ΚΟΣ ΣΥΝ/ΜΟΣ ΑΡΤΑΣ με 8%

Το 30% της Ελληνικής παραγωγής ελέγχεται από παραγωγούς, οι οποίοι είναι μέλη των πτηνοτροφικών συνεταιρισμών Ιωαννίνων και Άρτας και το 70% παράγεται από παραγωγούς που συνεργάζονται με ιδιωτικές επιχειρήσεις (Πτηνοτροφία, 2009).

Αριθμός κεφαλών ή κομμιών							
Περιφέρειες και Περιφερειακές Ενότητες	Όρνιθες - Hens		Χήνες Geese	Πάπιες Ducks	Γαλοπούλες Turkeys	Κουνέλια Rabbits	Στρουθο- κάμηλοι Ostriches
	Συστηματικών πτηνοτροφείων In organized poultry-farms	Χωρικής εκτροφής Local breed					
Σύνολο Ελλάδας	33.617.568	3.644.752	20.682	25.107	257.011	869.247	1.229
Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	830.118	245.146	2.316	3.030	5.894	21.135	15
Ροδόπης	17.500	75.329	1.101	1.617	3.032	7.450	5
Δράμας	54.680	39.922	75	10	—	124	—
Έβρου	311.665	55.732	950	1.049	2.771	12.668	—
Θάσου	760	4.735	—	—	—	—	—
Καβάλας	150.550	32.715	5	15	—	23	—
Ξάνθης	294.963	36.713	185	339	91	870	10
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	7.234.954	299.570	181	609	41.268	13.220	49
Θεσσαλονίκης	1.474.127	52.070	15	15	26.160	140	—
Ημαθίας	106.780	10.132	—	154	176	101	—
Κιλκίς	509.944	13.905	—	—	—	235	—
Πέλλας	167.035	74.025	106	415	297	8.400	—
Πιερίας	1.211.850	83.690	60	25	35	1.185	—

Σερρών	2.559.064	34.962	—	—	14.600	3.111	49
Χαλκιδικής	1.206.154	30.786	—	—	—	48	—
Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας	26.015	205.702	2.163	1.538	590	4.264	0
Κοζάνης	18.015	86.127	1.903	990	78	2.599	—
Γρεβενών	8.000	58.940	20	68	403	720	—
Καστοριάς	—	14.195	—	—	—	—	—
Φλώρινας	—	46.440	240	480	109	945	—
Περιφέρεια Ηπείρου	13.706.767	363.474	932	615	86.336	3.673	5
Ιωαννίνων	7.612.863	165.908	91	87	85.710	2.356	5
Άρτας	1.622.125	144.250	115	190	340	145	—
Θεσπρωτίας	1.700	29.947	331	338	131	1.000	—
Πρέβεζας	4.470.079	23.369	395	—	155	172	—
Περιφέρεια Θεσσαλίας	807.614	414.204	3.209	2.863	92.247	11.856	38
Λάρισας	780.624	68.608	110	105	74.970	810	30
Καρδίτσας	7.690	147.610	2.054	1.315	2.757	5.985	—
Μαγνησίας	10.900	27.886	—	—	2.080	—	—
Σποράδων	—	1.070	—	—	—	—	—
Τρικάλων	8.400	169.030	1.045	1.443	12.440	5.061	8
Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	5.858.885	165.768	620	477	861	31.979	77
Φθιώτιδας	29.070	71.859	239	188	136	23.469	17
Βοιωτίας	2.467.507	10.820	30	30	65	303	60
Εύβοιας	3.296.600	49.160	145	114	73	1.315	—
Ευρυτανίας	—	14.988	78	46	142	2.734	—
Φωκίδας	65.708	18.941	128	99	445	4.158	—
Περιφέρεια Ιονίων Νήσων	170	67.679	684	1.365	4.111	19.128	0
Κέρκυρας	170	26.983	523	1.042	3.127	910	—
Ζακύνθου	—	28.665	35	188	824	14.565	—
Ιθάκης	—	712	—	—	—	75	—
Κεφαλληνίας	—	6.719	71	90	140	2.248	—
Λευκάδας	—	4.600	55	45	20	1.330	—
Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας	319.066	768.268	6.728	8.122	7.431	91.402	175
Αχαΐας	11.566	106.627	1.496	186	686	18.053	45
Αιτωλ/νανίας	5.000	468.792	2.276	3.656	1.210	47.988	55
Ηλείας	302.500	192.849	2.956	4.280	5.535	25.361	75
Περιφέρεια Πελοποννήσου	1.110.929	291.541	237	278	4.134	31.810	242

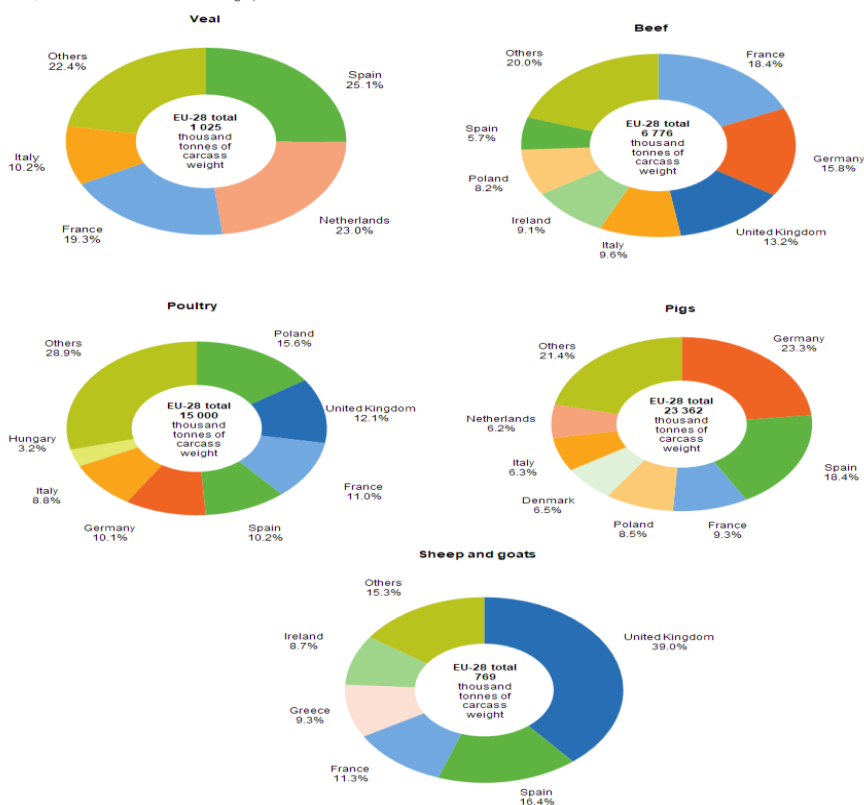
Αρκαδίας	178.100	47.242	15	—	61	5.055	15
Αργολίδας	29.620	34.855	46	90	1.842	3.470	40
Κορινθίας	715.651	51.280	6	31	545	13.705	—
Λακωνίας	180.400	71.890	150	65	155	7.708	123
Μεσσηνίας	7.158	86.274	20	92	1.531	1.872	64
Περιφέρεια Αττικής	3.090.357	35.815	30	355	2.370	4.209	0
Κεντρικού Τομέα Αθηνών	—	—	—	—	—	—	—
Βορείου Τομέα Αθηνών	—	185	—	—	—	—	—
Δυτικού Τομέα Αθηνών	—	200	—	—	—	—	—
Νοτίου Τομέα Αθηνών	—	—	—	—	—	—	—
Ανατολικής Αττικής	728.340	23.660	—	—	—	319	—
Δυτικής Αττικής	2.354.617	6.350	30	295	2.370	3.480	—
Πειραιώς	—	95	—	—	—	—	—
Νήσων	7.400	5.325	—	60	—	410	—
Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου	88.500	91.495	375	770	2.138	11.303	14
Λέσβου	69.500	54.230	304	630	1.360	1.542	6
Ικαρίας	—	12.600	—	—	110	2.350	—
Λήμνου	—	5.545	22	53	512	1.080	8
Σάμου.	—	5.435	—	—	—	1.645	—
Χίου	19.000	13.685	49	87	156	4.686	—
Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου	147.823	161.811	728	1.869	2.863	43.281	90
Σύρου	2.500	5.750	65	95	115	2.340	—
Άνδρου	—	20.535	143	147	165	1.129	—
Θήρας	—	15.374	85	67	216	10.949	—
Καλύμνου	11.000	11.560	10	153	510	1.185	—
Καρπάθου	—	2.605	—	—	—	1.855	—
Κύθνου	—	5.388	85	70	65	716	—
Κω	500	10.200	—	—	304	1.800	—
Μήλου	—	7.268	25	30	158	1.092	—
Μυκόνου.	—	2.450	—	—	—	100	—
Νάξου	—	37.442	300	420	1275	10.945	—
Πάρου	—	9.850	5	624	55	550	—
Ρόδου	133.823	24.789	—	123	—	6.520	90
Τήνου	—	8.600	10	140	—	4.100	—
Περιφέρεια Κρήτης	396.370	534.279	2.479	3.216	6.768	581.987	524
Ηρακλείου	93.880	255.994	1.634	2.495	3.189	394.644	243
Λασιθίου	—	65.626	—	—	1593	49.698	98

Ρεθύμνης	262.200	46.701	514	306	735	29.954	7
Χανίων	40.290	165.958	331	415	1.251	107.691	176

Πίνακας 1.1: Πουλερικά, κουνέλια (όλων των ηλικιών) και κυψέλες μελισσών στις 31.12.2017, κατά Περιφέρεια και Περιφερειακή Ενότητα της Ελλάδας (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2017).

Η μέση τιμή πραγματικών τιμών για τα κοτόπουλα είναι επίσης υψηλότερη από ό,τι το 2016. Η ΕΕ παρήγαγε περίπου 15,0 εκατομμύρια τόνους κρέατος πουλερικών το 2017, ένα νέο υψηλό ρεκόρ. Αυτό αντιπροσωπεύει σωρευτική αύξηση της παραγωγής από το 2010 περίπου κατά 25% ή 3,0 εκατομμύρια τόνους. Το 2017, τα δύο τρίτα της παραγωγής πουλερικών στην ΕΕ ήταν σε έξι κράτη μέλη. Αυτές ήταν η Πολωνία (15,6%), το Ηνωμένο Βασίλειο (12,1%), η Γαλλία (11,0%), η Ισπανία (10,2%), η Γερμανία (10,1%) και η Ιταλία (8,8%). Οι έρευνες για την κτηνοτροφία καλύπτουν επαρκείς γεωργικές εκμεταλλεύσεις που αντιπροσωπεύουν το 95% τουλάχιστον του εθνικού ζωικού κεφαλαίου, όπως καθορίστηκε από την τελευταία έρευνα σχετικά με τη διάρθρωση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Τα στατιστικά στοιχεία για τα ζώα και το κρέας συλλέγονται από τα κράτη μέλη της ΕΕ βάσει του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1165/2008, που καλύπτει το ζωικό κεφάλαιο βοοειδών, χοίρων, προβάτων και αιγών. Από τα όργανα της ΕΕ, πραγματοποιούνται στατιστικές αναλύσεις σχετικά με τη σφαγή βοοειδών, χοίρων, αιγοπροβάτων και πουλερικών και προβλέψεις παραγωγής για το βόειο κρέας, το χοίρειο κρέας, το πρόβειο κρέας και το γίδινο κρέας (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2017).

Production of meat, 2017
(% share of EU-28 total, based on tonnes of carcass weight)



Note: The EU-28 aggregates correspond to the sum of the Member States for which data are available.
Source: Eurostat (online data code: apro_mt_pann)

eurostat

Εικόνα 1.1: Παραγωγή κρέατος στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2017 (EC, 2020).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραγωγή των βασικών προϊόντων πουλερικών (κρέας και αυγά) αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς. Αυτό αντικατοπτρίζει την κατανάλωση με βάση, σύμφωνα με την προτίμηση των καταναλωτών για αυτά τα προϊόντα υψηλής ποιότητας και τη σχετικά χαμηλή τιμή, κάτι που επιτυγχάνεται λόγω της αποδοτικότητας της παραγωγής. Κατά τη διάρκεια περιόδου 10 ετών μεταξύ 1995 και 2005, η κατανάλωση και συνεπώς η παραγωγή κρέατος αυξήθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο: το κρέας κοτόπουλου 53%, το κρέας γαλοπούλας 13%, το κρέας πάπιας 67%, τα αυγά όρνιθας 39% και άλλα αυγά 27%.

Μεταξύ των μεγαλύτερων αυξήσεων στην παραγωγή κρέατος κοτόπουλου στις χώρες με τις υψηλότερες παραγωγές ήταν αυτές της Ινδίας (217%), της Κίνας (67%) και της Βραζιλίας (112%). Μία από τις μεγαλύτερες ποσοστιαίες αυξήσεις (136%) επιτεύχθηκε στο Βιετνάμ (από 0,14 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 1995 σε 0,32 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2005). Η αύξηση της παραγωγής κρέατος κοτόπουλου στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν 38% για την περίοδο των 10 ετών. Αυτό

είναι παρόμοιο με αυτό για το σύνολο για την Ευρώπη (30%, από 8,75 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 1995 σε 11,4 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2005), όπως για παράδειγμα η Ρωσική Ομοσπονδία παρουσιάζει αύξηση 40% (από 0,69 εκατομμύρια μετρικούς τόνους 1995 σε 0,96 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2005).

Συνολικά, η συνολική παραγωγή αυγών είναι 78% (κατά βάρος) της παραγωγής κρέατος πουλερικών, με την Κίνα να είναι το μεγαλύτερο σε παραγωγή έθνος. Η σημασία της έρευνας για τα αυγά και την παραγωγή τους είναι πιθανό να συνεχιστεί και να αυξηθεί στο μέλλον. Η παραγωγή αυγών αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς (39% σε διάστημα 10 ετών), ενώ οι ασιατικές χώρες έχουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά αύξησης (π.χ. Κίνα και Ινδία με αύξηση 42% και 67% αντίστοιχα). Υπήρξαν μεγάλες αυξήσεις στην παραγωγή κρέατος πάπιας και χήνας, κυρίως στην Κίνα (Augere-Granier, 2019).

Εμπόρευμα και χώρα	1995	2005
Κρέας κοτόπουλου		
Παγκόσμια	47,0	71,8
Ηνωμένες Πολιτείες	11,5	15,9
Κίνα	6,1	10,2
Βραζιλία	4,1	8,7
Μεξικό	1,3	2,4
Ινδία	0,6	1,9
Κρέας γαλοπούλας		
Παγκόσμια	4,6	5,2
Ηνωμένες Πολιτείες	2,3	2,5
Κρέας πάπιας		
Παγκόσμια	2,1	3,5
Κίνα	1,3	2,4
Κρέας χήνας		
Παγκόσμια	1,5	2,3
Κίνα	1,3	2,2
Αυγά κοτόπουλου		
Παγκόσμια	42,8	59,7
Κίνα	17,1	24,3
Ηνωμένες Πολιτείες	4,4	5,3
Ινδία	1,5	2,5
Ρωσική Ομοσπονδία	1,4	2,1
Βραζιλία	1,4	1,6
Άλλα αυγά		
Παγκόσμια	4,0	5,1
Κίνα	3,4	4,3

Πίνακας 1.2: Παγκόσμια και επιλεγμένη εθνική παραγωγή κρέατος πουλερικών και αυγών σε εκατομμύρια μετρικούς τόνους για το 1995 και το 2005

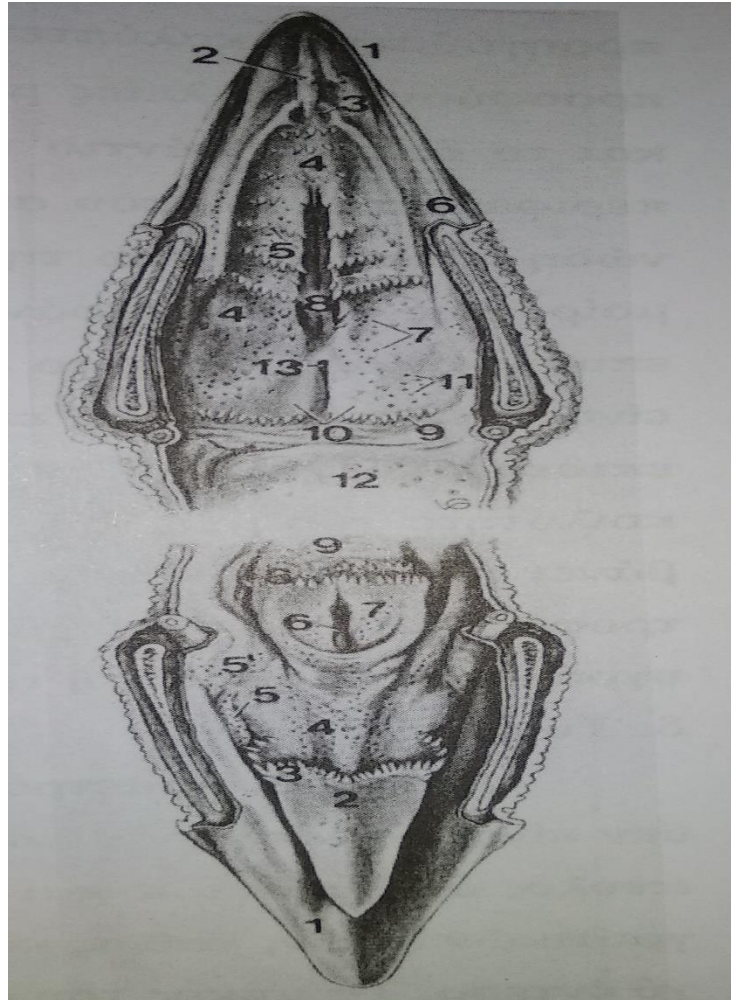
2. ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

2.1 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΠΤΗΝΩΝ

Το πεπτικό σύστημα των πτηνών αποτελείται από στοματοφάρυγγα, τον οισοφάγο, το στομάχο, τον εντερικό σωλήνα, την αμάρα και τους αδένες.

2.1.1 Στοματοφάρυγγας

Το εσωτερικό του στόματος και το εσωτερικό του φάρυγγα των πτηνών αποτελούν μια κοινή κοιλότητα το στοματοφάρυγγα. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι λείπουν οι γλωσσοϋπερώιες κάμαρες και η μαλακή υπερώα. Τα χείλη και τα δόντια τα αντικαθιστούν ένα κεράτινο ράμφος με κοφτερά χείλη. Η υπερώα σχισμή ή χοάνη είναι ένα τριγωνικό άνοιγμα επικοινωνίας μεταξύ του στοματοφάρυγγα με τις ρινικές κοιλότητες που εντοπίζεται στη σκληρή υπερώα. Οι δύο ακουστικές σάλπιγγες εκβάλλουν με ένα κοινό στόμιο στη μέση γραμμή του στοματοφάρυγγα. Το στόμιο αυτό δεν κλείνει με πτυχή. Κερατινοποιημένες θηλές με κατεύθυνση προς τα πίσω παρουσιάζουν η σκληρή υπερώα, η βάση της πολύ ευκίνητης γλώσσας και τα οριζόντια χείλη του λάρυγγα. Ο χρόνος παραμονής της τροφής στο στόμα είναι μεγάλος χωρίς ωστόσο να επηρεάζει με κάποιο τρόπο την πέψη (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

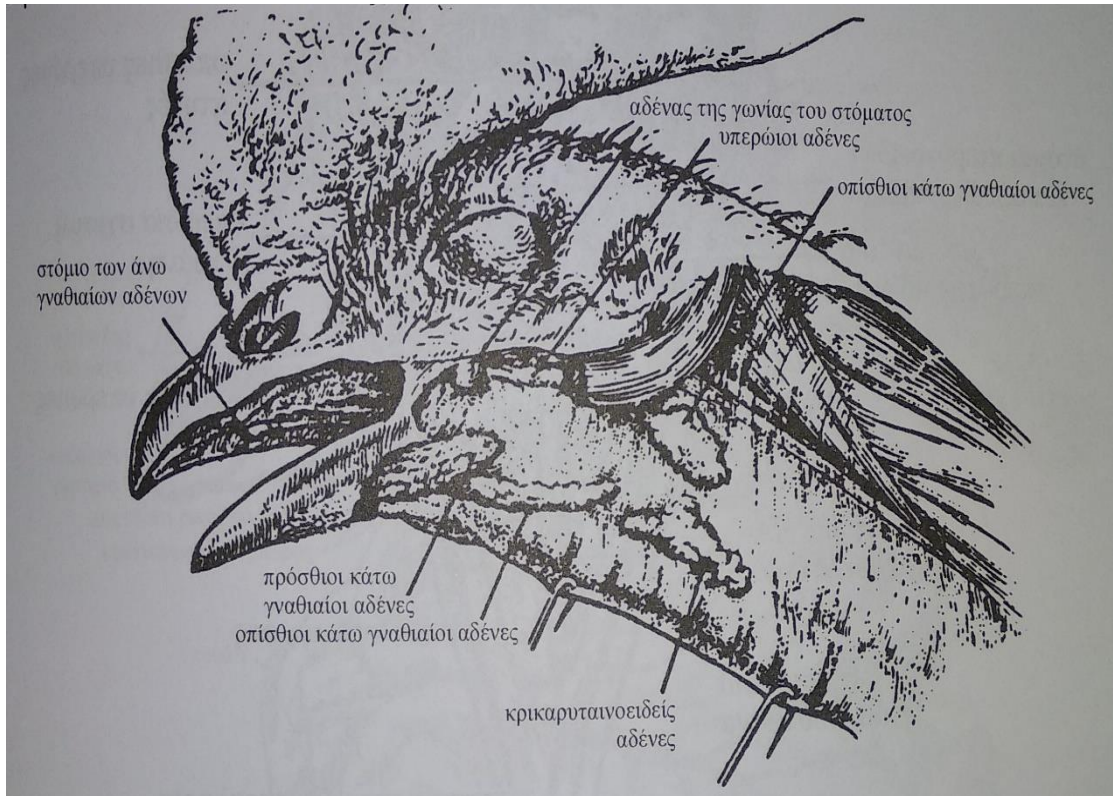


Εικόνα 2.1.1.1: Η οροφή και το έδαφος του στοματοφάρυγγα της όρνιθας (Αστεριάδης & Γούλας, 2004).

2.1.2 Σιαλογόνοι αδένες

Οι σιαλογόνοι αδένες της όρνιθας είναι αρκετά ανεπτυγμένοι όπου η τροφή της αποτελείται από ξερή τροφή. Οι αδένες αυτοί έχουν την ιδιότητα να εκβάλλουν μέσω πολλών πόρων στην οροφή και το έδαφος του στοματοφάρυγγα. Ο σίελος περιέχει σε μεγαλύτερη ποσότητα αμυλάση και σε μικρότερη ποσότητα λιπάση (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

Οι σιαλογόνοι αδένες είναι ο γωνιώδης αδένας του στόματος, ο υπογλώσσιος αδένας, ο υπογνάθιος αδένας ο οποίος απαντάται μόνο στον ινδιάνο, οι άνω και κάτω γναθιαίοι εν των οποίων οι κάτω γναθιαίοι διακρίνονται σε πρόσθιους και οπίσθιους και τέλος είναι οι υπερώιοι αδένες (Αστεριάδης & Γούλας, 2004).



Εικόνα 2.1.2.1: Οι σιαλογόνοι αδένες της όρνιθας (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

2.1.3 Οισοφάγος

Ο οισοφάγος έχει λεπτό και ελαστικό τοίχωμα. Σε σχέση με τα θηλαστικά, στο δεξιό πλάγιο βρίσκεται το μεγαλύτερο μέρος της τραχηλικής του μοίρας. Η εσωτερική του επιφάνεια αυξάνεται με επιμήκεις βλεννογόνιες πτυχές. Πριν ο οισοφάγος φτάσει στο θώρακα διευρύνεται σχηματίζοντας έτσι ένα σακοειδές κόλπωμα που ονομάζεται πρόλοβος και στον οποίο όταν είναι γεμάτος ο μυώδης στόμαχος, αποθηκεύεται η τροφή και πραγματοποιείται η προεργασία της πέψης. Σε ορισμένα πτηνά όπως η χήνα και η νήσσα, αντί για πρόλοβο, έχουν ένα ατρακτοειδές ανεύρυσμα του οισοφάγου. Όσον αφορά τα περιστέρια, είτε αφορά αρσενικό ή θηλυκό, ο πρόλοβος παράγει μία ουσία που λέγεται <<γάλα του πρόλοβου>>, ανάλογο με το γάλα των μαστών των θηλαστικών ζώων, με το οποίο εκτρέφονται οι νεοσσοί (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

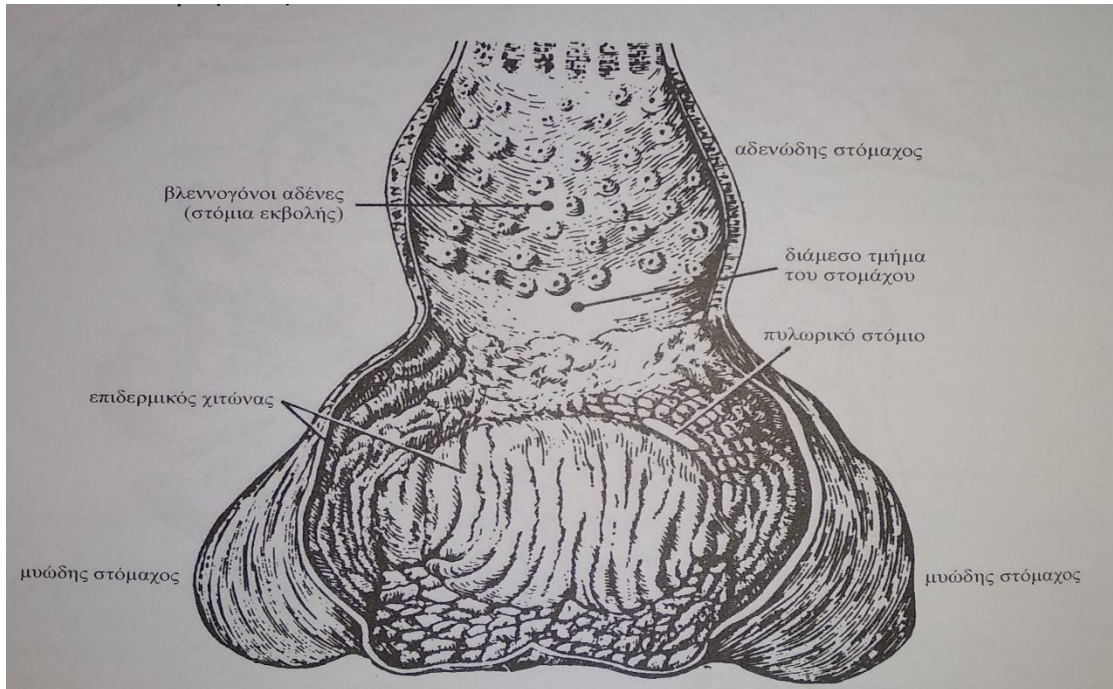
2.1.4 Στόμαχος

Ο στόμαχος αποτελεί τη συνέχεια του οισοφάγου χωρίς να υπάρχουν όρια που να δείχνουν αυτή την αλλαγή. Ο στόμαχος αποτελείται από το πρόσθιο τμήμα του

δηλαδή τον αδενώδη στόμαχο και από το οπίσθιο τμήμα του όπου κάνουμε αναφορά για το μυώδη στόμαχο ενώ ανάμεσα τους μεσολαβεί ένα διάμεσο τμήμα.

Ο αδενώδης στόμαχος έχει σχήμα ωοειδές, η κοιλότητά του είναι μικρή και αποκλειστικά για τη διέλευση της τροφής και όχι για την παραμονή της. Το μεγαλύτερο μέρος της εσωτερικής του επιφάνειας εμφανίζει στόμια εκβολής βλεννογόνων αδένων και πτυχές. Το έκκριμα αυτών των βλεννογόνων αποτελείται από HCl και πεψίνη. Η διάρκεια της παραμονής στο συγκεκριμένο στόμαχο είναι μικρή ενώ ουσιαστικά η πέψη της τροφής πραγματοποιείται στο μυώδη στόμαχο (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

Ο μυώδης στόμαχος εντοπίζεται μεταξύ των δύο πετάλων του αριστερού οπισθοηπατικού διαφράγματος, στο αριστερό μέρος της σπλαχνικής κοιλότητας. Το μεγαλύτερο μέρος της εσωτερικής επιφάνειας του τοιχώματός του παρουσιάζουν λείες μυϊκές ίνες, οι οποίες είναι διαταγμένες σε τέσσερις ευδιάκριτες μάζες οι οποίες ενώνονται με δύο στιλπνές τενόντιες απονευρώσεις, το δεξιό και το αριστερό τενόντιο κέντρο. Ο βλεννογόνος παρουσιάζει αδένες, κρύπτες και επιμήκειες πτυχές. Επίσης καλύπτεται εσωτερικά από τον σκληρό επιδερμικό χιτώνα που είναι πρωτεϊνικής σύστασης, με χρώμα που συνδυάζει το καφέ, το κίτρινο και το πράσινο. Η επιφάνεια του επιδερμικού χιτώνα, με τις κινήσεις άλεσης και μυώδους στομάχου, τρίβεται με την τροφή και με όποιο άλλο υλικό έχει καταναλώσει το ζώο όπως παραδείγματος χάρη χαλίκια. Παρόλο που πραγματοποιείται κατάποση χαλικιών από τις όρνιθες, δεν έχει αποδειχθεί επιστημονικά ότι αυτός ο παράγοντας θα προκαλούσε προβλήματα στην ανάπτυξη των πτηνών ή στην αυγοπαραγωγή τους. Το περιεχόμενο και αυτού του στομάχου περιλαμβάνει την πεψίνη την οποία την παίρνει από τον αδενώδη στόμαχο (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

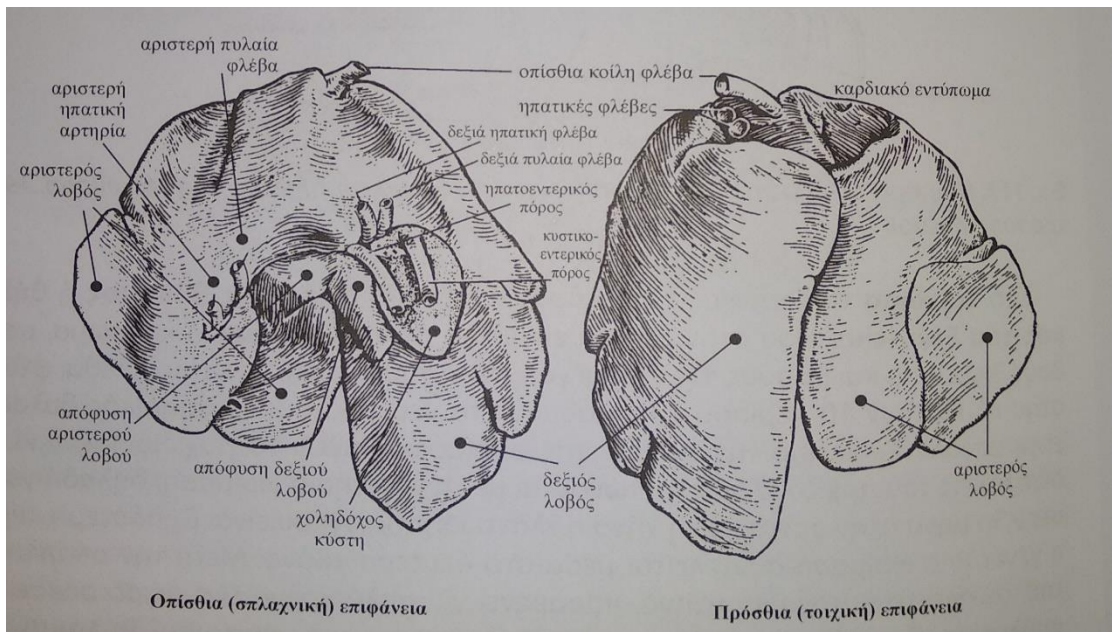


Εικόνα 2.1.4.1: Ο στομάχος της όρνιθας (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

2.1.5 Ήπαρ

Το ήπαρ εμφανίζει δύο κύριους λοβούς τον αριστερό και το δεξιό με το δεξιό να είναι πιο ογκώδες από τον αριστερό. Και οι δύο λοβοί καλύπτουν τα πλαϊνά μέρη της καρδιάς, ολόκληρο τον αδενώδη στομάχο και το σπλήνα και λίγο στο εμπρόσθιο και πλάγιο κομμάτι του μυώδους στομάχου. Στην οπίσθια επιφάνεια του δεξιού λοβού βρίσκεται η χοληδόχος κύστη με μοναδική εξαίρεση τα περιστέρια.

Το ήπαρ επίσης διαθέτει δύο εκφορητικούς κόλπους, τον κυστικοεντερικό και τον ηπατοεντερικό πόρο. Οι πόροι αυτοί εκβάλλουν μεμονωμένα κοντά στο άκρο της δευτέρας μοίρας του δωδεκαδάκτυλου, με τον κυστικοεντερικό να παροχετεύει τη χολή του δεξιού λοβού και τον ηπατοεντερικό του αριστερού. Σημαντική διαφορά στα πτηνά είναι η παρουσία δύο πυλαίων φλεβών της αριστερής και της δεξιάς (Αστεριάδης & Γούλας, 2004).

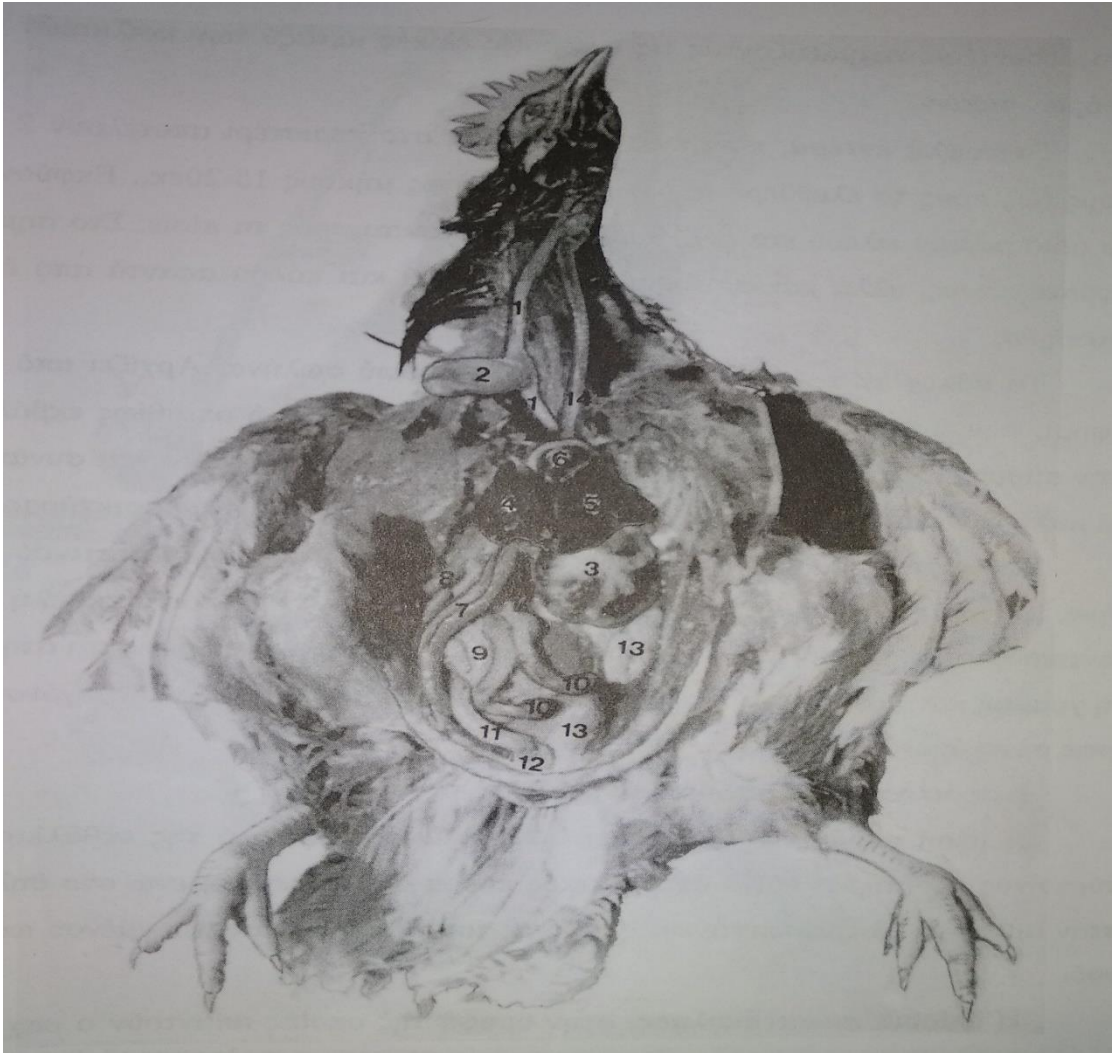


Εικόνα 2.1.5.1: Η πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του ήπατος των πτηνών (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

2.1.6 Σπλήνας

Ο σπλήνας έχει σχήμα περίπου σφαιρικό με διάμετρο 2 εκατοστά χρώμα σκούρο κόκκινο. Βρίσκεται δεξιά του αδενώδους στομάχου και είναι λιγότερο αιματοβριθής στα πτηνά από ότι στα μηρυκαστικά (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

Επίσης σημαντική λεπτομέρεια αποτελεί το γεγονός ότι ο σπλήνας καλύπτεται από το ήπαρ (Αστεριάδη & Γούλα, 2004).



Εικόνα 2.1.6.1: Το πεπτικό και γεννητικό σύστημα της όρνιθας (Αστεριάδης & Γούλας, 2004).

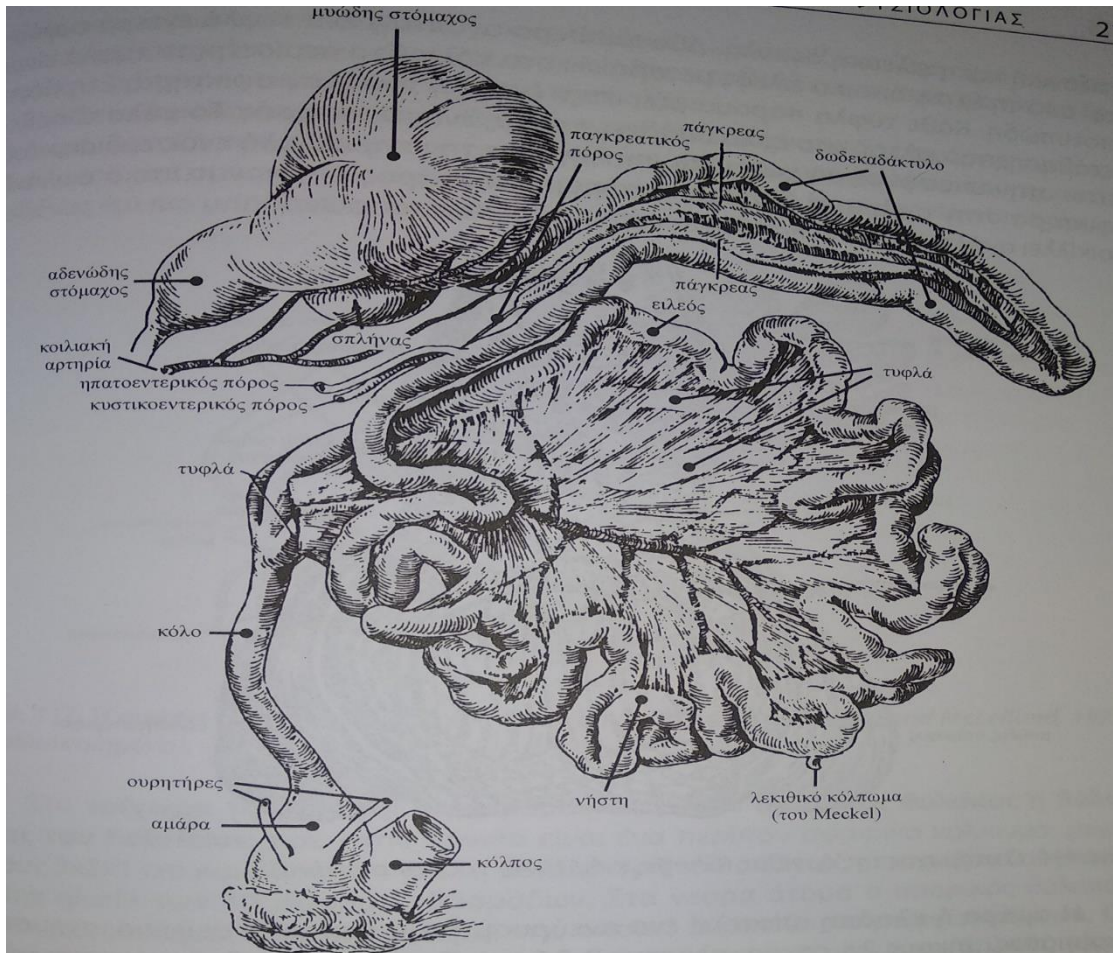
2.1.7 Πάγκρεας

Το πάγκρεας είναι αρκετά ανεπτυγμένο στις όρνιθες, το σχήμα του είναι ταινιοειδές και τοποθετείται ανάμεσα στις δύο μοίρες της δωδεκαδακτυλικής αγκύλης. Εμφανίζει τρεις λοβούς, το ραχιαίο, τον κοιλιακό και το σπληνικό λοβό. Από το πρόσθιο άκρο του παγκρέατος αναδύονται 2-3 εκφορητικοί πόροι, οι οποίοι εκβάλλουν μεμονωμένα στο δωδεκαδάκτυλο προσθίως των χοληδόχων πόρων (Αστεριάδης & Γούλας, 2004)

Το πάγκρεας των πτηνών παρουσιάζει παγκρεατικά νησίδα. Το έκκριμα του παγκρέατος περιέχει σπουδαία ένζυμα για την πέψη όπως είναι η θρυψίνη, η αμυλάση και η λιπάση (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

2.1.8 Εντερικός σωλήνας

Ο εντερικός σωλήνας σε όλο το μήκος του έχει το ίδιο περίπου εύρος ώστε να μην είναι δυνατή η ουσιαστική διαίρεση του λεπτό και σε παχύ έντερο. Αποτελείται από το δωδεκαδάκτυλο, τη νήστι, τον ειλεό, τα δύο τυφλά και το κόλο. Στον εντερικό σωλήνα γίνεται το κυριότερο μέρος της πέψης (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).



Εικόνα 2.1.8.1: Γαστρεντερικός σωλήνας της όρνιθας (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

2.1.9 Αμάρα

Η αμάρα ή αλλιώς κλοάκη, είναι ένα ανεύρυσμα σε σχήμα κωδωνοειδές, του πεπτικού σωλήνα με μήκος και πλάτος περίπου στα 2,5 εκατοστά. Αποτελεί την κοινή εκβολή του πεπτικού, του ουροποιητικού και του γεννητικού συστήματος.

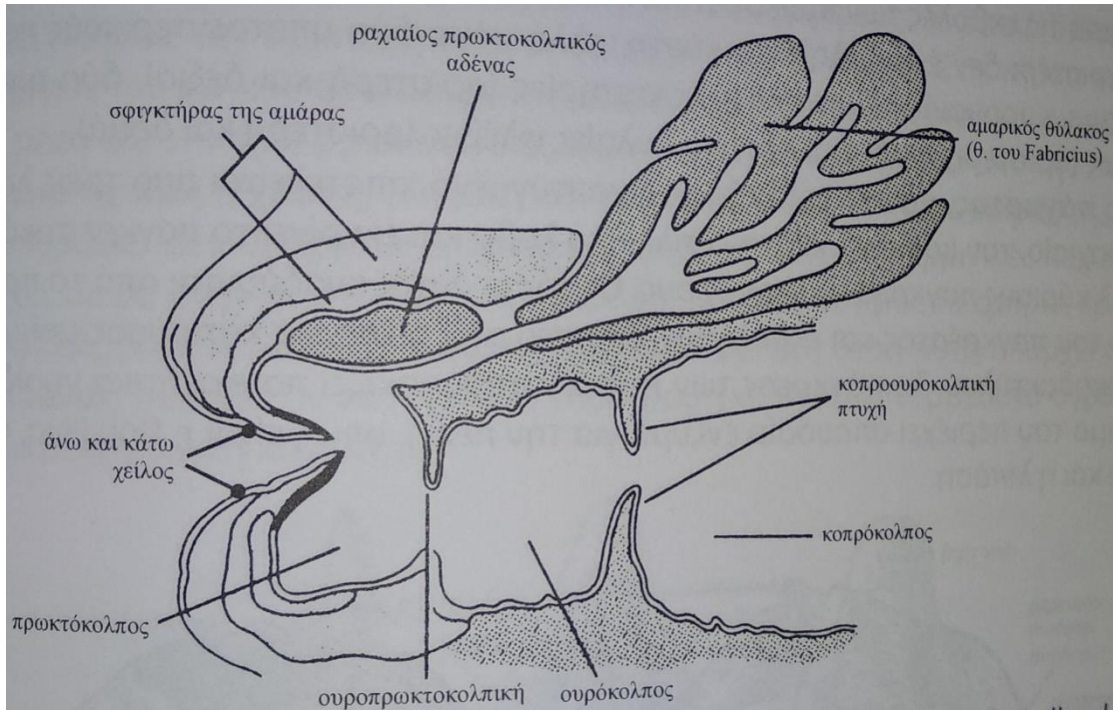
Τοποθετείται στη μέση γραμμή και χωρίζεται ατελώς με δύο κυκλωτερείς πτυχές του βλεννογόνου σε τρεις συνεχόμενες κοιλότητες:

1) την πρόσθια που ονομάζεται κοπρόκολπος και αποτελεί το πρόσθιο διαμέρισμα της αμάρας. Μετά το όριο μετάβασης του κόλου στον κοπρόκολπο συμβαίνει απότομη διεύρυνση,

2) τη μέση που ονομάζεται ουρόκολπος και αποτελεί το μεσαίο διαμέρισμα της αμάρας. Χωρίζεται από τον κοπρόκολπο με μια δακτυλοειδή γέφυρα, την κοπροουροκολπική πτυχή. Αυτό που τον χωρίζει από τον πρωκτόκολπο είναι η ημικύκλια πλαγιοραχιαία ουροπρωκτοκολπική πτυχή. Σε κάθε πλάγια επιφάνειά του ουρόκολπου, εκβάλλουν ο σύστοιχος ουρητήρας και ο σπερματικός πόρος στα αρσενικά και στα θηλυκά στην αριστερή πλάγια επιφάνεια, ο κόλπος του αριστερού ανεπτυγμένου ωαγωγού.

3) Η τρίτη κοιλότητα είναι η οπίσθια πρωκτόκολπος στις οποίας η οροφή απαντώνται ο ραχιαίος πρωκτοκολπικός αδένας και ο αμαρικός θύλακος ή αλλιώς θύλακος του Fabricius, που είναι ένα σφαιρικό κόλπωμα. Η αμάρα διανοίγεται εξωτερικά με τον πρωκτό ο οποίος εμφανίζει ένα σφικτήρα.

Στο τοίχωμα της οροφής της αμάρας υπάρχει ο αμαρικός θύλακος ή θύλακος του Fabricius, που στην όρνιθα είναι ένα περίπου σφαιρικό κόλπωμα με μέγεθος 3x2x1 εκατοστά και βάρος 4 γραμμάρια. Η πλήρης ανάπτυξή του φτάνει όταν η όρνιθα βρίσκεται στη 10^η εβδομάδα της ζωής της. Στα νεαρά άτομα ο αμαρικός θύλακος είναι μεγαλύτερος από την αμάρα της οποίας συμπιέζει το ραχιαίο τοίχωμα. Με τη γενετήσια ωρίμανση μειώνεται και το μέγεθός του. Στη χήνα η γενετήσια ωρίμανση ολοκληρώνεται στο δεύτερο χρόνο της ζωής της. Επιπλέον στην όρνιθα υπάρχουν ενσωματωμένοι δυο επικουρικοί αμαρικοί θύλακοι, ένας σε κάθε πλευρά, στο οπίσθιο άκρο του τοιχώματος του μίσχου του θύλακου του Fabricius και η λειτουργία τους είναι παρόμοια με αυτή του θύλακα του Fabricius (Αστεριάδης & Γούλας, 2004; Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).



Εικόνα 2.1.9.1: Αμάρα όρνιθας ηλικίας τεσσάρων μηνών (Μάγρας & Αντωνόπουλος, 2016).

2.2 Το φαινόμενο της πέψης

Προκειμένου τα ζώα να μπορέσουν να επιβιώσουν είναι αναγκαία η πρόσληψη θρεπτικών ουσιών που τις λαμβάνουν μέσω των ζωοτροφών. Όταν τα ζώα δεν τρέφονται μπορούν να παραμείνουν στη ζωή για ένα μικρό χρονικό διάστημα, ωστόσο τη στιγμή που ο οργανισμός έχει καταναλώσει όλα τα αποθέματα ενέργειας που είχε, στρέφεται στους ιστούς τους οποίους και μεταβολίζει μέσω της βιοχημικής διαδικασίας. Εντούτοις, ύστερα από τη μακρά και συνεχή ασιτία επέρχεται ο θάνατος ως αποτέλεσμα της πείνας (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Όσον αφορά την τροφή, τη στιγμή που εισέρχεται από το στόμα στο πεπτικό σύστημα κρίνεται αναγκαία η διάσπασή της διότι οι περισσότερες από τις θρεπτικές ουσίες που περιέχει βρίσκονται υπό τη μορφή μεγάλων αδιάλυτων μορίων που δεν υφίσταται η απορρόφησή τους από το βλεννογόνο του πεπτικού σωλήνα. Έτσι πραγματοποιείται η διάσπασή τους σε απλούστερες ενώσεις και διευκολύνεται η απορρόφησή τους και η είσοδό τους στο αίμα. Οι μόνες διαλυτές ουσίες που δεν χρειάζεται να διασπαστούν προκειμένου να απορροφηθούν από τον οργανισμό είναι

το νερό, η γλυκόζη, το NaCl και ορισμένες άλλες θρεπτικές ουσίες (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015)

Η λειτουργία της διάσπασης των θρεπτικών ουσιών καλείται πέψη, ενώ το πέρασμα των θρεπτικών ουσιών δια της βλεννογόνου μεμβράνης του πεπτικού σωλήνα στο αίμα καλείται απορρόφηση. Επομένως πέψη είναι το σύνολο των φυσικών και χημικών διεργασιών στις οποίες υπόκεινται οι τροφές εντός του πεπτικού σωλήνα, με σκοπό να διασπαστούν οι πολύπλοκες και αδιάλυτες θρεπτικές ουσίες σε απλούστερες διαλυτές ενώσεις οι οποίες μπορούν να απορροφηθούν και να εισέλθουν στο κυκλοφορικό σύστημα (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Η πέψη διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες, τη φυσική ή μηχανική και τη χημική. Στη φυσική ή μηχανική πέψη περιλαμβάνονται η μάσηση και οι μυϊκές συσπάσεις του πεπτικού συστήματος όπου σκοπός είναι α) η καταστροφή της υφής της τροφής μέσω της κινητικής δραστηριότητας του στομάχου και το φαινόμενο της διαπότισης και διόγκωσης της τροφής και β) η απελευθέρωση των θρεπτικών συστατικών της τροφής με διάλυση και εκχύλιση ενώ την ίδια στιγμή η τροφή προωθείται κατά μήκος του πεπτικού σωλήνα μέσω των κινήσεων του πεπτικού συστήματος (Ζέρβας, 2015)

Στη χημική πέψη περιλαμβάνεται η δράση των ενζύμων που συμβάλλουν στη διάσπαση των θρεπτικών ουσιών σε απλούστερες ενώσεις. Η έκκριση των ενζύμων πραγματοποιείται από τους αδένες του πεπτικού σωλήνα και από τους αδένες που είναι προσαρτημένοι σε αυτόν (ήπαρ, πάγκρεας) ή βρίσκονται ενσωματωμένες σε κάποιες ζωοτροφές που δεν υποστεί κάποιου είδους κατεργασία είτε αποτελούν προϊόντα της βιοχημικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών (βακτηρίων, πρωτόζωων και μυκήτων) των ζυμωτικών χώρων (συμβιωτική πέψη). Η συμβιωτική πέψη παίζει σημαντικό ρόλο στα μηρυκαστικά ζώα και περιορισμένοι στους χοίρους και τα πτηνά (Ζέρβας, 2015).

Γενικά, αποτελεί κοινή γνώση ότι το πεπτικό σύστημα διαφέρει από ζώο σε ζώο λόγω της διαφορετικής δομής και της λειτουργίας σε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστήματα. Για αυτό το λόγο τα ζώα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, τα φυτοφάγα, τα σαρκοφάγα και τα παμφάγα. Τα σαρκοφάγα δε χρειάζονται μικροβιακές ζυμώσεις για την πέψη και έχουν μικρότερης χωρητικότητας πεπτικό σωλήνα σε σχέση με τα φυτοφάγα. Ακόμα ιδιομορφίες υπάρχουν και στα φυτοφάγα ανάμεσα στα μηρυκαστικά και στα μονογαστρικά. Τα φυτοφάγα ζώα και ιδιαίτερα τα μηρυκαστικά μπορούν να καταναλώσουν τροφές πλούσιες σε ινώδεις ουσίες και έχουν ειδικούς

χώρους, όπου οι τροφές υφίστανται παρατεταμένη ζύμωση χάρη στη μικροχλωρίδα και μικροπανίδα αυτών.

Η απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών πραγματοποιείται κυρίως στο λεπτό έντερο και σε αρκετά μικρότερο βαθμό στο παχύ έντερο. Στα μηρυκαστικά η απορρόφηση γίνεται και στη μεγάλη κοιλία, τον κεκρύφαλο και τη βίβλο (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Τύπος πέψης	Είδη αγροτικών ζώων	Ζυμωτικοί χώροι (%)	Στόμαχος και λεπτό έντερο(%)
Φυτοφάγα	Μονογαστρικά (μόνοπλα, κόνικλοι).	61,3	38,7
	Μηρυκαστικά (βοοειδή, πρόβατα, αίγες)	72,1	27,9
Παμφάγα	Χοίροι-πτηνά	37,3	62,7
Σαρκοφάγα	Νεογέννητα ζώα όλων των ειδών	15,9	84,1

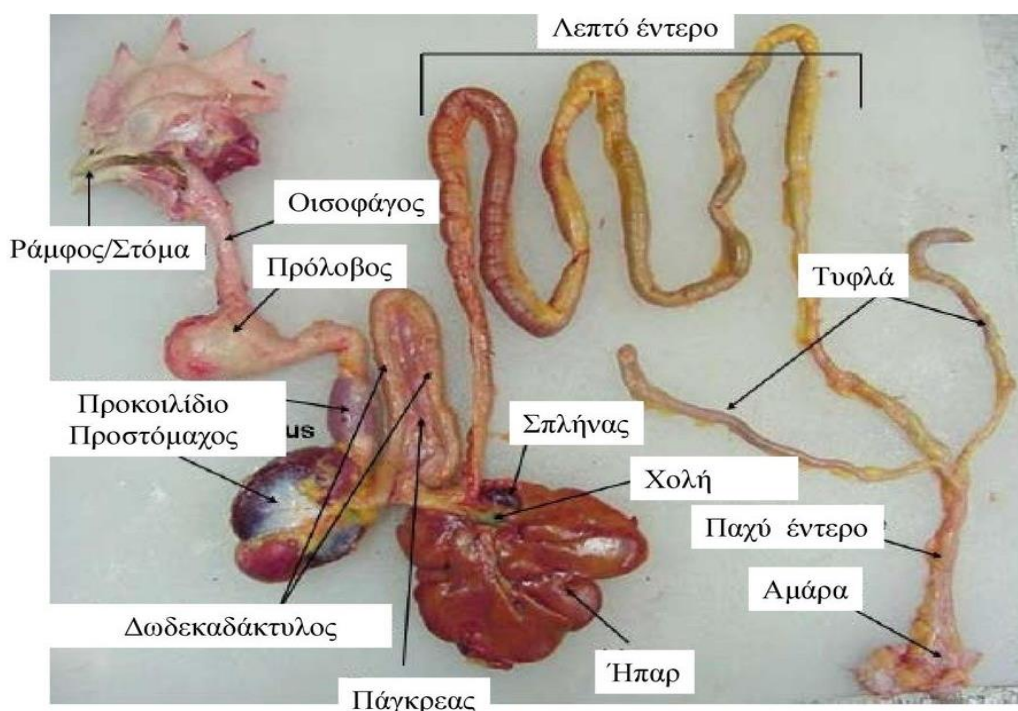
Πίνακας 2.2 : Αναλογία χωρητικότητας ζυμωτικών χώρων στους διάφορους τύπους πέψης των ζώων (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

2.3 Πέψη στα πτηνά

Τα πτηνά έχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο πεπτικό τους σύστημα σε σχέση με αυτό των μηρυκαστικών. Αρχικά, η μηχανική επεξεργασία των τροφών στα πτηνά πραγματοποιείται με το ράμφος και το μυϊκό στόμαχο αφού τα πτηνά δεν διαθέτουν δόντια. Αρκετά ανεπτυγμένοι είναι οι σιαλογόνοι αδένες σε αυτά τα είδη πτηνών που καταναλώνουν ξηρές τροφές. Η γλώσσα τους και άλλα μέρη του σώματός τους διαθέτουν αρκετούς νευρικούς υποδοχείς της γεύσης. Ο οισοφάγος σε σχέση με τα θηλαστικά έχει μεγαλύτερη διάμετρο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η κατανάλωση μεγαλύτερων τεμαχίων τροφής. Υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό βλεννογόνοι αδένες οι οποίοι διευκολύνουν την κατάποση της τροφής (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Στις όρνιθες υπάρχει ένας μεμβρανώδης σάκος που ονομάζεται ο πρόλοβος που βρίσκεται στο μέσο του οισοφάγου και ο οποίος δεν υπάρχει στις πάπιες κι στις χήνες. Ο πρόλοβος αποτελεί ανεύρυσμα του οισοφάγου που σαν σκοπό έχει την αποθήκευση της τροφής. Στα περιστέρια ο πρόλοβος εκκρίνει γαλακτώδες υγρό που χρησιμεύει για την διατροφή των νεοσσών (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Στα πτηνά υπάρχουν δύο στομάχια ο αδενώδης στόμαχος και ο μυώδης στόμαχος. Ο αδενώδης στόμαχος αποτελεί τη συνέχεια του οισοφάγου ενώ ο μυώδης είναι η συνέχεια του αδενώδους και επίσης ο μυώδης αποτελείται από τρεις χιτώνες. Η τροφή δεν παραμένει στον αδενώδη στόμαχο (σε αυτό το στομάχο γίνεται έκκριση από τα τοιχώματά του, υδροχλωρικό οξύ, πεψινογόνο και βλέννα), αλλά περνάει στο μυώδη στομάχο όπου λαμβάνει χώρα η δράση του γαστρικού υγρού. Ο μυώδης στόμαχος είναι προσαρμοσμένος για τη μηχανική επεξεργασία της τροφής (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

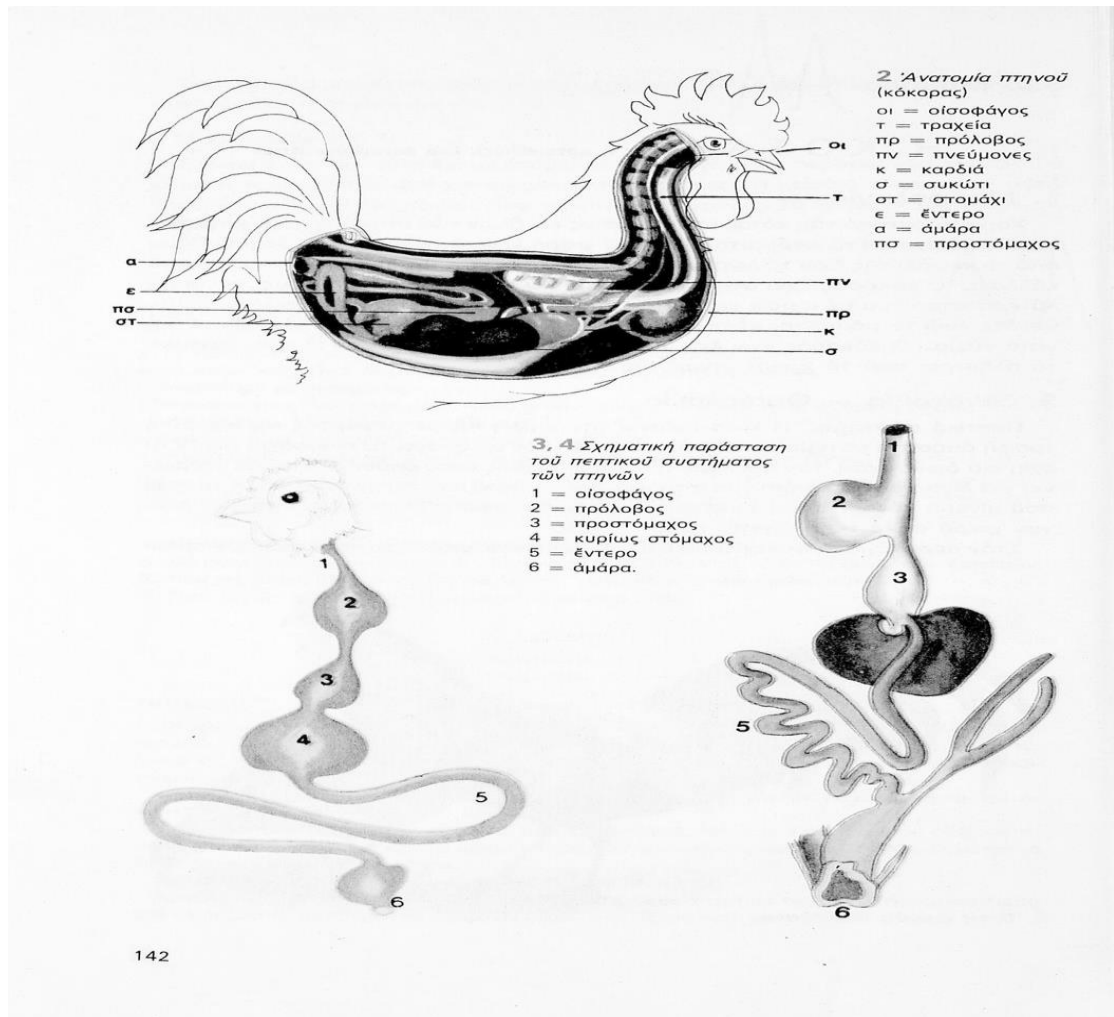


Εικόνα 2.3.1 : Το πεπτικό σύστημα της κότας (<https://docplayer.gr-Anatomia-kai-morfologia-ptinoy.html>).

Το λεπτό έντερο αποτελείται από το δωδεκαδάκτυλο που διαφοροποιείται ξεκάθαρα. Η διαφοροποίηση μεταξύ της νήστιδας και του ειλεού δεν είναι ξεκάθαρη. Ο ένας ηπατικός αγωγός καταλήγει άμεσα στο δωδεκαδάκτυλο ενώ ο άλλος καταλήγει στη χολή. Η χολή υπάρχει στην όρνιθα, στον ινδιάνο, στην πάπια και στη χήνα. Ο βλεννογόνος του λεπτού εντέρου είναι παρόμοιος με εκείνον των θηλαστικών (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Το τυφλό έντερο το οποίο αποτελείται από δύο μέρη βρίσκεται στην ένωση του λεπτού εντέρου με το παχύ έντερο. Η πιο σημαντική λειτουργία του στον οργανισμό των πτηνών σχετίζεται με τη μικροβιακή πέψη της κυτταρίνης. Το ούρο εισέρχεται

στο παχύ έντερο από την αμάρα αλλά περνάει και από το τυφλό έντερο μέσω των αντιπερισταλτικών κινήσεων του κόλου. Οι κινήσεις αυτές αποτελούν το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της κινητικότητας του κόλου και υπάρχει η πεποίθηση ότι είναι συνεχόμενες. Προκειμένου να αποτραπεί η επιστροφή του χυμού από το κόλον στον ειλεό, υπάρχει ένας μυϊκός δακτύλιος στο τέλος του ειλεού που λειτουργεί σαν σφιγκτήρας και μέσω των συσπάσεων του δεν επιτρέπει να πραγματοποιηθεί αυτή η επιστροφή στον ειλεό (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).



Εικόνα Κεφ 2.3.2 : Ανατομία του πεπτικού συστήματος των πτηνών (Βότσης & Τσώνου-Πολάτου 1980).

Το πεπτικό σύστημα των πτηνών τερματίζεται με την αμάρα (cloaca). Η αμάρα είναι το κοινό σημείο στο οποίο καταλήγουν το πεπτικό, το γεννητικό και το ουροποιητικό σύστημα των πτηνών. Ο θύλακας του Fabricius είναι ένα ραχιαίο εκκόλπωμα της αμάρας και σχετίζεται με την ανάπτυξη της χυμικής ανοσίας. Το πάνω μέρος του ειλεού είναι η πιο σημαντική τοποθεσία για την απορρόφηση των

τελικών προϊόντων της πέψης των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπών. Το θερμικό στρες επηρεάζει σημαντικά την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων στα πτηνά (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Επίσης στο τυφλό έντερο, το ουρικό οξύ που βρίσκεται στα ούρα των πτηνών αποτελεί πλούσια πηγή αζώτου που συμβάλλει στη μικροχλωρίδα για την πέψη της κυτταρίνης. Στο τυφλό έντερο πραγματοποιείται και η απορρόφηση του νερού από το ούρο. Τα προϊόντα του μικροβιακού μεταβολισμού στο κατώτερο άκρο του πεπτικού σωλήνα δεν μπορούν να απορροφηθούν και απεκκρίνονται. Η κοπροφαγία που παρατηρείται ορισμένες φορές στα πτηνά επιτρέπει την επαναρρόφηση μέρους των προϊόντων αυτών και κυρίως των βιταμινών (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

2.4 Ο πεπτικός σωλήνας των πτηνών

2.4.1 Δραστηριότητα πεπτικού σωλήνα των πτηνών

Σε όλο το μήκος του πεπτικού σωλήνα υπάρχει συνδυασμένη εκκριτική και κινητική δραστηριότητα. Αυτή η δραστηριότητα είναι αποτέλεσμα νευρικών και χημικών επιδράσεων. Έτσι, υπάρχει μία σειρά από φάσεις που αφορούν την πέψη και είναι οι εξής (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015):

1. Η πρόσληψη τροφής.
2. Η κατάτμηση της τροφής μέσω της μάσησης.
3. Η ενσιάλωση της τροφής και ο σχηματισμός του βλωμού.
4. Η κατάποση της τροφής, δηλαδή η μεταφορά της στο στόμαχο.
5. Η μετατροπή της τροφής σε ημιστερεά μάζα (χυμός) μέσω των μυϊκών συσπάσεων και των εκκρίσεων του στομάχου και ύστερα η σταδιακή διοχέτευση της τροφής στο λεπτό έντερο.
6. Η ανάμιξη του χυμού με τα πεπτικά υγρά που παράγονται από το πάγκρεας, το έντερο και τη χολή, με σκοπό την διάσπαση των μεγαλομοριακών ενώσεων σε ευδιάλυτα προϊόντα με σκοπό να απορροφηθούν από τον επιθήλιο του εντέρου.
7. Η προώθηση του χυμού προς το παχύ έντερο λόγω της κινητικότητας του λεπτού εντέρου.
8. Η Προώθηση των άπεπτων υπολειμμάτων της τροφής δια των ρυθμικών κινήσεων του παχέος εντέρου.
9. Ο σχηματισμός της κόπρου.
10. Η αφόδευση.

Τύπος έκκρισης	Ορμόνη	Αίτιο έκκρισης	Δράση
Πυλωρικό άκρο του στομάχου	Γαστρίνη	Διάταση και κινητικότητα του στομάχου	Προάγει την έκκριση HCl στο στήναψο
Δωδεκαδάκτυλο	Εντερογαστρίνη	Λίπος στο δωδεκαδάκτυλο	Αναστέλλει την έκκριση, την κινητικότητα και επιβραδύνει το άδειασμα του στομάχου
Δωδεκαδάκτυλο	Σεκρετίνη	Όξινο περιβάλλον και πεπτόνες στο δωδεκαδάκτυλο	Προάγει την έκκριση παγκρεατικού υγρού με ηλεκτρολύτες
Δωδεκαδάκτυλο	Παγκρεοζυμίνη	Όξινο περιβάλλον και πεπτόνες στο δωδεκαδάκτυλο	Προάγει την έκκριση παγκρεατικού υγρού με ένζυμα
Δωδεκαδάκτυλο	Χοληκυστοκινίνη	Λίπος στο δωδεκαδάκτυλο	Προάγει τις συσπάσεις της χοληδόχου κύστης και το άδειασμα της χολής
Λεπτό έντερο	Εντεροκρινίνη	Χυμός στο λεπτό έντερο	Προάγει την έκκριση του εντερικού υγρού
Λεπτό έντερο	Βιλλικινίνη	Χυμός στο λεπτό έντερο	Προάγει την κινητικότητα στις λείες μυϊκές ίνες των λαχνών

Πίνακας 2.4.1.1: Γαστροεντερικές ορμόνες (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015)

2.4.2 Κινητικότητα του πεπτικού σωλήνα

Η κινητικότητα του πεπτικού σωλήνα αποσκοπεί σε τρεις βασικούς στόχους:

1. Την προώθηση της τροφής κατά μήκος του πεπτικού σωλήνα ώστε μετά την επεξεργασία και την αξιοποίηση των συστατικών της να αποβληθούν τα άχρηστα υλικά.
2. Η κινητικότητα παίζει σημαντικό ρόλο στη μετατροπή της τροφής σε ένα διαλυτό και ικανό να απορροφηθεί υλικό (χυμός).
3. Την αύξηση της απορροφητικής ικανότητας του πεπτικού σωλήνα με την ανάμιξη του περιεχομένου και τη συνεχή ανανέωση του υλικού που έρχεται σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια.

Ο πεπτικός σωλήνας διαιρείται σε τμήματα με διακριτή λειτουργικότητα από σφιγκτήρες που υπάρχουν κατά μήκος του. Οι σφιγκτήρες αυτοί είναι ο άνω και κάτω σφιγκτήρας του οισοφάγου με σκοπό να εμποδίσουν την είσοδο του αέρα στον οισοφάγο κατά την αναπνοή ενώ ο κάτω σφιγκτήρας του οισοφάγου αποτρέπει την είσοδο του γαστρικού υγρού στον οισοφάγο. Ο σφιγκτήρας του πυλωρού με στόχο τη διαχώριση του όξινου περιβάλλοντος του στομάχου από αυτό του αλκαλικού περιβάλλοντος του δωδεκαδακτύλου. Ο ειλεοτυφλικός σφιγκτήρας που εμποδίζει την παλινδρόμηση του περιεχομένου από το κόλον στο λεπτό έντερο και ο έσω και έξω σφιγκτήρας του πρωκτού που ελέγχουν την αφόδευση (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015)).

2.5 Εκκρίσεις του στομάχου

Οι συνολικές εκκρίσεις του στομάχου είναι τέσσερις: η βλέννα, η οποία εκκρίνεται σε όλα σχεδόν τα μέρη του σώματος, το πεψιγόνο, το HCl και τη γαστρίνη. Στην κοιλότητα του στομάχου εκκρίνεται το πεψιγόνο και το HCl ενώ η ορμόνη γαστρίνη εκκρίνεται στο αίμα. Η καρδιακή μοίρα εκκρίνει αποκλειστικά βλέννα, η μοίρα του πυθμένα εκκρίνει πεψιγόνο και HCl ενώ η πυλωρική μοίρα εκκρίνει βλέννα και γαστρίνη. Το HCl και το πεψιγόνο είναι υπεύθυνα για την πέψη των πρωτεϊνών. Το πεψιγόνο αποτελεί την πρόδρομο ουσία της πεψίνης. Η πεψίνη είναι πρωτεϊνολυτικό ένζυμο. Προκειμένου να προστατευθούν τα κύτταρα που παράγουν την πρόδρομη ουσία, η μετατροπή από πεψιγόνο σε πεψίνη πραγματοποιείται στην κοιλότητα του στομάχου και όχι στα τοιχώματά του. Προκειμένου να μπορέσει να γίνει αυτή η μετατροπή πρέπει το HCl να επιδράσει και

αυτό ξεκινάει όταν το pH είναι γύρω στο 5. Η κανονική δραστηριότητα του ενζύμου της πεψίνης γίνεται σε pH 1,8 - 3,5 και τότε ξεκινά η γαστρική πέψη των πρωτεϊνών (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Όταν στην κοιλότητα του στομάχου γίνεται έκκριση από τα γαστρικά κύτταρα, ιόντων H^+ , συγχρόνως πραγματοποιείται έκκριση ιόντων HCO_3^- στο αίμα. Τα H^+ εκκρίνονται στην κοιλότητα του στομάχου, ενώ τα HCO_3^- εκκρίνονται στο αίμα με ανταλλαγή τα Cl^- . Όταν έχουμε αύξηση στο πλάσμα του αίματος των συγκεντρώσεων των διττανθρακικών, κάτι που λαμβάνει χώρα ύστερα από κάθε γεύμα, το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αλκαλική παλίρροια. Όταν συμβαίνει αυτό το pH του αίματος αυξάνεται. Αποτελεί μια μεταβατική κατάσταση με διάρκεια έως ότου το πάγκρεας να δραστηριοποιηθεί στην έκκριση στην έκκριση των HCO_3^- . Η ποσότητα των διττανθρακικών που επιστρέφει στο δωδεκαδάκτυλο από τα παγκρεατικά κύτταρα είναι ίδια με εκείνη των διττανθρακικών που εισάγονται στο αίμα από τα γαστρικά τοιχωματικά κύτταρα (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Επειδή υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις H^+ στο στομάχι, υπάρχει ένας φυσικός φραγμός που δεν επιτρέπει τη διάχυσή τους στο αίμα. Οι στενοσύνδεσμοι ή αλλιώς αποφρακτικοί σύνδεσμοι, μεταξύ των κυττάρων του στομάχου είναι αρκετά αποτελεσματικοί και δεν επιτρέπουν ακόμη και τη διάχυση του νερού στο στομάχι μέσω του επιθηλίου.

Η έκκριση του γαστρικού υγρού διεγείρεται από τις ορμόνες ακετυλοχολίνη, γαστρίνη και ισταμίνη. Όταν δεν γίνεται η έκκριση του γαστρικού υγρού συμβαίνει διότι το pH βρίσκεται σε τιμή 2 ή και χαμηλότερη. Επίσης η αναστολή αυτή μπορεί να προκληθεί και από το έντερο ως απόκριση των όξινων, λιπαρών και υπερτονικών διαλυμάτων που έρχονται στο δωδεκαδάκτυλο από το στομάχι. Οι ορμόνες σεκρετίνη και χολοκυστοκινίνη, που εκκρίνονται στο αίμα από τα κύτταρα του εντέρου ως απόκριση στα όξινα, λιπαρά και υπερτονικά διαλύματα, κυκλοφορούν στο στομάχι και καταλαμβάνουν τα τοιχωματικά κύτταρα που εκεί παράγονται HCl τα οποία ενεργοποιούνται από τη γαστρίνη. Με αυτόν τον τρόπο μπλοκάρουν τη δράση της γαστρίνης στην έκκριση του υδροχλωρίου (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015)

Η έκκριση του πεψινογόνου όπως και στην παραπάνω περίπτωση, διεγείρεται με τις ίδιες διεγέρσεις με μοναδική εξαίρεση ότι η σεκρετίνη αυξάνει την έκκριση του πεψινογόνου ενώ αναστέλλει την έκκριση του HCl.

Υπάρχει μία μουκοπρωτεΐνη η οποία παράγεται από το βλεννογόνο του στομάχου και όταν αλληλοεπιδρά με τη βιταμίνη B₁₂ δημιουργείται ένα σύμπλεγμα που δεσμεύεται σε υποδοχείς οι οποίοι βρίσκονται στον ειλεό διευκολύνοντας την απορρόφηση της βιταμίνης B₁₂. Η έκκριση της μουκοπρωτεΐνης σχετίζεται με την έκκριση των H⁺ και εκκρίνεται επίσης από τα τοιχωματικά κύτταρα του στομάχου (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

2.5.1 Κινητικότητα του λεπτού εντέρου

Η κινητικότητα του λεπτού εντέρου έχει ως σκοπό την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών που έχουν πεμφθεί από τον οργανισμό μέσω της ανανέωσης του περιεχομένου που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια απορρόφησης του βλεννογόνου ύστερα την προώθησή του περιεχομένου στο παχύ έντερο με τα πεπτικά υγρά (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

Στο λεπτό έντερο γίνονται διακριτές δύο ειδών συσπάσεις. Η σύσπαση που αφορά την ανάμιξη του περιεχομένου στο λεπτό έντερο και η σύσπαση προώθησης του εντερικού περιεχομένου. Οι συσπάσεις ανάμιξης θα μπορούσαν να ονομαστούν και αλλιώς συσπάσεις κατάτμησης. Αυτές οφείλονται σε συσπάσεις τοπικά των μυϊκών ινών με αποτέλεσμα την τοπική μεταβολή της διαμέτρου του εντέρου. Αυτού του είδους οι συσπάσεις προκαλούν διάλυση της μάζας του χυμού, ανάμιξη του μετα πεπτικά ένζυμα και φέρουν το περιεχόμενο σε επαφή με την επιφάνεια των λαχνών (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015)

Οι περισταλτικές κινήσεις ή αλλιώς περιστατικά κύματα οφείλονται σε τοπικά αντανακλαστικά και το σύνθητες ερέθισμα είναι η διάταση του τοιχώματος του λεπτού εντέρου. Μεταδίδονται κυματοειδώς με κατεύθυνση από τον πυλωρό προς το παχύ έντερο και εξασφαλίζουν την προώθηση του περιεχομένου του εντέρου.

Η γαστρίνη και η χολοκυστοκίνη αυξάνουν την κινητικότητα του λεπτού εντέρου, ενώ η σεκρετίνη, η αδρεναλίνη και η γλυκαγόνη τη μειώνουν (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

2.5.2 Κινητικότητα του παχέος εντέρου

Η κινητικότητα του παχέος εντέρου είναι σχετικά μικρότερη από εκείνη του λεπτού εντέρου και διαφέρει από ζώο σε ζώο. Για παράδειγμα στον ίππο το εντερικό

περιεχόμενο προωθείται στο τυφλό έντερο και μετά στο κόλον αλλά στο πρόβατο ένα μέρος του περιεχομένου επιστρέφει μέσω της παλινδρόμησης στο τυφλό έντερο.

Στον ίππο η μικροβιακή ζύμωση πραγματοποιείται στο κόλον και στο τυφλό έντερο ενώ στα μηρυκαστικά και στα τρωκτικά πραγματοποιείται στο τυφλό έντερο.

Οι κινήσεις του παχέος εντέρου διαχωρίζονται σε τοπικές συσπάσεις με σκοπό την ανάμιξη του περιεχομένου που ωστόσο καθυστερούν την προώθησή αυτού και σε περισταλτικές συσπάσεις για την προώθηση του περιεχομένου προς τον πρωκτό (Κάτανος & Σκαπέτας, 2015).

2.6 Ο ρόλος της μικροβιακής χλωρίδας του πεπτικού σωλήνα

Ο πεπτικός σωλήνας των σπονδυλωτών ζώων περιέχει μια μεγάλη ποικιλία από μικροοργανισμούς που διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του ζώου. Στην πλειοψηφία τους τα περισσότερα βακτήρια είναι θετικά Gram. Υπάρχουν μέχρι και 500 είδη βακτηρίων στη μικροχλωρίδα του πεπτικού σωλήνα με πληθυσμούς που μπορεί να κυμαίνονται από 10^{10} μέχρι και 10^{12} βακτηριακά κύτταρα ανά γραμμάριο περιεχομένου του εντέρου ή των κοπράνων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Το σύνολο των μικροοργανισμών της μικροχλωρίδας επηρεάζει τις ανοσολογικές, διατροφικές και προστατευτικές ιδιότητες του πεπτικού σωλήνα και ασκεί γενικότερες επιδράσεις στην υγεία, την ανάπτυξη και τις αποδόσεις των ζώων. Η συνήθης μικροχλωρίδα των ζώων παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των οργάνων, των ιστών και του ανοσοποιητικού συστήματός τους και παρέχει μια ποικιλία από θρεπτικά συστατικά σε αυτά.

Η ύπαρξη μιας φυσιολογικής χλωρίδας στον πεπτικό σωλήνα των ζώων τους προσφέρει σημαντικό όφελος. Ένα από τα οφέλη είναι το γεγονός ότι οι θρεπτικές ουσίες που παράγονται από τη μικροχλωρίδα είναι διαθέσιμες μόνο για το ζώο και όχι για το ζώο-ξενιστή. Σε αυτές τις θρεπτικές ουσίες συμπεριλαμβάνονται τα αμινοξέα, οι βιταμίνες όπως παραδείγματος χάρη η βιταμίνη K και εκείνες του συμπλέγματος B καθώς και λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας τα οποία επιταχύνουν την ανάπτυξη των επιθηλιακών κυττάρων και αυξάνουν το μέγεθος των λαχνών, και επομένως την απορροφητική επιφάνεια (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Βακτήρια της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών	Βακτήρια του εντερικού σωλήνα του χοίρου	Βακτήρια του εντερικού σωλήνα των πτηνών
<i>Bacteroides amylophilus</i>	<i>Bacteroides ruminicola</i>	<i>Bacteroidessp.</i>
<i>Bacteroides ruminicola</i>	<i>Bacteroides uniformis</i>	<i>Bacteroides fragilis</i>
<i>Bacteroides succinogenes</i>	<i>Bacteroides succinogenes</i>	<i>Bifidobacterium bifidus</i>
<i>Butyrivibrio iibrisolvens</i>	<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	<i>Clostridium perfingens</i>
<i>Clostridium perfingens</i>	<i>Clostridium perfingens</i>	<i>Clostridium beijerinckii</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Clostridiumsp.</i>
<i>Lachnospira multiparus</i>	<i>Eubacterium aerofaciens</i>	<i>Eubacterium sp.</i>
<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Fusobacterium sp.</i>
<i>Methanobacterium mobilis</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Gemmiger formicilis</i>
<i>Methanobacterium ruminantium</i>	<i>Lactobacillus cellobiosus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
<i>Peptosticptococcus elsdenii</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>
<i>Ruminococcus albus</i>	<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Lactobacillus salivarius</i>
<i>Ruminococcus fiavefaciens</i>	<i>Peptostreptococcus productus</i>	<i>Micrococcus sp.</i>
<i>Selenomonas ruminantium</i>	<i>Proteus sp.</i>	<i>Streptococcus faecium</i>
<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Ruminococcus Flavefaciens</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>
<i>Streptococcus faecaliium</i>	<i>Selenomonas ruminantium</i>	<i>Ruminococcus obeum</i>
<i>Streptococcus bovis</i>	<i>Streptococcus bovis</i>	
<i>Succinimonas amylolytica</i>	<i>Streptococcus equinus</i>	
<i>Succinovibrio dextrinosolvens</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>	
<i>Treponema sp.</i>	<i>Streptococcus salivarius</i>	
	<i>Veillonella sp.</i>	

Πίνακας 2.6.1: Συνήθη βακτήρια του πεπτικού συστήματος μηρυκαστικών, χοίρων και πτηνών (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Ωστόσο το όφελος αντισταθμίζεται από το αντίστοιχο κόστος ακόμη και κάτω από ιδανικές συνθήκες διαβίωσης όπως ο ανταγωνισμός για θρεπτικές ουσίες, παραγωγή τοξικών καταβολιτών, ελάττωση της πεπτικότητας των λιπαρών ουσιών και αυξημένη έκκριση βλέννας και επιθηλιακών κυττάρων αντισωμάτων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επηρεάζεται δυσμενώς η υγεία και οι αποδόσεις του ζώου (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016)

Με δεδομένο ότι η ύπαρξη της μικροχλωρίδας μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγεία των ζώων αλλά και στις αποδόσεις του, προκύπτουν δύο σημαντικά θέματα:

1. Η ανάγκη χρήσης πρόσθετων υλών στις ζωοτροφές για τη βελτίωση των αποδόσεων των ζώων και εύρεσης κατάλληλων διατροφικών παρεμβάσεων για την ανάπτυξη της μικροχλωρίδας.

2. Η επιδίωξη δημιουργίας ιδανικής μικροχλωρίδας για τη διασφάλιση της υγείας και της βελτίωσης των αποδόσεων των ζώων κάτω από συμβατικές συνθήκες εκτροφής ελαχιστοποιώντας έτσι τη ζημία που ενδεχομένως να προκαλούνταν (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016)

Ένα επιπλέον όφελος που προσφέρεται από τη μικροχλωρίδα του οργανισμού στο ζώο-ξενιστή είναι η αύξηση της αντίστασης του πεπτικού συστήματος του στον αποικισμό από παθογόνους και γενικά από ξένους μικροοργανισμούς μη συνήθης μικροοργανισμούς. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ανταγωνιστικός αποκλεισμός. Ερευνητές πιστεύουν ότι η φυσιολογική μικροχλωρίδα παρεμποδίζει τον αποικισμό από παθογόνους μικροοργανισμούς με τους παρακάτω τρόπους:

- Παράγοντας αντιμικροβιακές ουσίες όπως οργανικά οξέα
- Διεγείροντας το ανοσοποιητικό σύστημα του ζώου
- Ανταγωνίζοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς στην κατανάλωση θρεπτικών ουσιών και
- Αποτρέποντας την προσκόλληση των παθογόνων μικροοργανισμών στην επιφάνεια του βλεννογόνου του εντέρου.

Η μικροχλωρίδα του γαστρεντερικού σωλήνα παρόλα αυτά ανταγωνίζεται με το ζώο-ξενιστή για άλλες θρεπτικές ουσίες, με αποτέλεσμα να γίνεται διέγερση και απόπτωση των απορροφητικών επιθηλιακών κυττάρων, να γίνεται έκκριση της βλέννας από τα καλυκοειδή εντερικά κύτταρα, να πραγματοποιείται η διέγερση της

ανάπτυξης του ανοσοποιητικού συστήματος και τέλος υπήρξε αύξηση των φλεγμονωδών αντιδράσεων. Όλες οι παραπάνω αντιδράσεις έχουν σαν αποτέλεσμα να επιβαρύνονται οι αποδόσεις των ζώων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Άλλες αρνητικές επιπτώσεις της μικροχλωρίδας του πεπτικού σωλήνα είναι η παραγωγή τοξικών καταβολιτών και η ελάττωση της πεπτικότητας των λιπαρών ουσιών και πολλά άλλα. Όλα αυτά μπορούν να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ζώων και μείωση των αποδόσεών τους (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

3. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΤΙΒΙΟΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΤΗΝΩΝ

Η παραγωγή πουλερικών συγκαταλέγεται στις πιο ταχέως αναπτυσσόμενες βιομηχανίες σε όλο τον κόσμο και τα πουλερικά είναι μια από τις κυριότερες πηγές κρέατος. Ακόμη και σήμερα σε ορισμένες χώρες οι πτηνοτρόφοι χρησιμοποιούν αντιβιοτικά «προληπτικής δράσης» για την πρόληψη ασθενειών και «ανάπτυξης» για την ταχύτερη ανάπτυξη των κοτόπουλων, για να βελτιώσουν τον ρυθμό αφομοίωσης των ζωοτροφών και για να μειώσουν την θνησιμότητα που προκαλείται από παθογόνα μικρόβια. Ωστόσο, τα αντιβιοτικά μπορεί να οδηγήσουν σε δυσλειτουργικότητα των ευεργετικών μικροβίων του εντέρου και να αυξήσουν την αντοχή των παθογόνων μικροβίων στα πουλερικά και στα διάφορα άλλα είδη παραγωγικών ζώων. Τα υπολείμματα αυτών των αντιβιοτικών στο κρέας πουλερικών έχουν αναγνωριστεί σε πολλές μελέτες παγκοσμίως και θεωρούνται μία από τις πιθανές αιτίες της αντιβακτηριακής αντοχής στα ανθρώπινα παθογόνα. Η παρουσία υπολειμμάτων αντιβιοτικών στο κρέας πουλερικών και στα προϊόντα με βάση το κρέας πέρα από τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια αποτελεί θέμα σοβαρής ανησυχίας (Tahir et al., 2017).

3.1 Χρήση αντιβιοτικών στη διατροφή των πτηνών ως αυξητικοί παράγοντες

Τα αντιβιοτικά είναι φυσικές, ημισυνθετικές ή συνθετικές ενώσεις με αντιμικροβιακή δράση και είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα φάρμακα στη βιομηχανία πουλερικών. Παρέχονται παρεντερικώς ή ενδοφλεβίως, τοπικά και στοματικά. Τα αντιβιοτικά φάρμακα συνήθως χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση τριών σκοπών σε πουλερικά:

- 1) θεραπευτική χρήση όπου στα ζώα (είτε μεμονωμένα είτε σε μικρές ομάδες) χορηγούνται με υψηλές δόσεις αντιβιοτικών για σχετικά μικρότερες περιόδους,
- 2) προφυλακτική χρήση που συνεπάγεται έκθεση ζώων σε μέτριες δόσεις αντιμικροβιακών για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια και
- 3) προαγωγή της ανάπτυξης όπου τα αντιβιοτικά σε υποθεραπευτικές δόσεις, για παράδειγμα, 10 ή 100 φορές λιγότερες από τις θεραπευτικές δόσεις δίνονται για πολύ

μεγάλο χρονικό διάστημα διάρκεια ή καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των ζώων (Tahir et al., 2017).

Οι μηχανισμοί δράσης των αντιβιοτικών αφορούν κυρίως την αναστολή:

- 1) του αναδιπλασιασμού του DNA των βακτηρίων,
- 2) της παραγωγής Ριβονουκλεϊνικού οξέος (RNA) και της σύνθεσης πρωτεϊνών,
- 3) της κυτταρική διαίρεσης, τη διαφοροποίησης και της ανάπτυξης, και

4) του μεταβολισμού του φολικού οξέος, της σύνθεσης της μεμβράνης και κυτταρικού τοιχώματος των μικροοργανισμών υπεύθυνων για τη πρόκληση λοιμώξεων.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η χρήση αντιβιοτικών είναι αρκετά κοινή. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντιβιοτικά είναι τα τετρακυκλίνη, γενταμυκίνη, νεομυκίνη, τυλοσίνη, ερυθρομυκίνη, βιργινιαμυκίνη, κεφτιοφούρη και βακιτρακίνη, τα οποία συνήθως βοηθούν στη μείωση και την πρόληψη των αναπνευστικών ασθενειών και των μολύνσεων από νεκρωτική εντερίτιδα. Οι φλοροκινολόνες και οι ενώσεις κινολόνης χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία λοιμώξεων του γαστρεντερικού συστήματος, του δέρματος ή μαλακών ιστών. Οι ενώσεις σουλφοναμιδίου χορηγούνται ως προληπτικοί και χημικοθεραπευτικοί παράγοντες κατά της κοκκιδίωσης, του τύφου, ενώ για την θεραπεία της κοκκιδίωσης χρησιμοποιούνται τα φάρμακα πιπεραζίνη, οξυτετρακυκλίνη, αμοξυκιλλίνη, αμπρόλιο, σιπροφλοξακιλλίνη και σουλφαίνη (Tahir et al., 2017).

Παρομοίως, πολλά αντικοκκιδιακά φάρμακα (ναρασίνη, σαλινομυκίνη, σουλφοναμίδια, κλοπιδόλη, αμπρόλιο, νικαρβαζίνη κλπ.) και εμβόλια (που προέρχονται από μη εξασθενημένες ή εξασθενημένες ωκύστες στελεχών κοκκιδίων) χρησιμοποιούνται ευρέως ως αντίδοτα σε ζωοτροφές πουλερικών για την πρόληψη και τη θεραπεία της κοκκιδίωσης. Η κοκκιδίωση, μια παρασιτική ασθένεια που προκαλείται από διάφορα είδη *Eimeria*, είναι γνωστό ότι εμποδίζει την ανάπτυξη και την εξέλιξη της βιομηχανίας πουλερικών. Η ασθένεια εκδηλώνεται σε εντερικούς επιθηλιακούς ιστούς και προκαλεί αιμορραγική διάρροια (κόπρανα με αίμα), μείωση της αύξησης βάρους, μειωμένη παραγωγή αυγών και μείωση της μετατρεψιμότητας των ζωοτροφών, προκαλώντας έτσι υψηλές νοσηρότητες και θνησιμότητες, καθώς και σημαντικές οικονομικές απώλειες. Ορισμένα από αυτά τα φάρμακα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμούς για αποτελεσματική παραγωγή πουλερικών όπως η ναρασίνη και η νικαρβαζίνη (Tahir et al., 2017).

ANTIBIOTIKA	ΠΑΡΑΓΩΓΑ	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ
Beta-Lactams	Amoxicillin (aminopenicillin), penicillin, cephalosporin, ampicillin, monobactam, carbapenem	Βακτηριοκτόνο (αποτρέπει τη σύνθεση βακτηριακών κυττάρων, διαταράσσει την ακεραιότητα του κυτταρικού τοιχώματος, αναστέλλει τη διαπεπτιδάση)
Tetramisole	Levamisole	Αποτελεσματική κατά των πνευμονικών σκωλήκων και των γαστρεντερικών νηματωδών, μιμείται τη θυμομυκίνη, θυμική ορμόνη η οποία επηρεάζει πολλά συστατικά του ανοσοποιητικού συστήματος
Quinolones/ Fluoroquinolones	Oxolinic acid, nalidixic acid, flumequine, enrofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin	Παρεμποδίζει την ανάπτυξη βακτηριδιακών κυττάρων μέσω αναστολής των γυροσκοπίων DNA που εμπλέκονται στην αντιγραφή, τον ανασυνδυασμό και την επιδιόρθωση του DNA
Tetracyclines	Chlortetracycline, tigecycline, minocycline, oxytetracycline, chelocardine	Βακτηριοστατικά και βακτηριοκτόνα, αναστέλλουν τη σύνθεση πρωτεϊνών
Sulfonamides	Sulfacetamide, sulfamethoxyypyridiazine, sulfamethoxydiazine, sulfamethoxazole, sulfadimidine, suflamethoxine, sulfadiazine, sulfafurazole,	Λειτουργούν ως ανταγωνιστές στα μικροβιακά κύτταρα, εμποδίζουν το σχηματισμό φολικού οξέος
Aminocyclitol	Spectinomycin, apramycin	Βακτηριοστατική και βακτηριοκτόνος, μη αναστρέψιμη αναστολή της πρωτεϊνικής σύνθεσης
Amphenicols	Chloramphenicol, thiamphenicol, florfenicol	Αναστέλλει τη σύνθεση πρωτεϊνών
Coccidiostats	Salinomycin, diclazuril, robenidine, naduramicin, lasalocid, toltrazuril, halfoginone, nicarbazin, narasin, monensin, clopidol, ionophores, amprolium	Διαταράσσουν τις διαβαθμίσεις ιόντων σε όλη την μεμβράνη των παρασιτικών κυττάρων, αναστέλλουν τη μιτοχονδριακή αναπνοή των παρασίτων, την οδό του φολικού οξέος, την ανταγωνιστική αναστολή της πρόσληψης θειαμίνης
Macrolide	Erythromycin, tylosin, spiramycin	Ενεργεί στην ριβοσωματική υπομονάδα 50S και αναστέλλει τη σύνθεση πρωτεϊνών

Nitrofurans	Furazolidone, furaltadone, nitrofurantoin, nitrofurazone	Βακτηριοστατικό ή βακτηριοκτόνο (σε υψηλές δόσεις)
Aminoglycosides	Neomycin, canamycin, gentamycin, netilmycin	Μη αναστρέψιμη αναστολή της πρωτεϊνικής σύνθεσης

Πίνακας 3.1.1: Τα πιο συνήθη αντιβιοτικά που χρησιμοποιούνταν στην πτηνοτροφία και οι μηχανισμοί δράσης τους (Tahir et al., 2017).

Τα αυξητικά αντιβιοτικά (antibiotic growth promoters, AGP) χρησιμοποιούνται στη διατροφή των πουλερικών για σχεδόν 70 χρόνια σε ολόκληρο τον κόσμο. Από το 1930 υπήρξαν οι πρώτες ενδείξεις των ευεργετικών τους ιδιοτήτων που καταγράφηκαν σε πτηνά και σε χοίρους. Η έννοια των AGP προέκυψε μετά από την παρατήρηση ότι βελτιώθηκε η ανάπτυξη σε πτηνά που τρέφονται με αποξηραμένα μυκήλια *Streptomyces aureofaciens*. Η χρήση αντιμικροβιακών παραγόντων για σκοπούς προώθησης της ανάπτυξης στα ζώα εκτροφής είχε ξεκινήσει στα μέσα της δεκαετίας του 1950. Από τότε οι πρόσθετες ύλες ζωοτροφών που περιείχαν τετρακυκλίνη, χλωραμφενικόλη και προκαϊνικής πενικιλίνη (υποθεραπευτικές δόσεις) χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς στη βιομηχανία πουλερικών για την αύξηση της ανάπτυξης και της παραγωγής αυγών. Η βιργινιαμυκίνη, η αβοπαρκίνη, η τυλοσίνη και πολυάριθμα ιονοφόρα έχουν επίσης αναφερθεί ότι χρησιμοποιούνται ως αυξητικοί παράγοντες. Εκτός από τα αντιβιοτικά, λόγω του ρόλου των ορμονών στην καλύτερη ανάπτυξη και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των ζωοτροφών, στα ζώα παραγωγής τροφίμων χορηγούνται επίσης με φυσικές και συνθετικές ορμόνες στις αναπτυσσόμενες χώρες. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές της οιστραδιόλης στον ευνουχισμό των νεαρών πτηνών, είτε υποδόρια είτε ως πρόσθετα ζωοτροφών, έχουν αναφερθεί στο παρελθόν (Tahir et al., 2017).

Η έναρξη της χρήσης των AGP στην εντατική γεωργία συντέλεσε στην βελτίωση των οικονομικών αποτελεσμάτων. Παράλληλα με τη βελτιωμένη μετατρεψιμότητα των ζωοτροφών και τη μειωμένη νοσηρότητα και θνησιμότητα εξαιτίας του ελέγχου των ασθενειών πρώιμης φάσης, η χρήση αυτών των προϊόντων προκάλεσε βελτίωση της ανάπτυξης, κατά μέσο όρο από 4% έως 8%, με βελτίωση της μετατρεψιμότητας που κυμαίνεται από 2% έως 5% (Kumar, 2019).

Ο ρόλος των αντιβιοτικών ως παραγόντων που προάγουν την ανάπτυξη θεωρείται ότι εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις των AGP με τον μικροβιακό

πληθυσμό του εντέρου, αλλά οι ακριβείς μηχανισμοί είναι ακόμα άγνωστοι. Διάφορες μελέτες έχουν αποκαλύψει τέσσερις κύριους μηχανισμούς για να εξηγήσουν τη βελτίωση της ανάπτυξης που σχετίζεται με την AGP. Αυτές περιλαμβάνουν:

- α) την αναστολή των ενδημικών λοιμώξεων στα αρχικά στάδια,
- β) τη μείωση των μεταβολιτών που παράγονται από μικροοργανισμούς που μπορεί να μειώσουν την ανάπτυξη,
- γ) τη μείωση της μικροβιακής πρόσληψης θρεπτικών ουσιών και
- δ) την αυξημένη απορρόφηση και αξιοποίηση των θρεπτικών ουσιών από το ζώο λόγω της αραίωσης του εντερικού τοιχώματος.

Όλοι αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν μια κοινή υπόθεση που περιλαμβάνει τον ρόλο του μικροβίου του εντέρου στην καταστολή της ανάπτυξης των πτηνών. Εντούτοις, τα AGP βελτιώνουν την ανάπτυξη των πτηνών περιορίζοντας τις δραστικότητατες καταστολής της ανάπτυξης του μικροβίου του εντέρου (Kumar, 2019).

Για χρόνια, η χρήση αντιβιοτικών ή / και αντιμικροβιακών θεωρήθηκε ως σήμα κατατεθέν και επιτρεπτό να χρησιμοποιούνται χωρίς περιορισμούς, κανονισμούς και εποπτεία σε διάφορες εμπορικές επιχειρήσεις πουλερικών. Εν τούτοις, τα αρνητικά αποτελέσματα αυτών των αυξητικών παραγόντων παρέμειναν μη ανιχνεύσιμα μέχρι την απόκτηση αντοχής έναντι των αντιμικροβιακών φαρμάκων.

3.2 Το φαινόμενο της μικροβιοανθεκτικότητας στην πτηνοτροφία

Η αντίσταση στα αντιβιοτικά, η οποία ορίζεται ως η ικανότητα ενός οργανισμού να αντιστέκεται στη δράση ενός αντιβιοτικού στο οποίο ήταν κανονικά ευαίσθητο, έχει καταστεί ζήτημα παγκόσμιου ενδιαφέροντος. Αυτή η μικροβιακή αντοχή δεν είναι ένα νέο φαινόμενο, αφού όλοι οι μικροοργανισμοί έχουν εγγενή ικανότητα να αντιστέκονται σε ορισμένα αντιβιοτικά. Ωστόσο, η ταχεία αύξηση της ανάπτυξης και της εξάπλωσης της είναι ο κύριος λόγος ανησυχίας. Τα τελευταία χρόνια έχουν προκύψει αρκετές αποδείξεις που υπογραμμίζουν τη σχέση μεταξύ της υπερβολικής χρήσης αντιμικροβιακών παραγόντων και της μικροβιακής αντοχής από τα ζώα ως παράγοντα που συμβάλλει στη συνολική επιβάρυνση της μικροβιοανθεκτικότητας. Η έκταση της χρήσης των AGP αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια λόγω της εντατικοποίησης των γεωργικών πρακτικών στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες (Kumar, 2019).

Τα πουλερικά είναι μία από τις πιο διαδεδομένες βιομηχανίες τροφίμων παγκοσμίως. Το κοτόπουλο (*Gallus gallus domesticus*) είναι το πιο συχνά εκτρεφόμενο είδος, με πάνω από 90 δισεκατομμύρια τόνους κρέατος κοτόπουλου να παράγονται ετησίως. Μια μεγάλη ποικιλία αντιμικροβιακών, χρησιμοποιείται στην εκτροφή των πουλερικών στις περισσότερες χώρες. Η αδιάκριτη χρήση τέτοιων βασικών αντιμικροβιακών στην ζωική παραγωγή είναι πιθανό να επιταχύνει την ανάπτυξη της μικροβιοανθεκτικότητας στους παθογόνους παράγοντες, καθώς και σε άλλους δυνητικά παθογόνους οργανισμούς. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει σωστή θεραπεία των νόσων των ζώων με μεγάλες οικονομικές απώλειες και θα μπορούσε να λειτουργήσει ως πηγή γονιδιωματικής ομάδας για μετάδοση της μικροβιοανθεκτικότητας στον άνθρωπο. Επιπλέον, υπάρχουν επίσης ανησυχίες για την ανθρώπινη υγεία σχετικά με την παρουσία αντιμικροβιακών καταλοίπων στο κρέας, τα αυγά και άλλα ζωικά προϊόντα (Kumar, 2019).

Γενικά, όταν χρησιμοποιείται ένα αντιβιοτικό σε οποιαδήποτε ποσότητα, εξαλείφει τα ευαίσθητα βακτηριακά στελέχη, ενώ επιβιώνουν εκείνα με χαρακτηριστικά που μπορούν να αντισταθούν στο φάρμακο. Αυτά τα ανθεκτικά βακτήρια πολλαπλασιάζονται και γίνονται ο κυρίαρχος πληθυσμός και ως εκ τούτου είναι σε θέση να μεταφέρουν τα γονίδια που είναι υπεύθυνα για την αντοχή τους σε άλλα βακτηρίδια. Τα ανθεκτικά βακτήρια μπορούν να μεταφερθούν από προϊόντα πουλερικών σε ανθρώπους μέσω της κατανάλωσης ή χειρισμού του κρέατος που έχει μολυνθεί από παθογόνα βακτήρια. Μόλις αυτά τα παθογόνα βρίσκονται στο ανθρώπινο σύστημα, θα μπορούσαν να αποικίσουν το πεπτικό σωλήνα και τα ανθεκτικά γονίδια θα μπορούσαν να μοιραστούν ή να μεταφερθούν στην ενδογενή χλωρίδα του εντέρου, θέτοντας σε κίνδυνο μελλοντικές θεραπείες λοιμώξεων που προκαλούνται από τέτοιους οργανισμούς (Kumar, 2019).

Παραδείγματα του φαινομένου της μικροβιοανθεκτικότητας:

a) *Salmonella* spp

Η σαλμονέλα (*Salmonella*) παραμένει η κύρια αιτία της τροφικής ασθένειας στις Ηνωμένες Πολιτείες και η διάδοση μικροβιοανθεκτικών στελεχών σαλμονέλας μέσω της τροφικής αλυσίδας έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αποτυχία της θεραπείας της νόσου στον άνθρωπο.

Η ευαισθησία στα αντιβιοτικά και η ποικιλία φαινοτύπων αντιμικροβιακής αντοχής στα πουλερικά για τη *Salmonella* εντοπίστηκε μέσω ενός ερευνητικού

προγράμματος που ύστερα από μελέτη αρκετών δειγμάτων που είχαν πάρει, κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα:

Υπάρχει άφθονη ευκαιρία για την εμφάνιση σαλμονέλας με ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά στις εκμεταλλεύσεις πουλερικών λόγω του συνδυασμού της χρήσης αντιβιοτικών στις φάρμες και της σημαντικής δεξαμενής γονιδίων αντιμικροβιακής αντοχής που υπάρχουν στα απορρίμματα πουλερικών. Εξετάστηκε η ευαισθησία έναντι των αντιβιοτικών της σαλμονέλας που συλλέχθηκε από δύο εμπορικές εκμεταλλεύσεις κοτόπουλων στη βορειοανατολική Γεωργία σε σχέση με τη χρήση αντιβιοτικών στο αγρόκτημα. Η πλειονότητα των προϊόντων απομόνωσης *Salmonella* (62,6%, n = 172) ήταν ευαίσθητα σε όλα τα 19 αντιμικροβιακά που ελέγχθηκαν, ενώ τα υπόλοιπα εμφάνισαν αντίσταση σε στρεπτομυκίνη (30,9%), γενταμυκίνη (12,6%), σουλφαδιμεθοξίνη (20,9%), τετρακυκλίνη, και τριμεθοπρίμη / σουλφαμεθοξαζόλη (8,6%). Η αντοχή στη σαλμονέλα μόνο στη στρεπτομυκίνη ήταν ο πλέον διαδεδομένος φαινότυπος αντιμικροβιακής αντοχής (Liljebjelke et al., 2017).

β) Staphylococcus

Το βακτηριακό γένος *Staphylococcus* περιλαμβάνει θετικά κατά Gram βακτήρια τα οποία προαιρετικά αναερόβια. Είναι αιτιολογικοί παράγοντες της σταφυλοκοκκιδίασης, της υποδερματίτιδας και της σηψαιμίας που πλήττουν κυρίως τα κοτόπουλα και τις γαλοπούλες.

Οι β-λακτάμες θεωρήθηκαν ως η πρώτη γραμμή φαρμάκων για τη θεραπεία των σταφυλοκοκκικών λοιμώξεων, αλλά λόγω εμφάνισης υψηλού επιπέδου αντοχής σε αυτά και σε άλλα φάρμακα, υπάρχουν σήμερα πολύ λίγα φάρμακα διαθέσιμα για τη θεραπεία αυτών των λοιμώξεων. Ο ανθεκτικός στη μεθικιλίνη *Staphylococcus aureus* είναι ανθεκτικός σε σχεδόν κάθε διαθέσιμο αντιβιοτικό που χρησιμοποιείται κατά του σταφυλόκοκκου (Kumar, 2019).

Μια μελέτη για την ανίχνευση της παρουσίας πολυανθεκτικού σταφυλόκοκκου (Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA) σε παχυνόμενα κοτόπουλα, γαλοπούλες και τον περιβάλλοντα αέρα στη Γερμανία, ανέφερε τη συχνότητα εμφάνισης του MRSA στον αέρα στο 77% στα κρεατοπαραγωγά κοτόπουλα σε σύγκριση με το 54% στις γαλοπούλες. Δέκα διαφορετικοί τύποι *Staphylococcus aureus* (SPA) αναγνωρίστηκαν με τον τύπο SPA t011 και το κλωνικό σύμπλεγμα (CC) 398 ήταν το πιο διαδεδομένο. Διαπιστώθηκε επίσης ότι για κάθε αγρόκτημα

υπήρχαν οι ίδιοι τύποι αλληλουχίας τόσο στα πουλιά όσο και στο περιβάλλον. Αυτό το σχέδιο αντίστασης αναφέρθηκε επίσης στην Ινδία με 1,6% στελεχών σταφυλοκοκκικού που περιέχουν γονίδιο ανθεκτικό στο mecA.

Στην Αφρική, μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στη Γκάνα και στη Νιγηρία έδειξαν ότι οι σταφυλόκοκκοι που σχετίζονται με τα ζώα είναι ευαίσθητοι σε αμοξικιλίνη/κλαβουλανικό οξύ, αμικασίνη, σιπροφλοξασίνη, γενταμυκίνη και κεφαλεξίνη, ενώ στις ΗΠΑ, τα περισσότερα στελέχη σταφυλόκοκκου ήταν ευαίσθητα σε ριφαμπίνη, κττομοξαζόλη, γενταμυκίνη, βανκομυκίνη και χλωραμφενικόλη. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότεροι από αυτούς τους οργανισμούς έδειξαν υψηλό επίπεδο αντοχής στην οξακιλλίνη και την τετρακυκλίνη, κάτι που θα ήταν καταστροφικό αν αυτά τα ανθεκτικά σε οξακιλλίνη στελέχη μεταφερθούν στον άνθρωπο (Kumar, 2019).

γ) *Escherichia coli*

Το *Escherichia coli* είναι ένα Gram-αρνητικό βακτήριο το οποίο είναι γνωστό για την ικανότητά του να ανταλλάσσει εύκολα και συχνά γενετικές πληροφορίες μέσω οριζόντιας γονιδιακής μεταφοράς με άλλα σχετικά βακτήρια. Ως εκ τούτου, μπορεί να παρουσιάζει χαρακτηριστικά που βασίζονται στην πηγή της απομόνωσης. Το βακτήριο *E. Coli* είναι ένας οργανισμός που ζει στο έντερο και των ανθρώπων και των ζώων. Ωστόσο, ορισμένα στελέχη έχουν αναφερθεί ότι προκαλούν γαστρεντερικές παθήσεις. Η τετρακυκλίνη που χρησιμοποιείται συνήθως στα πουλικά έχει αναφερθεί ότι είναι ένα από τα φάρμακα που τα βακτήρια είναι περισσότερο ανθεκτικά. Έχει αναφερθεί αντίσταση σε τετρακυκλίνη σε πουλικά ακόμη και χωρίς τη χορήγηση αυτού του αντιβιοτικού (Kumar, 2019).

Μια μελέτη που διεξήχθη σε κοκκιώδη προϊόντα απομόνωσης *E. Coli* στις Κάτω Χώρες έδειξε ότι υπάρχει υψηλό επίπεδο ανθεκτικότητας σε πολλαπλά φάρμακα που εμφανίζεται σε παχυνόμενα κοτόπουλα και γαλοπούλες ενώ η πλειοψηφία αυτών που προέρχονται από όρνιθες ωοπαραγωγής ήταν ευαίσθητα.

Όλα τα στελέχη έδειξαν κάποιο βαθμό αντοχής στην κεφτριαξόνη (1,34%), την κεφοταξίμη (0,67%), τη γενταμυκίνη (2,01%), την κττομοξαζόλη (1,34%), την τετρακυκλίνη (2,01%) και την αμικιλίνη (3,36%). Τα ανθεκτικά γονίδια έχουν βρεθεί σε προϊόντα απομόνωσης *E. Coli* από τη Νιγηρία που μεταφέρουν αντίσταση στα ακόλουθα αντιβιοτικά, τετρακυκλίνη (81%), σουλφαμεθοξαζόλη (67%),

στρεπτομυκίνη (56%), τριμεθοπρίμη (47%), σιπροφλοξακίνη (42%), αμπικιλίνη (36%), σπεκτινομυκίνη (28% (22%), νεομυκίνη (14%) γενταμικίνη (8%). Στη μελέτη αυτή τα στελέχη ήταν ευαίσθητα στην αμοξικιλίνη-κλαβουλανική, κεφτιοφούρη, κεφοταξίμη, κολιστίνη, φλορφενικόλη και απραμυκίνη (Kumar, 2019).

δ) *Streptococcus gallolyticus*

Ο στρεπτόκοκκος είναι θετικό κατά Gram βακτήριο. Ο *Streptococcus gallolyticus* είναι ένα κοινό μέλος του μικροβίου στο έντερο σε ζώα και ανθρώπους. Ωστόσο, επειδή είναι ζωνοσογόνος παράγοντας, έχει αναφερθεί ότι προκαλεί μαστίτιδα στα βοοειδή, σηψαιμία στα περιστέρια και μηνιγγίτιδα, σηψαιμία και ενδοκαρδίτιδα στους ανθρώπους. Μια μελέτη που διεξήχθη στην Ιαπωνία με απομόνωση *Streptococcus gallolyticus* από περιστέρια με σηψαιμία, έδειξε ότι τα περισσότερα στελέχη ήταν ευαίσθητα σε βανκομυκίνη, πενικιλίνη G και αμπικιλίνη, ενώ μερικά ήταν ανθεκτικά στην τετρακυκλίνη, τη δοξυκυκλίνη και την λινκομυκίνη (Kumar, 2019).

ε) *Mycobacterium*

Τα μυκοβακτήρια είναι αερόβια, μη πτητικά βακτήρια του γένους *Mycobacterium*. Τα μυκοβακτηρίδια είναι ευρέως διαδεδομένοι οργανισμοί που ζουν σε νερό και πηγές τροφίμων και μπορούν να αποικίσουν τους ξενιστές τους χωρίς να παρουσιάσουν οποιαδήποτε δυσμενή σημεία και συμπτώματα. Τα παθογόνα μυκοβακτηριακά είδη που περιλαμβάνουν το *M. Tuberculosis*, *M. Bovis*, *M. Africanum*, *M. Macroti* προκαλούν φυματίωση ενώ ο *M. Leprae* είναι υπεύθυνος για τη λέπρα. *Mycobacteria spp.* είναι φυσικά ανθεκτικά στην πενικιλίνη και είναι κυρίως ευαίσθητα στη κλαριθρομυκίνη και τη ριφαμυκίνη (Kumar, 2019).

στ) *Enterococcus*

Ο εντερόκοκκος είναι ένα μεγάλο γένος από θετικούς κατά Gram διπλοκόκκους, βακτήρια που παράγουν γαλακτικό οξύ του *phylum Firmicutes*. Τα συχνότερα είδη που προκαλούν προβλήματα είναι *Enterococcus faecalis* και *Enterococcus faecium*. Οι αξιοσημείωτες λοιμώξεις που προκαλούνται από τους εντεροκόκκους περιλαμβάνουν λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος, βακτηριαιμία, μηνιγγίτιδα, ενδοκαρδίτιδα. Τα αντιβιοτικά που ενεργούν κατά των εντεροκόκκων περιλαμβάνουν

τα αμπικιλίνη, πενικιλίνη, νιτροφουραντοΐνη και βανκομυκίνη. Οι εντερόκοκκοι συχνά έχουν εγγενή αντίσταση έναντι των αντιβιοτικών β-λακτάμης και των αμινογλυκοσιδών. Ωστόσο, η αντίσταση των εντερόκοκκων στη βανκομυκίνη έχει αναφερθεί σε αρκετές μελέτες.

Σε μια μελέτη στην Τσεχική Δημοκρατία εντοπίστηκαν 228 εντεροκοκκικά απομονωμένα στελέχη από τον εντερικό σωλήνα πουλερικών. Αυτά τα στελέχη βρέθηκαν να είναι πολύ ανθεκτικά στην τετρακυκλίνη (80%), την ερυθρομυκίνη (59%) και την οφλοξακίνη (51%), αλλά παρουσίασαν χαμηλή αντίσταση στην αμπικιλίνη (3%) και την αμπικιλίνη / σουλβακτάμη (3%). Παρόμοια τάση αντοχής αναφέρθηκε μεταξύ 163 απομονώσεων από σκουπίδια πουλερικών στην περιοχή Abbotsford της Βρετανικής Κολομβίας, του Καναδά. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης εντεροκόκκων ανθεκτικών σε πολλαπλά φάρμακα, σε κρέας ζώων και περιττωμάτων που μεταφέρονται στους ανθρώπους (Kumar, 2019).

ζ) *Clostridium*

Το *Clostridium* είναι ένα γένος των θετικών κατά Gram αναερόβιων βακτηρίων που περιλαμβάνει αρκετά σημαντικά ανθρώπινα παθογόνα. Τα σπόρια του *Clostridium* συνήθως κατοικούν στο έδαφος και στον πεπτικό σωλήνα ζώων και ανθρώπων. Οι κοινές λοιμώξεις που προκαλούνται από κλωστρίδια περιλαμβάνουν την αλλαντίαση που προκαλείται από την *C. botulinum*, την ψευδομεμβρανώδη κολίτιδα που προκαλείται από *C. difficile*, την κυτταρίτιδα και το αεριογόνο γάγγραινα που προκαλείται από το *C. perfringens*, τον τετάνο που προκαλείται από το *C. tetani* και τις αποβολές που προκαλούνται από *C. sordellii* (Kumar, 2019).

Η υψηλή δόση πενικιλίνης παραμένει δραστική κατά των περισσότερων και έτσι χρησιμοποιείται ευρέως για τη θεραπεία λοιμώξεων από *Clostridium*. Τα είδη *Clostridium* όπως οι *welchii* και *tetani* ανταποκρίνονται στα σουλφοναμίδια. Οι τετρακυκλίνες, οι καρβαπενέμες, η μετρονιδαζόλη, η βανκομυκίνη και η χλωραμφενικόλη είναι αποτελεσματικές επιλογές για τη θεραπεία λοιμώξεων από *Clostridium*.

Το *C. perfringens* είναι γνωστό ότι προκαλεί νεκρωτική εντερίτιδα σε πουλερικά. Η βακιτρακίνη ή η βιργινιαμυκίνη είναι μια αποτελεσματική επιλογή θεραπείας όταν χορηγείται στην τροφή ή στο πόσιμο νερό. Το *C. colinum* είναι υπεύθυνο για την

ελκώδη εντερίτιδα. Η βακίτρακίνη και οι πενικιλίνες είναι τα πιο αποτελεσματικά φάρμακα στη θεραπεία και την πρόληψη αυτής της μόλυνσης.

Μια μελέτη στην Αίγυπτο αναγνώρισε 125 στελέχη του *C. perfringens* από κλινικές περιπτώσεις νεκρωτικής εντερίτιδας σε κοτόπουλα κοτόπουλων από 35 κοτόπουλα κοτόπουλου και όλα τα στελέχη ήταν ανθεκτικά στη γενταμυκίνη, τη στρεπτομυκίνη, το οξολινικό οξύ, την λινκομυκίνη, την ερυθρομυκίνη και τη σπιραμυκίνη. Πάνω από το 95% των στελεχών ήταν ανθεκτικά σε σουλφαμεθοξαζόλη-τριμεθοπρίμη, δοξυκυκλίνη, perfloxacin, κολιστίνη και νεομυκίνη. Τριάντα στελέχη του *C. perfringens* που απομονώθηκαν από κοτόπουλα με νεκρωτική εντερίτιδα στην Κορέα βρέθηκαν ανθεκτικά στη γενταμυκίνη, νεομυκίνη, στρεπτομυκίνη και κολιστίνη (Kumar, 2019).

3.3 Περιορισμός της χρήσης αυξητικών αντιβιοτικών στην Ευρωπαϊκή Ένωση και παγκοσμίως

Τις πρώτες ανησυχίες για την ανάπτυξη αντοχής σε αντιμικροβιακές ουσίες από παθογόνα μικρόβια και σχετικές προτάσεις για την απαγόρευση της προσθήκης τους στα σιτηρέσια, εξέφρασε ο Swann σε μια αναφορά στο Βρετανικό Κοινοβούλιο το 1969. Ήδη από τη δεκαετία του 1980, είχε διαπιστωθεί ότι ορισμένα παθογόνα μικρόβια είχαν παρουσιάσει ανθεκτικότητα σε περισσότερες από μία αντιμικροβιακές ουσίες (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Το 1997 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO), έκανε μία δημοσίευση σχετικά με τη χρήση των αντιμικροβιακών ουσιών και τις συνέπειες που έχει στα παραγωγικά ζώα καθώς έκανε αναφορά για την ανθεκτικότητα στις αντιμικροβιακές ουσίες ορισμένων παθογόνων μικροοργανισμών του ανθρώπου τονίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο τη συσχέτιση μεταξύ των δύο αλλά και την επιδημιολογική τους βάση. Ύστερα από την αναφορά αυτή πάρθηκε απόφαση να λάβουν προληπτικά μέτρα για τη μείωση χρήσης των αντιμικροβιακών ουσιών στα ζώα και παράλληλα να γίνεται έλεγχος της χρήσης τους καθώς και της μικροβιακής τους αντοχής.

Το 1986 η Σουηδία ήταν η πρώτη χώρα που αποφάσισε να σταματήσει τη χρήση των AGP. Το 1998 η Δανία απαγόρευσε τη χρήση της βιργινιαμυκίνης ως AGP και το Φεβρουάριο του 1998 οι εκτροφείς βοοειδών, κρεοπαραγωγών ορνίθων και χοίρων στο στάδιο της πάχυνσης σταμάτησαν να χρησιμοποιούν AGP. Τον Ιούλιο και τον

Σεπτέμβριο του επόμενου έτους απαγορεύτηκαν από την Ε.Ε. η χρήση της τυλοσίνης, της σπειραμυκίνης, της βακιτραμίνης, της βιργινιαμυκίνης, του ολακουϊντόξ και του καρμπαντόξ. Το Δεκέμβριο του 1999 η Δανία πήρε την απόφαση να καταργήσει εξολοκλήρου τη χρήση των AGP στις εκτροφές χοίρων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Το 2006 η επιτροπή της Ε.Ε. απέσυρε την έγκριση όλων των περισσευόμενων AGP που είχαν απομείνει καθώς και ορισμένων ιοντοφόρων αντιβιοτικών σε όλα τα κράτη της. Η μοναδική εξαίρεση της τροπολογίας ήταν η χρήση κοκκιδιαστικών ουσιών στο σιτηρέσιο των πτηνών.

Στις ΗΠΑ ωστόσο οι διενέργειές τους περί περιορισμού της χρήσης των αντιμικροβιακών ήταν αρκετά περιορισμένες έως το 2000 όπου ο οργανισμός USDA, κατέθεσε πρόταση απαγόρευσης της χρήσης των φλουοροκινολονών ως AGP στην τροφή των πτηνών. Η ισχύς αυτής της απαγόρευσης ξεκίνησε το 2005.

Με βάση τα όσα ειπώθηκαν παραπάνω, υπάρχει η πεποίθηση ότι όχι μόνο τα κράτη μέλη της Ε.Ε. θα συνεχίσουν να απαγορεύουν τη χρήση των AGP, αλλά σύντομα και άλλα κράτη θα προχωρήσουν στη θέσπιση κανόνων για το περιορισμό και την απαγόρευση της χρήσης των αντιμικροβιακών ουσιών στη τροφή των παραγωγικών ζώων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

4. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΥΛΕΣ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ

Πρόσθετες ύλες ζωοτροφών ονομάζουμε τις ουσίες που επιλέγουμε να εντάξουμε στο σιτηρέσιο των ζώων μας προκειμένου να εξασφαλίσουμε τη διατήρηση της υγείας τους, να βελτιώσουμε την ποιότητα των παραγόμενων τους και να αυξήσουμε τις αποδόσεις τους σε ζωοκομικά προϊόντα. Οι πρόσθετες ύλες διακρίνονται σε φυσικής και συνθετικής προέλευσης και τις κατατάσσουμε στις εξής κατηγορίες:

- α) αυξητικοί παράγοντες,
- β) αντιοξειδωτικές ουσίες,
- γ) γαλακτοματοποιητές και σταθεροποιητές-πηκτωματοποιητές γαλακτωμάτων,
- δ) συντηρητικές ουσίες,
- ε) βελτιωτικές ουσίες της ελκυστικότητας των ζωοτροφών,
- στ) χρωστικές ουσίες,
- ζ) συνδετικές ή συγκολλητικές ουσίες,
- η) αντισυσσωματικές ή αντισυγκολλητικές ουσίες,
- θ) αντικοκκιδιακές ουσίες,
- ι) συνθετικά αμινοξέα,
- κ) βιταμίνες και ανόργανες ουσίες.

Ουσίες που χρησιμοποιούνται στη θέση των αυξητικών αντιμικροβιακών ουσιών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυξητικοί παράγοντες με τη διαφορά ότι κατά κανόνα προέρχονται από φυσικές πηγές είναι οι εξής: τα προβιοτικά, τα πρεβιοτικά, οι μαννοζο-ολιγοσακχαρίτες, τα συμβιωτικά, τα φυτοβιοτικά, οι οξινοποιητές και τα ένζυμα (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα δοθούν περισσότερες πληροφορίες για τα προβιοτικά και τα πρεβιοτικά.

5. ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ

Η λέξη προβιοτικά προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις "pro "(υπέρ) και "βιοτικό" (ζωή). Τα προβιοτικά ορίζονται ως ζωντανοί μικροοργανισμοί σε ζωοτροφές οι οποίες όταν λαμβάνονται σε κάποια ποσότητα παρέχουν τη σταθερότητα της εντερικής μικροχλωρίδας. Η πλήρης ονομασία τους ορίζεται ως εξής: ζωντανοί μικροοργανισμοί που μπορεί να επηρεάζουν επωφελώς τον ξενιστή κατά την κατάποση με τη βελτίωση της ισορροπίας της εντερικής μικροχλωρίδας (Sharma, et al., 2018).

Ο FAO και ο WHO, όρισαν τα προβιοτικά ως "ζωντανούς μικροοργανισμούς οι οποίοι, όταν χορηγούνται σε επαρκείς ποσότητες, προσφέρουν ένα όφελος για την υγεία στον ξενιστή " (FAO / WHO, 2001). Αυτός ο ορισμός είναι ευρέως αποδεκτός και υιοθετείται από τη Διεθνή Επιστημονική Εταιρεία Προβιοτικών και Πρεβιοτικών (Kliewe, et al, 2016).

Στα πουλερικά, η χορήγηση προβιοτικών μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την προστασία από εντερικά παθογόνα όπως η σαλμονέλα, τη βελτίωση των επιδόσεων ανάπτυξης και την παραγωγή αυγών και την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος (Biagi, 2017).

Τα χαρακτηριστικά των καλών προβιοτικών είναι:

- 1) να είναι ένα στέλεχος ικανό να έχει ευεργετικές επιδράσεις στο ζώο ξενιστή,
- 2) να είναι μη παθογόνα και μη τοξικά,
- 3) να είναι παρόντα ως βιώσιμα κύτταρα,
- 4) θα πρέπει να είναι ικανά να επιβιώνουν και να μεταβολίζονται στο περιβάλλον του εντέρου και
- 5) θα πρέπει να είναι σταθερά και ικανά να παραμένουν βιώσιμα για περιόδους υπό συνθήκες αποθήκευσης.

Τα προβιοτικά ονομάζονται επίσης «μικροοργανισμοί άμεσης τροφοδότησης». Συνήθη χρησιμοποιούμενα προβιοτικά σε ζώα είναι τα παρακάτω γένη και είδη: *Lactic Acid Bacteria* (LAB: *L. bulgaricus*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. helveticus*, *L. lactis*, *L. salivarius*, *L. casei*, *Bacillus subtilis*), *Enterococcus* (*E. faecalis*, *E. Faecium*), *Bifidobacterium spp.*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *E. Coli* και μύκητες και ζυμομύκητες (*Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*). Τα είδη LAB και *Bifidobacterium* έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο εκτεταμένα και

στους ανθρώπους. Οι *Bacillus*, *Enterococcus* και *Saccharomyces* ζυμομύκητες ήταν οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι οργανισμοί στα ζώα. Τα πολλαπλά στελέχη μπορεί να είναι πιο ευεργετικά από τα απλά στελέχη καθώς δρουν σε διαφορετικές θέσεις και παρέχουν διαφορετικούς τρόπους δράσης που δημιουργούν συνεργατικές επιδράσεις (Conlon & Bird, 2014).

5.1 Μηχανισμός δράσης των προβιοτικών

Τα προβιοτικά μπορούν να δράσουν με διάφορους μηχανισμούς βασιζόμενους όπως (Frag, et al., 2018):

1) την αναστολή του πολλαπλασιασμού των παθογόνων μέσω παραγωγής οργανικών οξέων και αντιβακτηριακών ουσιών, όπως υπεροξειδίου του υδρογόνου, βακτηριοκινών και διαφόρων οξέων (διπικολινικό οξύ και λιπαρά οξέα).

2) τον αποκλεισμό της προσκόλλησης του παθογόνου σε εντερικές θέσεις επιθηλιακής πρόσδεσης

3) την ανταγωνιστική αναστολή

4) την ενίσχυση της πέψης μέσω της έκκρισης των πεπτικών ενζύμων και βοηθώντας στην σωστή λειτουργία του πεπτικού συστήματος.

Τα προβιοτικά μπορούν επίσης να ρυθμίζουν την παραγωγή αντι-φλεγμονώδους κυτοκίνης. Διεγείρουν την παραγωγή αντισώματος (IgA), ενισχύουν τη δραστηριότητα των κυττάρων των φυσικών φονικών και των μακροφάγων, ρυθμίζουν τη λειτουργία και τον φαινότυπο λειτουργίας των δενδριτικών κυττάρων και ρυθμίζουν την απόπτωση και την απελευθέρωση του μονοξειδίου του αζώτου (Frag, et al., 2018).

Προβιοτικά	Αντιβιοτικά
Είναι ζωντανοί μικροοργανισμοί	Είναι χημικές ουσίες
Δεν απορροφούνται από τον πεπτικό σωλήνα	Τα αντιβιοτικά απορροφούνται από τον πεπτικό σωλήνα
Δεν αφήνουν κατάλοιπα στους ιστούς	Τα αντιβιοτικά αφήνουν κατάλοιπα στους ιστούς
Βελτιώνουν το ρυθμό σωματικής αύξησης και το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής	Βελτιώνουν το ρυθμό σωματικής αύξησης και το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής

Δεν προκαλούν μεταλλάξεις σε άλλους μικροοργανισμούς	Μπορεί να προκαλούν μεταλλάξεις σε άλλους μικροοργανισμούς
<i>Τρόποι δράσης</i>	<i>Τρόποι δράσης</i>
Παράγονται οξέα, μειώνουν το pH και εμποδίζουν την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών στον εντερικό σωλήνα, τροποποιώντας το μεταβολισμό τους.	Εμποδίζουν το σχηματισμό του DNA, RNA ή και των πρωτεϊνών του μικροβιακού σώματος κυρίως όμως, παρεμποδίζουν το σχηματισμό συστατικών του τοιχώματος των βακτηρίων, ιδίως των κατά Gram +
Δρουν τοπικά ως μικροβιοκτόνα	Έχουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων
Δρουν μετά παρέλευση ορισμένων ημερών ή και εβδομάδων από την πρόσληψή τους	Δρουν αμέσως μετά την πρόσληψή τους
Παρεμποδίζουν στα απόβλητα των πτηνών το σχηματισμό αμμωνίας από το ουρικό οξύ	Εμποδίζουν την παραγωγή βιο-αερίου που χρησιμεύει για εξοικονόμηση ενέργειας από τα λύματα των κτηνοτροφικών επιχειρήσεων.
Πολλαπλασιάζονται στον πεπτικό σωλήνα και ανταγωνίζονται τα παθογόνα βακτήρια.	

Πίνακας Κεφ. 5.1.1 : Διαφορές και ομοιότητες μεταξύ των προβιοτικών και των αντιβιοτικών (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Επιπλέον, τα προβιοτικά μπορεί επίσης να διεγείρουν τη λειτουργία του επιθηλιακού φραγμού, να ρυθμίζουν την αναπροσαρμογή της παραγωγής βλεννογόνων και της κινητικότητας του εντέρου, και να διεγείρουν το όξινο pH το οποίο διευκολύνει την απορρόφηση πρωτεϊνών και ανόργανων ουσιών όπως ο χαλκός, το ασβέστιο, ο σίδηρος, το μαγγάνιο και το μαγνήσιο. Η ιδιότητα ανοσοδιαμορφώσεως των προβιοτικών οργανισμών ασκείται μέσω της επίδρασής τους επί των βοηθητικών κυττάρων T κατά τρόπο ειδικό για το στέλεχος. Μπορούν επίσης να ενεργοποιήσουν διάφορα ανοσοκύτταρα. Τα προβιοτικά βακτηρίδια μπορούν επίσης να μειώσουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων λόγω της ικανότητάς τους να μειώνουν τα επίπεδα χοληστερόλης (δραστική υδρολάση χολικού

άλματος). Σε μια μελέτη, αποδείχθηκε ότι τα προβιοτικά βακτηρίδια (*Lactobacillus plantarum*) έχουν επίσης αντι-ικό δυναμικό έναντι του ιού της γρίπης H1N1, αλλά ο τρόπος δράσης εξακολουθεί να είναι άγνωστος (Farag, et al., 2018).

5.2 Τροποποίηση του μικροβιακού πληθυσμού του γαστρεντερικού σωλήνα

Η διατήρηση της υγείας των εντέρων στα ζώα, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της σταδιακής κατάργησης των AGP, μέσω της διατροφής είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση ή τη βελτίωση της απόδοσης των ζώων παραγωγής. Ένας από τους κύριους καθοριστικούς παράγοντες ενός υγιούς γαστρεντερικού σωλήνα (gastrointestinal track, GIT) είναι η σύνθεση του μικροβιακού πληθυσμού. Τα προβιοτικά μπορούν να αλλάξουν τη δυναμική του μικροβιακού πληθυσμού στο γαστρεντερικό σωλήνα, δημιουργώντας τελικά έναν ευνοϊκότερο μικροβιακό πληθυσμό λόγω της μετατόπισης της ισορροπίας προς όφελος των ευεργετικών μικροβίων. Οι υγιείς μικροβιακοί πληθυσμοί στο γαστρεντερικό σωλήνα συχνά συνδέονται με βελτιωμένη απόδοση των ζώων, αντανακλώντας την αποτελεσματικότερη πέψη και την βελτιωμένη ανοσία (Klieve, et al., 2016).

Η πιο συνηθισμένη μεταβολή της μικροχλωρίδας στο γαστρεντερικό σωλήνα από της προσθήκη προβιοτικών σε κοτόπουλα είναι η αύξηση των πληθυσμών *Lactobacillus* και *Bifidobacteria* ενώ πληθυσμοί κολοβακτηριδίων, ιδιαίτερα *Escherichia coli* και *Clostridium spp.* μειώνονται. Αυτό το πρότυπο τροποποίησης της μικροχλωρίδας στο γαστρεντερικό σωλήνα συμβαίνει με όλους τους συνήθεις τύπους βακτηριδίων που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά, όπως τα σπορογόνα βακτηρίδια (*Bacillus spp.*), τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος (LAB) και τα κλωστρίδια (*C. butyricum*). Ωστόσο, αυτό δεν συμβαίνει σε κάθε περίπτωση, αφού για παράδειγμα σε ένα δημοσιευμένο παράδειγμα, η διατροφή του κοτόπουλου με εμπορικό προβιοτικό που περιέχει *S. cerevisiae* δεν επηρέασε το σύνολο των αερόβιων μικροβίων, των κολοβακτηρίων, του *Lactobacillus* και του *E. coli* στην περιεκτικότητα όλων των εντερικών τμημάτων (δωδεκαδάκτυλο, νήστιδα, ειλεός), ενώ μόνο ο πληθυσμός *Lactobacillus* στο δωδεκαδάκτυλο αυξήθηκε σημαντικά χωρίς μεταβολή στον πληθυσμό όλων των άλλων μετρηθέντων μικροβίων. Ωστόσο, το προβιοτικό αυτό προκάλεσε αύξηση του σωματικού βάρους κατά 9%, της πρόσληψης

τροφής κατά 3% και βελτίωση της μετατρεψιμότητας της τροφής κατά 6% (Kliewe, et al., 2016).

Οι λακτοβάκιλλοι και τα βιφιδοβακτήρια παράγουν πρωτεΐνες ή πολυπεπτιδικές βακτηριοκίνες που μειώνουν την ανάπτυξη στενά συγγενών βακτηριακών ειδών τα οποία μπορούν να μειώσουν τον αριθμό επιβλαβών μικροοργανισμών στο γαστρεντερικό σωλήνα. Ο λακτοβάκιλλος προσκολλάται στα επιθηλιακά κύτταρα του ειλεού των κοτόπουλων. Αυτό μπορεί να αποκλείσει ανταγωνιστικά παθογόνους μικροοργανισμούς από το γαστρεντερικό σωλήνα. Επιπλέον, αυτά τα βακτήρια παράγουν λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας όπως οξικό και γαλακτικό οξύ, τα οποία μπορούν να αναστείλουν τον πολλαπλασιασμό επιβλαβών μικρόβιων στο γαστρεντερικό σωλήνα. Ο φυσικός εγκλιματισμός των διαφόρων βακτηρίων γαλακτικού οξέος στο περιβάλλον του εντέρου και οι αντιμικροβιακές ουσίες (βακτηριοκίνες και οργανικά οξέα) που παράγονται από αυτούς τους οργανισμούς τους προσδίδουν πλεονέκτημα σε σύγκριση με άλλους μικροοργανισμούς που θα μπορούσαν να έχουν προβιοτική χρήση (Kliewe, et al., 2016).

Δύο σημαντικά σημεία σχετικά με τις επιδράσεις των προβιοτικών στη γαστρεντερική μικροβιακή οικολογία είναι:

α) Πρώτον, φαίνεται να υπάρχουν συγκεκριμένες επιδράσεις προβιοτικών ειδών στη μικροχλωρίδα του γαστρεντερικού σωλήνα.

β) Οι παραδοσιακές τεχνικές βασισμένες στην καλλιέργεια που εφαρμόζονται στις περισσότερες από τις μελέτες δεν είναι σε θέση να αντανάκλουν επαρκώς τον πραγματικό μικροβιακό πληθυσμό στο γαστρεντερικό σωλήνα.

Δεδομένου ότι οι παραδοσιακές τεχνικές βασισμένες στην καλλιέργεια είναι εξαιρετικά περιορισμένες όσον αφορά την ικανότητά τους να διακρίνουν τις αλλαγές στα μικροβιακά οικοσυστήματα, απαιτείται η εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών μοριακής ταυτοποίησης και προσδιορισμού αλληλουχίας για να κατανοηθεί η επίδραση των προβιοτικών στην μικροβιακή χλωρίδα GIT (Kliewe, et al., 2016).

5.3 Χρήση προβιοτικών σε πτηνά: Επίδραση στην ανάπτυξη, ανοσοαπόκριση, μικροχλωρίδα, εντερική μορφολογία και ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει έντονο ερευνητικό και εμπορικό ενδιαφέρον για τη χρήση προβιοτικών ως πρόσθετες ύλες ζωοτροφών για πτηνά. Οι ευεργετικές εφαρμογές των προβιοτικών είναι πολύ ελπιδοφόρες λόγω του ρόλου τους ως αντιοξειδωτικών, αντι-φλεγμονωδών, αντιαλλεργικών, αντικαρκινικών, ισχυρών αντι-μεταλλαξιογόνων, αντιδιαβητικών και αντι-ιικών δυνατοτήτων έναντι πολλών ιών των πτηνών.

Τα κύρια οφέλη που παρατηρούνται στα πτηνά που διατρέφονται με προβιοτικά είναι η γρηγορότερη ανάπτυξη, η βελτίωση της ποιότητας του κρέατος, η βελτίωση της ανοσοαπόκρισης και της εντερικής μορφολογίας και η βελτίωση της ισορροπίας του εντερικού μικροβιακού φορτίου. Πολλές μελέτες αποκάλυψαν ότι η χρήση προβιοτικών έχει θετικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη, την αποτελεσματικότητα των ζωοτροφών και την αξιοποίηση, εκτός από το ποσοστό θνησιμότητας (Conlon & Bird, 2014).

Τα προβιοτικά μπορεί ενδεχομένως να τονώσουν την ανάπτυξη των πτηνών μέσω της αυξημένης παραγωγής λιπαρών οξέων (Short-chain fatty acids, SCFA) και μέσω της επιλεκτικής ρύθμισης της σηματοδότησης της ινσουλίνης σε διαφορετικούς ιστούς. Τα λιπαρά οξέα βραχείας αλύσου όπως το οξικό, το προπιονικό και το βουτυρικό χρησιμοποιούνται ως πηγή ενέργειας στους ιστούς. Ιδιαίτερα στα κοτόπουλα, ο βουτυρικός εστέρας έχει δείξει ευεργετικά αποτελέσματα με τον επιλεκτικό μεταβολισμό των θρεπτικών συστατικών από το συκώτι και τους λιπώδεις ιστούς προς τους μύες μέσω της αυξημένης ρύθμισης των υποδοχέων ινσουλίνης.

Ένας άλλος μηχανισμός με τον οποίο τα προβιοτικά μπορούν να διεγείρουν την ανάπτυξη είναι η ρύθμιση του ανοσοποιητικού συστήματος. Όταν το ανοσοποιητικό σύστημα ρυθμίζεται, καταστέλλει τις αρνητικές επιδράσεις της χρόνιας ανοσοποιητικής διέγερσης. Όταν το ανοσοποιητικό σύστημα ενεργοποιείται, υπάρχει εκτροπή θρεπτικών ουσιών από την παραγωγική διαδικασία προς την ανοσολογική αντίδραση. Μια άλλη παράμετρος που επηρεάζεται, είναι ο φραγμός του επιθηλίου του εντέρου που σχετίζεται με την άμυνα του οργανισμού, αλλά και την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών της τροφής (Conlon & Bird, 2014).

Μερικές μελέτες που χρησιμοποίησαν προβιοτικά των ειδών *Bacillus* και LAB ήταν σε θέση να βελτιώσουν την παραγωγή αυγών και άλλες παραμέτρους της υγείας των ορνίθων, όπως μείωση του επιπέδου χοληστερόλης στον ορό του αίματος. Ο συνδυασμός των προβιοτικών (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus* και

Enterococcus spp.) με άλλες ουσίες, στην όψιμη φωτοκία των ορνίθων βελτίωσε την ποιότητα των αυγών και τη μετατρεψιμότητα των ζωοτροφών, ενώ υπήρχε μειωμένη θνησιμότητα. Η ανάπτυξη καθώς και η ανοσολογική απόκριση (ως παραγωγή IgA στο βλεννογόνο) ήταν καλύτερες σε πτηνά που κατανάλωσαν τροφές με καλλιέργεια ζύμης σε ποσοστό 2,5 g/kg, μεταξύ των διαφόρων επιπέδων που εξετάστηκαν (0, 2,5, 5,0 και 7,5 g/kg). Για παράδειγμα, η χρήση σπορίων *Bacillus subtilis* στα 0,2 g/kg ως πρόσθετο ζωοτροφών μείωσε τις απαιτήσεις σε αμινοξέα και ακατέργαστη πρωτεΐνη και κατά συνέπεια μείωσε το κόστος τροφοδοσίας. Παρομοίως, η χρήση προβιοτικών (0,2%) που περιέχουν LAB και *Saccharomyces cerevisiae* προκάλεσαν βελτίωση της ανάπτυξης καθώς και της λειτουργίας των T-κυττάρων σε παχυνόμενα κοτόπουλα. Η συμπληρωματική χορήγηση προβιοτικών αύξησε την παραγωγή φυσικών αντισωμάτων όπως η εντερική IgA, η IgG του ορού και η IgM που είναι δείκτες ενισχυμένης ανοσίας. Τα κοτόπουλα που τράφηκαν με τροφή εμπλουτισμένη με *B. Subtilis* για 28 ημέρες είχαν την τάση να εμφανίζουν μεγαλύτερη απόδοση ανάπτυξης καθώς και βελτιωμένη εντερική μορφολογία (ύψους λαχνών, επιφάνειας επιθηλίου και της μίτωσης κυττάρων). Προ-φλεγμονώδεις κυτοκίνες όπως οι TNFα, IL-1 β και IL-6 που απελευθερώνονται από μονοκύτταρα και μακροφάγα ενισχύονται με την κατανάλωση LAB και *Bifidobacteria*. Η αντιφλεγμονώδης κυτοκίνη όπως η IL-10 απελευθερώνεται επίσης από κύτταρα όπως τα δενδριτικά κύτταρα και τα μονοκύτταρα λόγω της κατανάλωσης LAB ή *Bifidobacteria*. Έχει αποδειχθεί ότι η LAB αύξησε την παραγωγή αντι- και προ-φλεγμονωδών κυτοκινών όπως IL-12, IPN-γ, IL-10 και TNF-α από το εντερικό επιθήλιο κρεοπαραγωγών ορνιθίων (Conlon & Bird, 2014).

Επιπλέον, τα προβιοτικά συμπληρώματα έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τον έλεγχο του φορτίου παθογόνων βακτηρίων του κρέατος και των προϊόντων κρέατος πτηνών μέσω της επεξεργασίας και της συσκευασίας (Farag, et al., 2018).

Σε ένα άλλο πείραμα εξετάστηκε η επίδραση ενός προβιοτικού παρασκευάσματος που περιείχε βακτηρίδια *Lactobacillus* και *Enterococcus* στην αξιοποίηση των ανόργανων συστατικών της τροφής παχυνόμενων κοτόπουλων. Η προσθήκη αυτή αύξησε την αξιοποίηση του φώσφορου κατά 4,7%, του μαγνήσιου κατά 3,9% και του σιδήρου κατά 46,5% στους θωρακικούς μύες. Αντίστοιχα, στους μύες του μηρού, αυξήθηκε ο φωσφόρος κατά 4,7%, το ασβέστιο κατά 4,1 φορές, ο σίδηρος κατά 70,5%, ο ψευδάργυρος κατά 5,4%, το μαγνήσιο κατά 31,5% και ο

χαλκός κατά 4,2 φορές. Ακόμη, η προσθήκη αυτή αύξησε τα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων στους θωρακικούς μύες, όπως η λυσίνη κατά 1,66%, η ιστιδίνη κατά 0,03%, η αργινίνη κατά 0,38%, η θρεονίνη κατά 0,07%, η βαλίνη κατά 0,16%, η μεθειονίνη κατά 0,33% και φαινυλαλανίνη κατά 0,17%, ενώ αντίστοιχα στους μύες των μηρών αυξήθηκε η λυσίνη 0,05% και η ιστιδίνη κατά 0,08% (Podolian, 2017).

Ασφάλεια	Λειτουργικότητα	Τεχνολογική Χρησιμότητα
<ul style="list-style-type: none"> Ανθρώπινη ή ζωική προέλευση 	<ul style="list-style-type: none"> ανταγωνιστικότητα σε σχέση με το μικρόβιο που κατοικεί στο εντερικό οικοσύστημα 	<ul style="list-style-type: none"> εύκολη παραγωγή υψηλών ποσοτήτων βιομάζας και υψηλή παραγωγικότητα καλλιιεργειών
<ul style="list-style-type: none"> απομονώθηκε από την γαστρεντερική οδό υγιών ατόμων 	<ul style="list-style-type: none"> ικανότητα επιβίωσης και διατήρηση της μεταβολικής δραστηριότητας και ανάπτυξη στην περιοχή στόχου 	<ul style="list-style-type: none"> βιωσιμότητα και σταθερότητα των επιθυμητών ιδιοτήτων των προβιοτικών βακτηριδίων κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας στερέωσης
<ul style="list-style-type: none"> Ιστορικό ασφαλούς χρήσης 	<ul style="list-style-type: none"> αντοχή στα χολικά άλατα και ένζυμα 	<ul style="list-style-type: none"> υψηλό ποσοστό επιβίωσης αποθήκευσης σε τελικά προϊόντα
<ul style="list-style-type: none"> ακριβής αναγνώριση διαγνωστικού ελέγχου 	<ul style="list-style-type: none"> αντοχή στο χαμηλό pH στο στομάχι 	<ul style="list-style-type: none"> εγγύηση των επιθυμητών αισθητηριακών ιδιοτήτων των τελικών προϊόντων
<ul style="list-style-type: none"> απουσία δεδομένων σχετικά με τη σχέση με μολυσματική ασθένεια 	<ul style="list-style-type: none"> ανταγωνιστικότητα σε σχέση με τα μικροβιακά είδη που κατοικούν στο εντερικό οικοσύστημα 	<ul style="list-style-type: none"> γενετική σταθερότητα
<ul style="list-style-type: none"> απουσία της ικανότητας διάσπασης των αλάτων χολικών οξέων 	<ul style="list-style-type: none"> ανταγωνιστική δράση έναντι των παθογόνων παραγόντων 	<ul style="list-style-type: none"> αντοχή στους βακτηριοφάγους
<ul style="list-style-type: none"> δεν υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις 	<ul style="list-style-type: none"> ανθεκτικότητα σε βακτηριοκίνες και οξέα που παράγονται από το ενδογενές μικροβιακό ενδογενές 	
<ul style="list-style-type: none"> απουσία γονιδίων υπεύθυνων για αντοχή στα αντιβιοτικά που εντοπίζονται σε μη σταθερά στοιχεία 	<ul style="list-style-type: none"> προσκόλληση και ικανότητα αποικισμού ορισμένων ιδιαίτερων θέσεων εντός του οργανισμού-ξενιστή και ενός κατάλληλου ποσοστού επιβίωσης στο γαστρεντερικό σύστημα 	

Πίνακας 5.3.1: Κριτήρια επιλογής και απαιτούμενες ιδιότητες προβιοτικών στελεχών (Markowiak & Slizewska, 2018).

5.4 Έγκριση χρήσης και σύνθεση προβιοτικών πρόσθετων υλών και μικροοργανισμών

Το 2005, μόνο 13 από τα 21 προβιοτικά προϊόντα εγκρίθηκαν ως συμπληρώματα διατροφής στην ΕΕ για χρήση σε χοιρίδια και ορισμένα σε χοιρομητέρες και χοίρους. Έξι από αυτά τα προϊόντα περιείχαν στελέχη *Enterococcus faecium* (ένα φυσικό περιβάλλον της γαστρεντερικής οδού), δύο από τα οποία περιείχαν σπόρια του γένους *Bacillus* (που συνήθως εμφανίζονται στο έδαφος), άλλα δύο περιείχαν στελέχη ζύμης *Saccharomyces cerevisiae* και μόνο ένα περιείχε *Lactobacillus farciminis* και των στελεχών *Pediococcus acidilactici* που εμφανίζονται στο γαστρεντερικό σωλήνα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα, αντίστοιχα. Επομένως, η προέλευση των στελεχών που ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρώματα διατροφής μπορεί να είναι διαφορετική. Είναι σημαντικό, ωστόσο, να υπάρχουν προβιοτικοί οργανισμοί σε κατάλληλες ποσότητες. Η συνιστώμενη δόση για την πλειονότητα των προβιοτικών στελεχών είναι 10^9 CFU/kg τροφής (Ananthanarayanan & Dubhashi A, 2017).

Τα προβιοτικά υπόκεινται στους κανονισμούς που περιλαμβάνονται στον γενικό νόμο για τα τρόφιμα και, σύμφωνα με αυτά, πρέπει να είναι ασφαλή για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων. Στις ΗΠΑ, οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για κατανάλωση πρέπει να έχουν αξιολογηθεί σύμφωνα με την «κατά κανόνα κατανοητή ως ασφαλή κατάσταση» (Generally recognized as safe, GRAS), όπως ορίζεται από το Food and Drug Administration (FDA). Στην Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (European Food Safety Authority, EFSA) εισήγαγε τον όρο του ειδικού τεκμηρίου ασφάλειας (Qualified presumption of safety, QPS). Η ιδέα του QPS περιλαμβάνει ορισμένα πρόσθετα κριτήρια για την αξιολόγηση της ασφάλειας των βακτηριακών συμπληρωμάτων, συμπεριλαμβανομένου του ιστορικού της ασφαλούς χρήσης και της απουσίας του κινδύνου επίκτητης αντοχής στα αντιβιοτικά. Είναι σημαντικό ότι η διαπίστευση GRAS εφαρμόζεται σε μικροοργανισμούς και συστατικά που προέρχονται από μικροβιακά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στα προϊόντα διατροφής, ενώ το QPS εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε βιολογικό παράγοντα με τη μορφή βακτηρίων, μυκήτων ή ιού, που προστίθεται σκόπιμα σε διαφορετικά στάδια στην τροφική αλυσίδα. Η προβιοτική χρήση μπορεί να συμβάλει στη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης ανθεκτικών στα αντιβιοτικά στελεχών δευτερογενώς από την εκτεταμένη και αχαλίνωτη χρήση αντιβιοτικών. Από την άλλη πλευρά, ορισμένοι μικροοργανισμοί

που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά δεν εξαιρούνται από την απόκτηση γονιδίων αντοχής στα αντιβιοτικά. Σε απόψεις του κοινόχρηστου μικροβιακού τους περιβάλλοντος στο γαστρεντερικό σωλήνα των ζώων, υπάρχει κίνδυνος παθογόνων μικροβίων που αποκτούν γονίδια αντίστασης στα αντιβιοτικά από προβιοτικά μικρόβια και αντίστροφα. Εάν δεν είναι σωστά μαγειρεμένα, τα ζώα που τρέφονται με προβιοτικά που καταναλώνονται από τον άνθρωπο ως τρόφιμα μπορούν επίσης να αποτελέσουν μια πιθανή πηγή γονιδίων αντοχής στα αντιβιοτικά για το μικροβιότοπο του ανθρώπινου εντέρου. Συνεπώς, δεδομένου του αναδυόμενου κινδύνου εξάπλωσης γονιδίων αντοχής στα αντιβιοτικά μέσω προβιοτικών στελεχών, το QPS θεωρείται από πολλούς ως τα πιο εφαρμόσιμα και ευέλικτα κριτήρια προβιοτικών (Ananthanarayanan & Dubhashi A, 2017).

<i>Type Lactobacillus</i>	<i>Type Bifidobacterium</i>	<i>Other lactic acid bacteria</i>	<i>Other microorganisms</i>
<i>L. brevis</i> ^a	<i>B. animalis</i> ^a	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Bacillus cereus</i>
<i>L. casei</i> ^a	<i>B. longum</i> ^a	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Bacillus licheniformis</i> ^a
<i>L. crispatus</i> ^a	<i>B. pseudolongum</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ^a	<i>Bacillus subtilis</i> ^a
<i>L. farciminis</i> ^a	<i>B. thermophilum</i>	<i>Leuconostoc citreum</i> ^a	<i>Propionibact. Freudenreichi</i> ^a
<i>L. fermentum</i> ^a		<i>Leuconostoc lactis</i> ^a	<i>Saccharomyces cerevisiae (boulardi)</i> ^a
<i>L. murinus</i>		<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ^a	<i>Saccharomyces pastorianus</i> ^a
<i>L. gallinarium</i> ^a		<i>Pediococcus acidilactici</i> ^a	<i>Kluyveromyces fragilis</i>
<i>L. paracasei</i> ^a		<i>Pediococcus pentosaceus</i> ^a	<i>Kluyveromyces marxianus</i> ^a
<i>L. pentosus</i> ^a		<i>Streptococcus infantarius</i>	<i>Aspergillus orizae</i>
<i>L. plantarum</i> ^a		<i>Streptococcus salivarius</i>	<i>Aspergillus niger</i>
<i>L. reuteri</i> ^a		<i>Streptococcus thermophilus</i> ^a	
<i>L. rhamnosus</i> ^a		<i>Sporolactobacillus inulinus</i>	
<i>L. salivarius</i> ^a			

Πίνακας 5.4.1 : Μικροοργανισμοί με τι διαπίστευση ειδικού τεκμηρίου ασφάλειας QPS (Markowiak & Slizewska, 2018).

Η αποτελεσματικότητα των προβιοτικών εξαρτάται κυρίως από την επιλογή πιο αποτελεσματικών στελεχών και γονιδίων, την αλληλεπίδραση των διαφόρων στελεχών και τον συνδυασμό προβιοτικών και άλλων ενεργών συστατικών. Η χρήση πολλαπλών στελεχών προβιοτικών έχει αποδειχθεί ότι είναι ο βέλτιστος τρόπος ενίσχυσης των ευεργετικών επιδράσεων τους, πιθανώς μέσω του ισχυρότερου ανταγωνισμού με τα παθογόνα βακτήρια στο γαστρεντερικό σωλήνα των πτηνών. Τα περισσότερα εμπορικά χρησιμοποιούμενα προβιοτικά προϊόντα χρησιμοποιούνται σε ποσότητα 10^7 - 10^9 CFU/ημέρα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ένας μεγάλος αριθμός εφαρμοζόμενων μικροοργανισμών απενεργοποιείται κατά την διάρκεια της διέλευσης μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα λόγω της έντονης οξύτητας και της δράσης του χολικού άλατος. Έτσι, απαιτούνται μεγάλοι αριθμοί κυττάρων για κάθε δόση (Ananthanarayanan & Dubhashi 2017).

Οι έτοιμες προβιοτικές φόρμουλες για ζώα περιέχουν συνήθως ένα, δύο ή περισσότερα στελέχη μικροοργανισμών. Η αποτελεσματικότητα αυτού του τύπου προβιοτικών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η σωστή επιλογή των στελεχών και η κατάλληλη δόση που πρέπει να περιέχει έναν ικανοποιητικό αριθμό βιώσιμων κυττάρων. Για να διατηρηθούν οι ιδιότητες των προβιοτικών τύπων, πρέπει να αποθηκεύονται και να χρησιμοποιούνται όπως συνιστάται από τους κατασκευαστές τους. Λόγω του περιεχομένου βιώσιμων μικροοργανισμών, οι προβιοτικοί τύποι είναι ευαίσθητοι σε δυσμενείς συνθήκες, όπως η θερμοκρασία και το φως. Είναι σημαντικό να μην χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα άλλες πιθανώς βακτηριοκτόνες ουσίες, ενώ χορηγούνται προβιοτικά. Το νερό που χρησιμοποιείται για την αραίωσή τους δεν πρέπει να περιέχει χλώριο ή άλλα απολυμαντικά. Και θα πρέπει να χορηγείται στα ζώα εντός 6-12 ωρών. Ένα διάστημα 24-48 ωρών μεταξύ του τέλους της αντιβιοτικής θεραπείας ή της χορήγησης οποιωνδήποτε άλλων αντιμικροβιακών παραγόντων και της έναρξης της προβιοτικής θεραπείας είναι επίσης σημαντικό. Οι τύποι που περιέχουν πολλά συστατικά (ο μεγαλύτερος αριθμός μικροβιακών ειδών) είναι συνήθως οι πιο αποτελεσματικοί (Markowiak & Slizewska, 2018).

Εμπορικό όνομα (Παραγωγός)	Μικροοργανισμός	Είδος ζώου
<i>Acid-Pak-4-Way (Alltech)</i>	<i>Lactobacillus acidophilus, Enterococcus faecium</i>	Πτηνά, χοίρους
<i>Anta Pro EF (Dr. Eckel)</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	Χοίρους
<i>Avian PAC (Soluble Loveland Industries)</i>	<i>Streptococcus faecium, Lactobacillus acidophilus,</i>	Πτηνά
<i>Biogen D (Bio-Gen)</i>	<i>Bifidobacterium bifidum, Lactobacillus</i>	Πτηνά

	<i>acidophilus, Pediococcus faecium</i>	
<i>Biogen N (Bio-Gen)</i>	<i>Bifidobacterium bifidum, Lactobacillus acidophilus, Pediococcus faecium</i>	Χοίρους
<i>Biogen T (Bio-Gen)</i>	<i>Bifidobacterium bifidum, Lactobacillus acidophilus, Enterococcus faecium</i>	Χοίρους
<i>Bio Plus2B® (Chr. Hansen)</i>	<i>Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis</i>	χοίρους, μοσχάρια, πτηνά
<i>BioPlus®YC (Evonik Industries)</i>	<i>Bacillus licheniformis, Bacillus subtilis</i>	Χοίρους
<i>B.I.O.Sol (Biochem)</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	Πτηνά
<i>Bro-biofair (Vitality Co.)</i>	<i>Saccharomyces servisia</i>	Χοίρους
<i>Calsporin (ORFFA)</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	πτηνά, χοίρους
<i>Cerbiopor</i>	<i>Lactobacillus: acidophilus, brevis, casei, fermentum, lactis, plantarum; Bacillus: subtilis, megaterium, pumilus; Enterococcus faecium, Cellulomonas sp., Saccharomyces cerevisiae</i>	Χοίρους
<i>Cernivet LBC (Cerbios)</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	μοσχάρια, χοίρους
<i>Cerbiogalli</i>	<i>Lactobacillus: acidophilus, casei, plantarum</i>	πτηνά
<i>Cylactin (DSM)</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	πτηνά, χοίρους, μοσχάρια
<i>Doctor Em® (Biotron)</i>	<i>Lactobacillus: paracasei, plantarum; Lactococcus lactis, Saccharomyces cerevisiae</i>	πτηνά, χοίρους, μοσχάρια
<i>Ecobiol (Norel Animal Nutrition)</i>	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Πτηνά
<i>Enviva™ Pro (DANISCO Animal Nutrition)</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	Πτηνά
<i>Enviva®MPI (DANISCO Animal Nutrition)</i>	<i>Lactobacillus: farciminis, rhamnosus</i>	Χοίρους
<i>Farmaflöre soluble (Farm'apro)</i>	<i>Lactobacillus: rhamnosus, farciminis</i>	Πτηνά
<i>FloraMax-B11 (Pacific Vet Group)</i>	<i>Lactobacillus salivarius, Pediococcus parvulus</i>	Πτηνά
<i>GalliPro® (Evonik Industries)</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	Πτηνά
<i>Galvit Probioty (Galvit)</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	Πτηνά
<i>Lactiferm</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	Χοίροι, πτηνά, μοσχάρια
<i>Lavipan® (JHJ)</i>	<i>Lactobacillus: plantarum, casei; Lactococcus lactis, Carnobacterium divergens, Saccharomyces cerevisiae</i>	Πτηνά, χοίρους
<i>LSP 122 (Alpharma)</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>	Χοίρους
<i>Microguard (PeterLab Holdings)</i>	<i>Bacillus: licheniformis, megaterium, mesentricus, polymyxa, subtilis; Saccharomyces boulardii; Bifidobacterium bifidum; Lactobacillus: acidophilus, bulgaricus, plantarum; Streptococcus faecium</i>	Πτηνά, χοίρους
<i>MicroSource S (Agtech Products Inc.)</i>	<i>Bacillus: subtilis, licheniformis</i>	Χοίρους
<i>Oralin® (Chevita GmbH)</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	Χοίρους, μοσχάρια, πτηνά
<i>PrimaLac (Star Labs, Inc.)</i>	<i>Bifidobacterium: bifidum, thermophilus; Enterococcus faecium; Lactobacillus: acidophilus, casei,</i>	Χοίρους, βόδι, άλογα, πτηνά, ελάφι
<i>Probiomix</i>	<i>Bifidobacterium bifidum Lactobacillus amylovorus Enterococcus faecium</i>	Μοσχάρια, πτηνά
<i>Probion (Woogene B&G Co. Ltd.)</i>	<i>Bacillus subtilis, Clostridium butyricum, Lactobacillus acidophilus</i>	Χοίρους, πτηνά
<i>Probios (Chr Hansen)</i>	<i>Lactobacillus: acidophilus, casei, plantarum, lactis; Enterococcus faecium; Bacillus subtilis</i>	Χοίρους, πτηνά

<i>Probiosacc C-I</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Μοσχάρια
<i>Pro-Biotyk em15</i> [®] (ProBiotics)	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bifidobacterium: animalis</i> , <i>bifidum</i> , <i>longum</i> , <i>Lactobacillus: acidophilus</i> , <i>casei</i> , <i>delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>fermentum</i> , <i>plantarum</i> ; <i>Lactococcus lactis subsp.</i> <i>lactis</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Streptococcus</i> <i>thermophilus</i>	Πτηνά, χοίρους, μοσχάρια, άλογα
<i>Propoul (International Company s.r.o.)</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>	Πτηνά
<i>Protexin (Protexin Probiotics International Ltd.)</i>	<i>Lactobacillus: plantarum</i> , <i>delbruecki subsp.</i> <i>bulgaricus</i> , <i>acidophilus</i> , <i>rhamnosus</i> ; <i>Bifidobacterium bifidum</i> ; <i>Streptococcus salivarius</i> <i>subsp. thermophilus</i> ; <i>Enterococcus faecium</i> ; <i>Aspergillus oryzae</i> ; <i>Candida pintolepesii</i>	Πτηνά, χοίρους, πρόβατα, βοοειδή
<i>Provita LE (Schaumann)</i>	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Enterococcus faecium</i>	Χοίρους, μοσχάρια
<i>Super-CyC (Choong Ang Biotech Co. Ltd.)</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Πτηνά, βοοειδή, άλογα, χοίρους
<i>Toyocerin</i> [®] (<i>Rubinum S.A.</i>)	<i>Bacillus toyonensis</i>	Χοίρους
<i>UltraCruz (Santa Cruz Animal Health)</i>	<i>Enterococcus faecium</i> , <i>Lactobacillus: acidophilus</i> , <i>casei</i> , <i>plantarum</i>	Πτηνά, μοσχάρια, βοοειδή
<i>Yea Sacc (Alltech)</i>	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Enterococcus faecium</i>	Βοοειδή, μοσχάρια

Πίνακας 5.4.2: Παραδείγματα προβιοτικών τύπων που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων (Markowiak & Slizewska, 2018).

6. ΠΡΕΒΙΟΤΙΚΑ

Σύμφωνα με πρόσφατο ορισμό, πρεβιοτικό είναι ένα επιλεκτικά ζυμωμένο συστατικό που επιτρέπει συγκεκριμένες μεταβολές τόσο στη σύνθεση όσο και / ή στη δραστηριότητα της γαστρεντερικής μικροβιακής χλωρίδα, που προσδίδει οφέλη στην ύπαρξη και την υγεία του ξενιστή. Τα περισσότερα πρεβιοτικά είναι μη εύπεπτοι υδατάνθρακες, κυρίως ολιγοσακχαρίτες με χαμηλό βαθμό πολυμερισμού, που λαμβάνονται με εκχύλιση από φυτικές πρώτες ύλες, με ενζυματική σύνθεση ή με μερική ενζυματική υδρόλυση ολιγοσακχαριτών και πολυσακχαριτών. Σε σύγκριση με τα προβιοτικά, τα πρεβιοτικά πλεονεκτούν στο ότι οι μικροοργανισμοί που διεγείρονται βρίσκονται φυσιολογικά στον πεπτικό σωλήνα του ζώου και είναι ήδη προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον αυτό. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι τα πρεβιοτικά μπορούν να παράσχουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε συγκεκριμένες μορφές των αρχικών μικροοργανισμών που έχουν ανταγωνιστικές ιδιότητες έναντι των παθογόνων. Τα πρεβιοτικά μπορεί να προκαλέσουν εντερικές συγκεντρώσεις αμμωνίας, καθώς η αυξημένη ζύμωση οδηγεί σε υψηλότερες ποσότητες αζώτου που μετατρέπονται σε βακτηριδιακή πρωτεΐνη. Ακόμη, ουσίες όπως η ινουλίνη και οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες (Fructooligosaccharides, FOS) μπορεί να ρυθμίζουν θετικά τη δραστηριότητα του ανοσοποιητικού συστήματος (Biagi et al., 2017).

Για να μπορέσει ένα συστατικό της τροφής να χαρακτηριστεί ως πρεβιοτικό πρέπει να πληροί κάποια κριτήρια τα οποία είναι τα ακόλουθα (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016):

- Να αντιστέκεται στο όξινο περιβάλλον του στομάχου
- Να μην υδρολύεται από τα πεπτικά ένζυμα
- Να μην απορροφάται στο ανώτερο γαστρεντερικό σωλήνα
- Να ζυμώνεται από τη μικροχλωρίδα του εντέρου και
- Να διεγείρει επιλεκτικά την ανάπτυξη ή/και τη δραστηριότητα εντερικών μικροοργανισμών που πιθανώς σχετίζονται με την υγεία και την ευζωία του ζώου.

Τα πρεβιοτικά αντιπροσωπεύονται παραδοσιακά από ένα περιορισμένο σύνολο υδατανθράκων και συγγενών ενώσεων με φρουκτοζο-ολιγοσακχαρίτες (FOS), γαλακτοζο-ολιγοσακχαρίτες (galacto-oligosaccharides, GOS) και μαννοζο-ολιγοσακχαρίτες (mannose-oligosaccharides, MOS) που συγκαταλέγονται μεταξύ των συχνότερα χρησιμοποιούμενων στην έρευνα για τα θηλαστικά και τα πτηνά.

Βασικά, αυτές οι ενώσεις δεν χρησιμοποιούνται από το ζώο ξενιστή ή τον άνθρωπο που τα καταναλώνει, αλλά μπορούν να χρησιμεύσουν ως υποστρώματα από συγκεκριμένα βακτήρια, όπως τα μπιφιδοβακτήρια και τα βακτηρίδια γαλακτικού οξέος. Για παράδειγμα, οι αναλύσεις μεμονωμένων βακτηρίων ταυτοποίησαν συγκεκριμένες μεταβολικές οδούς που συνδέονται με αυτές τις πρεβιοτικές ενώσεις. Φαίνεται ότι πολλά βακτήρια του γαστρεντερικού σωλήνα εμπλέκονται δυνητικά στον μεταβολισμό των πρεβιοτικών και αυτό προσθέτει στην πολυπλοκότητα της κατανόησης μηχανιστικά πώς μπορούν να επηρεάσουν τον ξενιστή και / ή να αναστείλουν την δημιουργία παθογόνων οργανισμών (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

6.1 Επίδραση των πρεβιοτικών στην υγεία των ζώων

Καθίσταται σαφές ότι ο ακριβής μηχανισμός (ή μηχανισμοί) δράσης για την αναστολή των παθογόνων μικροοργανισμών από τα πρεβιοτικά δεν έχουν διασαφηνιστεί. Ενδεχομένως, η ανταγωνιστική δραστηριότητά τους εξαρτάται εν μέρη από το γεγονός ότι μεταβολίζονται από τη μικροχλωρίδα του εντέρου, ενώ ορισμένες αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι μικροβιακά ανεξάρτητες. Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί για τα οφέλη των ζώων-ξενιστών, καθώς οι απαντήσεις του ξενιστή αναμφισβήτητα παρουσιάζουν επίσης στοιχεία εξάρτησης από τη μικροβιολογία του γαστρεντερικού σωλήνα και των ανεξάρτητων αλληλεπιδράσεων. Οι πρεβιοτικές διαφορές στην ανταπόκριση του παθογόνου και του ξενιστή μπορεί επίσης να οφείλονται στη χημική φύση του πρεβιοτικού, με τους FOS και τα συναφή πρεβιοτικά να θεωρούνται κυρίως ζυμώσιμα και επομένως λιγότερο πιθανό να παραμείνουν άθικτα στο γαστρεντερικό σωλήνα για μεγάλες χρονικές περιόδους (Setty, et al., 2010).

Επίδραση στον πεπτικό σωλήνα και το μεταβολισμό

Τα πρεβιοτικά βοηθούν στην επιλεκτική ανάπτυξη ορισμένων εκλεκτικών βακτηρίων όπως ο λακτοβακίλλος. Μπορούν επίσης να ανταγωνίζονται αποτελεσματικά με τους παθογόνους παράγοντες για τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά. Επίσης μπορεί να μειώσουν τον κίνδυνο καρκίνου του παχέος εντέρου μέσω της διέγερσης της απόπτωσης. Η διατροφή με πρεβιοτικά μπορεί να αυξήσει την ανθεκτικότητα στη γαστρική οξύτητα, την υδρόλυση των πεπτικών ένζυμων των θηλαστικών και την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών στο γαστρεντερικό

σωλήνα. Επίσης, η παραγωγή SCFA είναι ο λόγος για καλύτερη απόδοση ανάπτυξης, καθώς αυτό αυξάνει την κατανομή των θρεπτικών συστατικών σε άλλους ιστούς του σώματος. Τα πρεβιοτικά μπορεί να αυξάνουν τα SCFA που απορροφώνται άμεσα στο έντερο και χρησιμοποιούνται ως πηγή ενέργειας στους ιστούς (Setty, et al., 2010).

Επίδραση στο ανοσοποιητικό σύστημα

Τα πρεβιοτικά μπορεί να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα το ανοσοποιητικό σύστημα ως αποτέλεσμα της εντερικής ζύμωσης και της προώθησης της ανάπτυξης ορισμένων μελών της μικροβιακής χλωρίδας του εντέρου. Παρουσία αυξημένων αριθμών συγκεκριμένου μικροβιακού γένους ή είδους ή σχετική μείωση άλλων μικροβίων, μπορεί να αλλάξει το συλλογικό ανοσοδραστικό προφίλ στα διάφορα τμήματα του λεπτού ή του παχέος εντέρου. Τα μικροβιακά προϊόντα όπως τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας (SCFA) μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα ανοσοκύτταρα και τα εντεροκύτταρα και να τροποποιήσουν τη δράση τους. Τα πρεβιοτικά όπως το FOS και η ινουλίνη ευρέθη ότι ρυθμίζουν τις ανοσολογικές αποκρίσεις στον λεμφοειδή ιστό που σχετίζεται με το έντερο (κόπρανα) όπως οι αμυγδαλές, ενώ μπορούν να προκαλέσουν αυξημένους τίτλους αντισωμάτων IgM και IgG στο πλάσμα, και αυξημένα επίπεδα IgA στο βλεννογόνο. Οι ανοσολογικές μεταβολές που προκαλούνται από πρεβιοτικά μπορεί εν μέρει να οφείλονται στην άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ πρεβιοτικών και ανοσοποιητικών κυττάρων του εντέρου, καθώς και λόγω έμμεσης δράσης των πρεβιοτικών μέσω της προτιμησιακής αποίκησης ωφέλιμων μικροβίων και μικροβιακών προϊόντων που αλληλεπιδρούν με τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος (Setty, et al., 2010).

Επίδραση σε γαστρεντερικές διαταραχές

Τα πρεβιοτικά είναι σε θέση να τροποποιήσουν το εντερικό μικροβιακό περιβάλλον και στη συνέχεια να αποτρέψουν την εμφάνιση λοιμώδους νόσου του εντέρου. Έχει αποδειχθεί ότι ορισμένα πρεβιοτικά είναι αποτελεσματικά στον χειρισμό της μικροβιοανθεκτικότητας. Αυτές περιλαμβάνουν ινουλίνη, παράγωγα κριθαριού (germinated barley food stuff, GBF) και ολιγοσακχαρίτες όπως ολιγοφρουκτόζη. Ένα μείγμα διαφόρων πρεβιοτικών μπορεί να μειώσει τη συχνότητα αιμορραγικής διάρροιας και εμφάνισης βλάβης του βλεννογόνου. Ακόμη, το μικροβίωμα του εντέρου μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία καρκινογένεσης. Η αύξηση της αναλογίας βακτηρίων γαλακτικού οξέος στο έντερο μπορεί να οδηγήσει

σε μείωση ορισμένων βακτηριακών ενζύμων που εμπλέκονται στη σύνθεση ή την ενεργοποίηση καρκινογόνων ουσιών (Setty, et al., 2010).

Επίδραση στην απορρόφηση ανόργανων συστατικών

Η κατανάλωση πρεβιοτικών μπορεί να αυξήσει την απορρόφηση Ca, Mg, Fe και Zn σε διάφορα είδη ζώων. Η κολονική ζύμωση παράγει SCFA και άλλα οργανικά οξέα που συμβάλλουν στο χαμηλότερο pH στο παχύ έντερο, το οποίο με τη σειρά του βελτιώνει την παθητική διάχυση στα κύτταρα του επιθηλίου (Setty, et al., 2010).

6.2 Επίδράσεις των πρεβιοτικών στις αποδόσεις των πτηνών

Ο ρυθμός ανάπτυξης, ο συντελεστής αξιοποίησης της τροφής είναι οι σημαντικότεροι δείκτες παραγωγικότητας στα πτηνά, δεδομένου ότι αφορούν τη χρήση ζωοτροφών και τη συνολική αποτελεσματικότητα της παραγωγής πουλερικών. Από όσα δεδομένα υπάρχουν μέχρι στιγμής υπάρχει μια ποικιλομορφία των αποτελεσμάτων ανάλογα με ποιο πρεβιοτικό χρησιμοποιήθηκε σε κάθε περίπτωση.

Ως μειονέκτημα στη χρήση των πρεβιοτικών, πρέπει να θεωρηθεί ότι υψηλά επίπεδα διαιτητικών άπεπτων ολιγοσακχαριτών μπορεί να οδηγήσουν σε διάταση του εντέρου, πόνο και μειωμένη πρόσληψη τροφής. Παρά την θετική επίδραση που μπορεί να έχουν οι ολιγοσακχαρίτες στην υγεία των εντέρων των ζώων, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη στοιχείων για το βαθμό που τα πρεβιοτικά μπορεί να βελτιώσουν σημαντικά την υγεία και τα παραγωγικά χαρακτηριστικά των πτηνών (Biagi et al. 2017).

Όταν εξετάστηκαν σε τροφές παχυνόμενων κοτόπουλων με σκοπό τη βελτίωση των επιδόσεων, τα πρεβιοτικά όπως για παράδειγμα FOS δεν έδωσαν σε κάθε περίπτωση θετικά αποτελέσματα. Ωστόσο, οι ωφέλιμες επιδράσεις των πρεβιοτικών στην υγεία του εντέρου των κοτόπουλων διατηρήθηκαν σε πολλές περιπτώσεις που υποδηλώνουν ότι η χρήση τέτοιων ουσιών μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη συχνότητα εμφάνισης εντερικών βακτηριακών νοσημάτων. Παρομοίως, όταν τροφοδοτούνται σε χοίρους, ουσίες GOS και FOS αυξάνουν τα μιφιδοβακτήρια και μειώνουν την παρουσία παθογόνων του εντέρου. Τέλος, τροποποίηση της εντερικής μικροβιακής χλωρίδας από τα πρεβιοτικά παρατηρήθηκε επίσης στους μόσχους (Biagi et al. 2017).

Η χορήγηση MOS και FOS με την τροφή σε κοτόπουλα βρέθηκε να σχετίζεται με βελτιωμένο κέρδος βάρους σώματος, αναλογία μετατροπής τροφής και βάρους σφαγίου. Ακόμη, η βελτίωση της απόδοσης των κρεατοπαραγωγών ορνιθίων που κατανάλωσαν β-γλυκάνες έχει συσχετιστεί με τη βελτίωση της έμφυτης ανοσολογικής λειτουργίας. Οι παράμετροι αποδόσεων, η χοληστερίνη των αυγών και η μικροχλωρίδα του εντέρου βελτιώθηκαν με την προσθήκη ινουλίνης στη διατροφή των αυγοπαραγωγών ορνίθων. Ακόμη, έχει παρατηρηθεί βελτίωση στο κέλυφος αυγών και στην ανθεκτικότητα των οστών ορνίθων που κατανάλωσαν ινουλίνη ή ολιγοφρουκτόζη. Σε έναν άλλο πειραματισμό με κοτόπουλα, η ομάδα που υποβλήθηκε σε θεραπεία με πρεβιοτικό (τόσο MOS όσο και FOS) είχε παρόμοια απόδοση με ομάδα που έλαβε αγωγή με AGP, ενώ εμφάνισε καλύτερη ανοσία (Biagi et al. 2017).

Σε μια μελέτη, η διατροφική ινουλίνη που προστέθηκε σε αναλογία 5-10 g/kg είχε καλύτερα αποτελέσματα στο πρώτο στάδιο της εκτροφής (ημέρες 0-21) τόσο σε πρόσληψη τροφής, όσο και σε επίπεδα IL-6, IgA, CD8, CD4 λεμφοκύτταρα στο έντερο, ενώ δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές την 42^η ημέρα. Ο χρόνος προσαρμογής και η έκθεση των μικροοργανισμών του γαστρεντερικού σωλήνα στην προστιθέμενη πρεβιοτική ουσία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή θετικού αποτελέσματος. Όταν προστέθηκε FOS για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, παρήγαγε καλύτερα αποτελέσματα με αυξημένο μήκος λαγχών και βάθος κρυπών στο έντερο κοτόπουλων. Θεωρείται ότι το αυξημένο αυτό ύψος των λαγχών συνδέεται με την αυξημένη απορρόφηση της τροφής λόγω της αυξημένης συνολικής διαθέσιμης επιφάνειας. Επίσης, η χρήση MOS και λιγνίνης σε τροφές κοτόπουλων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερο pH στο έντερο, υψηλότερη παραγωγή SCFA όπως βουτυρικά οξέα και καλύτερο επίπεδο υγείας του εντέρου, σε συνδυασμό με ιδιαίτερα αυξημένο ύψος λαγχών (Biagi et al. 2017).

Μια μελέτη με χορήγηση MOS σε παχυνόμενα κοτόπουλα είχε ως συμπέρασμα την βελτιωμένη εντερική ανάπτυξη καθώς και την περισσότερο υγιεινή μικροβιακή χλωρίδα. Προσθήκη ισο-μαλτοζο-ολιγοσακχαριτών και σταχυόζης στο σιτηρέσιο των πτηνών παρατηρήθηκε ότι δεν επέδρασε καθόλου στους πληθυσμούς βακτηρίων των γενών *Lactobacillus*, *Escherichia coli* αλλά και των ολικών αερόβιων μικροοργανισμών του πρόλοβου και του δωδεκαδάκτυλου. Οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες προάγουν την ανάπτυξη των ωφέλιμων για τον ξενιστή βακτηρίων,

όπως οι λακτοβάκιλλοι αλλά φαίνεται να περιορίζονται μόνο σε αυτό καθώς δεν προάγουν την ανάπτυξη βακτηρίων του γένους *Bifidobacterium* στον πεπτικό σωλήνα κρεοπαραγωγών ορνιθίων. Ένα εξίσου σημαντικό στοιχείο που παρατηρήθηκε μέσα από άλλη σχετική έρευνα έδειξε ότι η αλληλεπίδραση των πρεβιοτικών και του φύλου των πτηνών παίζει σημαντικό ρόλο καθώς σε θηλυκά κρεοπαραγωγά πτηνά το σωματικό βάρος και ο δείκτης μετατρεψιμότητας της τροφής βελτιώθηκαν κατά 10% και 9% αντίστοιχα με την προσθήκη στο σιτηρέσιο ολιγο-φρουκτόζης, ενώ στα αρσενικά κρεοπαραγωγά ορνίθια δεν παρουσιάστηκε ιδιαίτερη αλλαγή (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Προκειμένου να μπορέσουμε να ενσωματώσουμε τα πρεβιοτικά στο σιτηρέσιο των πτηνών είναι αναγκαίο αρχικά να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι. Τέτοιες είναι παραδείγματος χάρι η σύσταση του σιτηρεσίου δηλαδή η περιεκτικότητα σε άπεπτους ολιγοσακχαρίτες, το είδος και ποσοστό συμμετοχής διάφορων άλλων πρόσθετων υλών ζωοτροφών όπως τα ένζυμα, το είδος και η ηλικία αλλά και το στάδιο ανάπτυξης των ζώων καθώς και οι συνθήκες διαβίωσης τους. Έχει παρατηρηθεί από ερευνητές ότι προσθήκη μεγάλων ποσοστών πρεβιοτικών στο σιτηρέσιο μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο πεπτικό σύστημα και να έχουμε αντίθετα αποτελέσματα από τα επιθυμητά όπως καθυστέρηση της ανάπτυξης των ζώων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Πρεβιοτικό	Διαφορά αύξησης σωματικού βάρους σε σχέση με τους μάρτυρες (%)	Διαφορά δείκτη μετατρεψιμότητας τροφής σε σχέση με τους μάρτυρες
Φρουκτοζο-ολιγοσακχαρίτης	Έως +5	Έως +6
Γαλακτοζο-ολιγοσακχαρίτης	0	0
Σταχυόζη	-3	-1
Χυτοζάνη	+2	+3
Μαλτοζο-ολιγοσακχαρίτης	+5	+4

Πίνακας. 6.2.1: Αποτελέσματα της προσθήκης πρεβιοτικών στο σιτηρέσιο κρεοπαραγωγών ορνιθίων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

6.3 Χρήση πρεβιοτικών στην εντατική πτηνοτροφία για τον περιορισμό του *Campylobacter*

Ενώ τα προβιοτικά φαίνεται ότι είναι γενικά αποτελεσματικά για τον περιορισμό της δημιουργίας τροφιμογενών παθογόνων στο γαστρεντερικό σωλήνα και για τη βελτίωση της συνολικής υγείας των πτηνών, είναι λιγότερο γνωστό ότι έχουν άμεση επίδραση στα επίπεδα *Campylobacter* στο έντερο των πτηνών. Αρκετές μελέτες εξέτασαν την επίδραση των πρεβιοτικών ως προσθέτων υλών ζωοτροφών στους πληθυσμούς *Campylobacter* στο έντερο πτηνών. Η πλειοψηφία των *in vivo* μελετών ανέφερε μειώσεις των *Campylobacter* στα διάφορα τμήματα του εντέρου, ενώ μερικές μελέτες δεν έδειξαν σημαντικές μεταβολές στους πληθυσμούς *Campylobacter*, σε σύγκριση με τα πτηνά ελέγχου που δεν έλαβαν πρεβιοτικά. Έχουν επίσης δημοσιευθεί μελέτες στις οποίες δεν παρατηρήθηκε επίδραση στο *Campylobacter* σε κοτόπουλα όταν συμπεριλήφθηκαν πρεβιοτικά ή παρόμοιες με τα πρεβιοτικά ενώσεις στη διατροφή τους. Σε μία μελέτη, εξετάστηκαν τρεις διατροφικές μεταχειρίσεις, δηλαδή σε ένα σιτηρέσιο έγινε προσθήκη σε αυτό 0,5% και 1,0% ολιγοσακχαρίτες (εκχύλισμα από υποπροϊόντα της παραγωγής φοινικέλαιου) και έγινε προσδιορισμός του *Campylobacter* στα τυφλά την 21^η ημέρα. Το αποτέλεσμα ήταν να μην υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στους πληθυσμούς *Campylobacter* μετά από την προσθήκη των πρεβιοτικών. Σε σύγκριση με την ομάδα που κατανάλωσε τη βασική διαίτα, η ομάδα που τράφηκε με πρεβιοτικό παρουσίασε παρόμοια επίπεδα *Campylobacter* (Kim, et al., 2019).

Η επιτυχής πρόβλεψη της δυνατότητας επιτυχίας ή αποτυχίας ενός συγκεκριμένου πρεβιοτικού για τον μετριασμό των τροφιμογενών παθογόνων όπως το *Campylobacter* θα απαιτήσει περαιτέρω αυστηρή οριοθέτηση των μηχανισμών που σχετίζονται με τα πρεβιοτικά και τη μικροχλωρίδα του πεπτικού συστήματος. Αυτό αναμφίβολα απαιτεί όχι μόνο την χρήση αλληλούχισης επόμενης γενεάς (Next generation sequencing, NGS) για τον εντοπισμό ειδικών ταξινομικών κατηγοριών, αλλά και μελέτη των μεταβολικών δραστηριοτήτων των μικροβιακών πληθυσμών του γαστρεντερικού σωλήνα υπό την παρουσία συγκεκριμένων πρεβιοτικών και τον τρόπο με τον οποίο οι αλλαγές μπορεί να επηρεάσουν το *Campylobacter* είτε άμεσα είτε έμμεσα (Kim, et al., 2019).

Χορήγηση πρεβιοτικών	Σημεία που έγινε δειγματοληψία	Μέθοδος ανίχνευσης Campylobacter	Αλλαγές στο πληθυσμό Campylobacter
Χορήγηση 0,1% ξυλανάση (Avizyme- 1300)	Λεπτό έντερο, παχύ έντερο και τυφλά έντερα	Καλλιέργεια σε άγαρ	Βρέθηκαν μειωμένοι πληθυσμοί Campylobacter στο λεπτό έντερο, παχύ έντερο και τυφλά έντερα
Χορήγηση 1,0% ινουλίνη (Raftifeed® IPF) ή 1,0% ολιγοφρουκτόζη (Raftifeed®OPS)	Εντερικό περιεχόμενο, στόμαχος, λεπτό έντερο, παχύ έντερο και τυφλά έντερα	Καλλιέργεια σε άγαρ	Βρέθηκαν μειωμένοι πληθυσμοί Campylobacter στο παχύ έντερο και τα τυφλά έντερα. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα υπόλοιπα τμήματα
Χορήγηση 0,2% ή 0,5% μαννοζο- ολιγοσακχαριτών	Τυφλά έντερα	Καλλιέργεια σε άγαρ	Βρέθηκαν μειωμένοι πληθυσμοί Campylobacter στη ομάδα με προσθήκη 0,2% μαννοζο-ολιγοσακχαριτών
Χορήγηση 0.2% Biolex®MB40 ή Χορήγηση 0.2% Leiber®ExCel	Τυφλά έντερα	Καλλιέργεια σε άγαρ	Βρέθηκαν μειωμένοι πληθυσμοί Campylobacter και στις δύο μεταχειρίσεις
Προβιοτικά (3 τύποι) + πρεβιοτικά (0,125%, 0,25% ή 0,5% FOS ή 0,04%, 0,08% ή 0,16% MOS	Τυφλά έντερα	Καλλιέργεια σε άγαρ	Βρέθηκαν μειωμένοι πληθυσμοί Campylobacter στην συνδυασμένη χορήγηση προβιοτικών και πρεβιοτικών, όχι όμως στην ξεχωριστή χορήγησή τους
Χορήγηση 0,125% προβιοτικό προϊόν (OriginalXPCTM)	Τυφλά έντερα	Καλλιέργεια σε άγαρ	Βρέθηκαν μειωμένοι πληθυσμοί Campylobacter
Χορήγηση ολιγοσακχαριτών 0,5 και 1% από εκχύλισμα φοινικοπυρήνων (OligoPKE)	Τυφλά έντερα	Ποσοτική PCR πραγματικού χρόνου	Δεν βρέθηκαν διαφορές στους πληθυσμούς Campylobacter
Χορήγηση 0.2% β- γλουκάνης και MOS (Biolex® MB40)	Τυφλά έντερα	Αλληλούχησης επόμενης γενιάς με την IlluminaMiSeq	Δεν βρέθηκαν διαφορές στους πληθυσμούς Campylobacter μεταξύ των δύο ομάδων. Ωστόσο, η ομάδα του πρεβιοτικού είχε χαμηλότερου πληθυσμούς Campylobacter σε σύγκριση με μια Τρίτη ομάδα στη οποία είχε χορηγηθεί αντιβιοτικό
Χορήγηση 0,1% ίνες δαμάσκηνου Χορήγηση 0,1% FOS Χορήγηση 0,2% GOS	Τυφλά έντερα	Καλλιέργεια σε άγαρ	Δεν βρέθηκαν διαφορές στους πληθυσμούς Campylobacter

Πίνακας 6.3.1: Αντίκτυπος των πρεβιοτικών ως πρόσθετων ζωοτροφών στην καταμέτρηση *Campylobacter* στη γαστρεντερική οδό των πουλερικών (Kim, et al., 2019).

6.4 Μαννοζο-ολιγοσακχαρίτες

Οι μαννοζοολιγοσακχαρίτες ή αλλιώς MOS (mannanooligosaccharides), αποτελούν συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος των κυττάρων ορισμένων ζυμών και κυρίως της ζύμης *Saccharomyces cerevisiae*. Το κυτταρικό τοίχωμα των ζυμών αποτελείται κατά κύριο λόγο από γλυκάνες σε ποσοστό 30%, μαννόζες σε ποσοστό 30%, πρωτεΐνες σε ποσοστό 12,5% και φωσφορικές ενώσεις σε ποσοστό πολύ μικρότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα. Οι πρωτεΐνες έχουν υψηλή περιεκτικότητα στα αμινοξέα σερίνη, θρεονίνη, ασπαρτικό οξύ, γλουταμινικό οξύ και μικρή περιεκτικότητα στη μεθειονίνη. Ανεξαρτήτου της διαφοράς των στελεχών της ζύμης *Saccharomyces cerevisiae*, η αναλογία των παραπάνω συστατικών παραμένει σταθερή (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Σε πειραματική φάση των MOS που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να διασαφηνιστεί η συμβολή τους στη βελτίωση των αποδόσεων των ζώων αποδείχθηκε ότι ο τρόπος δράσης τους ποικίλλει. Οι μαννοζοολιγοσακχαρίτες έχουν τη δυνατότητα να:

- Ελέγχουν τα παθογόνα ή τα δυνητικά παθογόνα βακτήρια τα οποία φέρουν ινίδια του τύπου 1.
- Διεγείρουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και να επιταχύνουν την εγκατάσταση της ανοσίας στο ζωικό οργανισμό.
- Τροποποιούν τη μορφολογία του εντερικού βλεννογόνου, καθώς και της παραγωγής βλέννας. Με αυτό επιτυγχάνουν να αυξήσουν τον αριθμό των επιθηλιακών κυττάρων και τη δραστηριότητα των ενζύμων τους, (μαλτάση, λακτάση, αμινοπεπτιδάση και αλκαλική φωσφατάση) με αποτέλεσμα την καλύτερη πέψη και απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών της τροφής.
- Δεσμεύουν ορισμένες μυκοτοξίνες που πιθανόν να περιέχονται στην τροφή και να καταστέλλουν την τοξική τους δράση.

Η δράση των MOS όσον αφορά το ανοσοποιητικό σύστημα βασίζεται στα εξής:

- Οι μαννόζες και οι γλυκάνες αποτελούν τα κύρια συστατικά τους και έχουν αντιγονική δράση.

- Αποτρέπουν τον αποικισμό συγκεκριμένων παθογόνων βακτηρίων αλλά επιτρέπουν σε αυτά να έρθουν σε επαφή με κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος ως αποδυναμωμένα αντιγόνα.
- Αυξάνουν την παραγωγή αντισωμάτων από τον οργανισμό ώστε να αυξάνεται η αντίστασή του στις διάφορες νόσους.
- Αυξάνουν τη δραστηριότητα των μακροφάγων κυττάρων σε διάφορα είδη ζώων.

Ωστόσο η χρήση και η δράση των MOS δεν περιορίζεται μόνο εκεί. Όσον αφορά τις μυκοτοξίνες της τροφής, ότι παίζουν προστατευτικό ρόλο στα ζώα έναντι ορισμένων μυκοτοξινών όπως είναι η αφλατοξίνη B₁ και η ζεαραλενόνη, επειδή έχουν την ικανότητα να συνδέονται με τέτοιες ουσίες, να τις δεσμεύουν και πιθανώς να τις διασπούν και κατά συνέπεια να μην επιτρέπουν την απορρόφησή τους από τον πεπτικό σωλήνα των ζώων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Εμπράκτως, η χρήση των MOS στα παραγωγικά ζώα έδειξε ότι η χρήση τους ως πρόσθετες ύλες ζωοτροφών όχι μόνο βελτίωσε την υγεία τους αλλά αύξησε και τις αποδόσεις τους. Έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετες ύλες σε σιτηρέσια βοοειδών, χοίρων, πτηνών, ψαριών, κουνελιών, αλόγων, σκύλων και γατών (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016; Ricke, 2018).

Στα κρεοπαραγωγά ορνίθια η χρήση των MOS στην τροφή τους συνδέεται με βελτίωση του δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής, αύξηση του ρυθμού σωματικής ανάπτυξης και μείωση της θνησιμότητας. Ίδια αποτελέσματα είχαν και πειράματα που αφορούν τα ινδορνίθια. Στα πτηνά, αρκετές μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα από την προσθήκη των πρόσθετων υλών στην τροφή τους μπορούσαν να συγκριθούν με αυτά που σχετίζονται με τη χρήση αντιβιοτικών στα σιτηρέσια ως αυξητικοί παράγοντες. Η προτεινόμενη δόση στα παραγωγικά πτηνά όπως προέκυψε από σχετικές μελέτες κυμαίνονται από 0,5 έως 2 kg MOS/τόννο τροφής (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η επίδραση των MOS στις αποδόσεις των ζώων και ψαριών επηρεάζεται από το είδος του σιτηρεσίου, τις συνθήκες εκτροφής και την ηλικία τους. Κατά συνέπεια, οι παράγοντες αυτοί θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ώστε να επιτυγχάνεται η άριστη θετική επίδραση της χρήσης MOS στη διατροφή των ζώων (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

	Τροφή χωρίς MOS (αρνητικοί μάρτυρες)	Τροφή + MOS	Διαφορά (%) των MOS σε σχέση με τους μάρτυρες
Σωματικό βάρος (kg)	2,231	2,267	+1,61
Δείκτης μετατρεψιμότητας τροφής	1,808	1,772	+1,99
Θνησιμότητα (%)	4,494	3,534	+21,4
	Τροφή και αντιβιοτικά (θετικοί μάρτυρες)	Τροφή + MOS	Διαφορά (%) των MOS σε σχέση με τους μάρτυρες
Σωματικό βάρος (kg)	2,246	2,238	-0,36
Δείκτης μετατρεψιμότητας τροφής	1,822	1,820	-0,11
Θνησιμότητα (%)	5,404	4,426	-18,1

Πίνακας. 6.4.1: Επίδραση των MOS όταν προσθέτονται στην τροφή κρεοπαραγωγών ορνιθίων στο σωματικό βάρος, το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής και το ποσοστό θνησιμότητάς τους (Φλώρου-Πανέρη & Χρηστάκη, 2016).

7. Νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη χρήση των προβιοτικών και πρεβιοτικών

Σύμφωνα με τη νομοθεσία της ΕΕ, οι πρόσθετες ύλες πρέπει να εγκρίνονται πριν να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τρόφιμα ή ζωοτροφές. Η διαδικασία έγκρισης αρχίζει με την υποβολή επίσημου αιτήματος στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή που συνίσταται σε φάκελο αίτησης σχετικά με την ουσία, που περιέχει επιστημονικά στοιχεία σχετικά με τις προτεινόμενες χρήσεις και τα επίπεδα χρήσης. Στη συνέχεια, η Επιτροπή διαβιβάζει τον φάκελο στην EFSA και της ζητεί να αξιολογήσει την ασφάλεια της ουσίας για τις προβλεπόμενες χρήσεις της. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφασίζει εάν θα εγκρίνει την ουσία βάσει της αξιολόγησης ασφάλειας της EFSA. Η έγκριση των προτεινόμενων νέων χρήσεων των υπαρχόντων προσθέτων τροφίμων ακολουθεί την ίδια διαδικασία.

Μόλις εγκριθούν, οι ουσίες αυτές περιλαμβάνονται στον κατάλογο των επιτρεπόμενων προσθέτων τροφίμων της ΕΕ που καθορίζεται στον κανονισμό EC 1333/2008, ο οποίος καθορίζει επίσης τους όρους χρήσης τους. Τα εγκεκριμένα πρόσθετα τροφίμων πρέπει επίσης να συμμορφώνονται με τα εγκεκριμένα κριτήρια καθαρότητας που ορίζονται στον κανονισμό ΕΕ 231/2012.

Τον Δεκέμβριο του 2008, η υπάρχουσα νομοθεσία ενοποιήθηκε σε τέσσερις απλουστευμένους κανονισμούς που καλύπτουν όλους τους λεγόμενους παράγοντες βελτίωσης των τροφίμων (δηλ. Πρόσθετα τροφίμων, ένζυμα τροφίμων και αρτύματα). Ο κανονισμός ΕΚ 1331/2008 εισήγαγε μια κοινή διαδικασία έγκρισης για αυτούς τους πράκτορες. Ο κανονισμός ΕΚ 1333/2008 για τα πρόσθετα τροφίμων θέσπισε έναν κατάλογο της Ένωσης για τα επιτρεπόμενα πρόσθετα τροφίμων, ο οποίος δημοσιεύθηκε πλήρως στον κανονισμό ΕΕ 1129/2011 (EFSA, 2011).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, η προσπάθεια των επιστημόνων να αυξήσουν τις αποδόσεις των πτηνών, να προστατέψουν την υγεία τους, αλλά και να βελτιώσουν την ποιότητα των παραγόμενων ζωικών προϊόντων όπως το κρέας και τα αυγά, αρχικά τους οδήγησε στην χρήση παραγόντων όπως τα αντιβιοτικά. Ωστόσο, σύμφωνα με τις πληροφορίες που προέκυψαν για τις βλαβερές επιπτώσεις της κατάχρησης των αντιβιοτικών για τα ζώα και για τον άνθρωπο, τα τελευταία χρόνια διερευνήθηκαν άλλες λύσεις, όπως για παράδειγμα η χρήση στη διατροφή των πτηνών προβιοτικών και πρεβιοτικών. Τα προβιοτικά και πρεβιοτικά είναι πλέον επιστημονικά αποδεδειγμένο ότι όχι μόνο βελτιώνουν τις αποδόσεις των πτηνών που προορίζονται είτε για κρεοπαραγωγή ή για αυγοπαραγωγή, αλλά συμβάλλουν και στη διατήρηση της καλής υγείας τους, επιτρέποντας κατά αυτόν τον τρόπο τη μείωση της χρήσης των αντιβιοτικών. Σε γενικές γραμμές, η δράση των ουσιών αυτών σχετίζεται με τη φυσιολογική μικροχλωρίδα των πτηνών. Σήμερα, χρησιμοποιούνται στη διατροφή των παραγωγικών πτηνών, ωστόσο η σχετική έρευνα συνεχίζεται, τόσο σε επίπεδο αποσαφήνισης των μηχανισμών λειτουργίας τους, όσο και στην προσπάθεια παραγωγής νέων και περισσότερο δραστικών τέτοιων ουσιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

Ελληνόγλωσσες

- Αστεριάδης Γ. Ι., Γούλας Π. Γ. (2004) Συγκριτική ανατομική και ιστολογία των αγροτικών ζώων και πτηνών, Εκδόσεις Χ.Ο., Θεσσαλονίκη.
- Βότσης Π.Γ., Τσώνου-Πολάτου Μ. (1980) Βοτανική – ζωολογία, Εκδόσεις Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Ζέρβας Γ.Π. (2015) Φυσιολογία θρέψης παραγωγικών ζώων, Εκδόσεις Σταμούλη.
- Κάτανος Ι.Δ., Σκαπέτας Β. (2015) Φυσιολογία αγροτικών ζώων, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία Χριστίνα & Βασιλική Κορδάλη Ο.Ε., Θεσσαλονίκη.
- Μάγρας Ι.Ν., Αντωνόπουλος Ι.Κ. (2016) Ανατομική των αγροτικών ζώων, Εκδόσεις Κυριακίδη.
- Φλώρου-Πανέρη Π., Χρηστάκη Ε. (2016) Βασικές αρχές διατροφής θηλαστικών και πτηνών, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Ξενόγλωσσες

- Agyare C., Etsiapa Boamah V., Ngofi Zumbi C., Boateng Osei F. (2018), Antibiotic use in poultry production and its effects on bacterial resistance. IntechOpen, 1-20.
- Alagawany M., El-Hack M.E.A., Farag M.R., Sachan S. (2018) The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. Environmental Science and Pollution Research, 25, 10611–10618.
- Ananthanarayanan L, Dubhashi A. (2017) *Bacillus aerius*: a promising probiotic for poultry feed use. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(1), 853-858.
- Augere-Granier, M.L. (2019) The EU poultry meat and egg sector: Main features, challenges and prospects. European Parliament Research Service, Brussels.
- Bajagai Y.S., Klieve A.V., Dart P.J. and Bryden W.L. (2016), Probiotics in animal nutrition. Editor: Makkar, H.P.S. FAO Animal Production and Health Paper No 179, Rome.

- Biagi G., Vecchiato C., Pinna C. (2017) The utilization of prebiotics, probiotics, organic acids and antibiotics in monogastric animals. *KnE Life Sciences*, 2(6), 55-62.
- Conlon M.A., Bird A.R. (2014) The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. *Nutrients*, 7(1), 17-44.
- Gaggia F., Mattarelli P., Biavati B. (2010) Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(1), S15-S18.
- Kim S.A., Jang M.J., Kim S.Y., Yang Y., Pavlidis H.I., Ricke, S.C. (2019) Potential for prebiotics as feed additives to limit foodborne campylobacter establishment in the poultry gastrointestinal tract. *Frontiers Microbiology*, 10, 91.
- Kumar Y. (2019), Antimicrobial resistance - a global threat. IntechOpen, ISBN: 978-1-78985-784-9.
- Liljebjelke K.A., Hofacre C.L., White D.G., Ayers S., Lee M.D., Maurer J.J. (2017) Diversity of antimicrobial resistance phenotypes in salmonella isolated from commercial poultry farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 4,96.
- Markowiak P., Slizewska K. (2018) The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathology*, 10, 21, 29930711.
- Mund M.D., Khan U.H., Tahir U., Mustafa B.E., Fayyaz A. (2017) Antimicrobial drug residues in poultry products and implications on public health: a review. *International Journal of Food Properties*, 20(7), 1433-1446.
- Podolian J. (2017) Effect of probiotics on the chemical, mineral, and amino acid composition of broiler chicken meat. *Ukrainian Journal of Ecology* 7(1), 61-65
- Ricke S. (2010) Impact of prebiotics on poultry production and food safety. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 91(2), 151-159.
- Setty, K., Dhaigude V., Dwibedy P., Mishra B.K., Vaidantika V., Priyadarshinee P., Debata N.R., Adhika P.D. (2010), Prebiotics in animal feeding. *The Pharma Innovation*, 6(11), 482-486.
- Sharma R., Sharma S., Shukla P.C., Sharma V., Baghel R.P.S., Raikwar, Shashi Pradhan A., Yadav V. (2018) Microbial and functional feed

supplement to improve livestock and poultry productivity with special reference to synbiotics: a review. The Pharma Innovation Journal, 7(7), 62-68.

Ιστοσελίδες

- Docplayer.gr. Ανακτήθηκε στις 14/5/2020 από: <https://docplayer.gr-Anatomia-kai-morfologia-ptinoy.html>
- European Union Register of Feed Additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003 (2003) Ανακτήθηκε από: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/animal-feed-eu-reg-comm_register_feed_additives_1831-03.pdf
- EFSA (2011) Food Additives. Ανακτήθηκε από: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/food-additives>
- Feed additives, (2019), Ανακτήθηκε από: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/food-additives>

- Ελληνική Στατιστική Αρχή (2017) Κτηνοτροφία και κτηνοτροφικά προϊόντα. Ανακτήθηκε από: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPK33/->
- Πτηνοτροφία (2009). Ανακτήθηκε από : <https://animalproduction.wordpress.com/2009/01/31/>