

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΖΩΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Συστηματική ποιοτική και ποσοτική ανάλυση δεδομένων επιπολασμού και
συγκέντρωσης παθογόνων μικροοργανισμών σε πουλερικά»**

Κωνσταντίνος Γ. Παπαβασιλείου

ΒΟΛΟΣ, 2023

UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC ENVIRONMENT
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND NUTRITION

INTERDEPARTMENTAL POSTGRADUATE PROGRAMME
“TECHNOLOGY, QUALITY AND SAFETY OF ANIMAL ORIGIN FOODS”

POSTGRADUATE MASTER’S THESIS

«A qualitative and quantitative systematic analysis of prevalence and concentration data of pathogens in poultry meat»

Konstantinos G. Papavasiliou

VOLOS, 2023

**« Συστηματική ποιοτική και ποσοτική ανάλυση δεδομένων επιπολασμού και
συγκέντρωσης παθογόνων μικροοργανισμών σε πουλερικά»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) Κακαγιάννη Ν. Μυρσίνη** , Διδάσκουσα Καθηγήτρια, Τεχνολογία, Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπουσα***,
- 2) Μποζιάρης Σ. Ιωάννης**, Καθηγητής, Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Εργαστήριο Εμπορίας και Τεχνολογίας Αλιευτικών Προϊόντων και Τροφίμων (Διευθυντής), Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,
- 3) Γιαβάσης Ιωάννης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Μικροβιολογία Τροφίμων και Μικροβιακές Ζυμώσεις Για Παραγωγή Βιοπολυμερών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, τα πουλερικά είναι ένα από τα κρέατα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση παγκοσμίως. Κατά συνέπεια, έχει υπάρξει μια παγκόσμια στροφή προς τα συστήματα εντατικής εκτροφής στα οποία οι λοιμώξεις, συμπεριλαμβανομένων των ζωνοδόσων, μεταδίδονται πιο εύκολα, επηρεάζοντας την υγεία και την παραγωγικότητα των ζώων. Επιπλέον, οι μεγάλες και διαρκείς αλλαγές που συμβαίνουν στη βιομηχανία παραγωγής προϊόντων από πουλερικά, καθιστά απαραίτητη τη συνεχή καταγραφή και παρακολούθηση των εξελίξεων στην επιστημονική έρευνα.

Σε αυτό το πλαίσιο, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συστηματική διερεύνηση της σύγχρονης βιβλιογραφίας για τον επιπολασμό και την συγκέντρωση παθογόνων μικροοργανισμών στα πουλερικά και τα προϊόντα τους, ώστε να εντοπιστούν τα νεότερα ερευνητικά δεδομένα κάτω από τις νέες συνθήκες διαχείρισης της παραγωγής. Επιπλέον, στόχος ήταν να συγκρίνει, να συνθέσει και να ταξινομήσει τις τρέχουσες πληροφορίες σχετικά με την εξάπλωση των παθογόνων μικροοργανισμών σε μονάδες που λειτουργούν με την σύγχρονη αντίληψη παραγωγής, όπως παρουσιάζεται στις σχετικές έρευνες.

Από ανάλυση των μελετών που ανακτήθηκαν από την αναζήτηση σε βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων, αξιοποιήθηκαν 23 πρωτογενείς ερευνητικές εργασίες. Στις εργασίες αυτές διερευνήθηκαν παθογόνα είδη που ανήκουν σε περισσότερα από δέκα γένη μικροοργανισμών και εμφάνισαν σημαντικό επιπολασμό. Τα κυριότερα είδη που αναφέρονται ανήκουν στα: *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp., *Shigella* spp., *Kluyvera* spp., *Listeria* spp., *Toxoplasma gondii*.

Παράλληλα με την εξάπλωση των παθογόνων μικροοργανισμών υπάρχει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για την ανίχνευση και διερεύνηση της ανθεκτικότητας των μικροοργανισμών στα αντιβιοτικά, ενώ παράλληλα ο επιπολασμός των πολυανθεκτικών βακτηρίων στο κρέας πουλερικών προκαλεί αυξανόμενη ανησυχία. Τα ανθεκτικά βακτήρια μπορούν να μεταφερθούν από τα προϊόντα πουλερικών σε άλλα είδη άγριας ζωής και στον άνθρωπο μέσω της κατανάλωσης ή του χειρισμού μολυσμένου κρέατος. Αυτή η μεταφορά ανθεκτικών γονιδίων μπορεί να θέσει σε κίνδυνο μελλοντικές θεραπείες λοιμώξεων που προκαλούνται από αυτούς τους οργανισμούς.

Η μικροβιακή αντοχή αντιπροσωπεύει ένα μακροπρόθεσμο και πολύ περίπλοκο βιολογικό πρόβλημα. Επομένως, απαιτούνται συντονισμένες και ακριβείς ενέργειες προκειμένου να μειωθεί ο αντίκτυπός της στο παρόν και το μέλλον του ανθρώπινου πολιτισμού. Τέτοια μέτρα πρέπει να εκτελούνται βάσει γνώσης που βασίζεται στην επιστήμη, προκειμένου να διατηρηθεί η οικονομική αποδοτικότητα του κλάδου μαζί με την προαγωγή της δημόσιας υγείας. Υπό αυτή την έννοια, οι ολοκληρωμένες πρωτοβουλίες Περιβαλλοντικής Κοινωνικής Διακυβέρνησης (ESG) στον κλάδο των πουλερικών ενθαρρύνονται να υιοθετήσουν τις αρχές της προσέγγισης One Health.

Το γενικό συμπέρασμα που μπορεί να προκύψει από τη διερεύνηση είναι ότι η πρόληψη της μόλυνσης από τα παθογόνα βακτήρια στα προϊόντα διατροφής δε θα πρέπει να επικεντρώνεται μόνο στα στάδια προς την αγορά, αλλά και στις στρατηγικές ελέγχου στα αρχικά στάδια, συμπεριλαμβανομένων των εκκολαπτηρίων, των αγροκτημάτων και των σφαγείων, για να σταματήσει η εξάπλωση τους κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής.

Λέξεις κλειδιά: Επιπολασμός, παθογόνα, πουλερικά, πολυανθεκτικότητα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Επιπολασμός και Συγκέντρωση Μικροοργανισμών σε Πουλερικά	1
<i>1.1.1. Η παραγωγή προϊόντων από πουλερικά</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2. Η επιστημονική έρευνα στη μετάδοση λοιμώξεων από πουλερικά.....</i>	<i>10</i>
1.2. Σκοπός και στόχοι	15
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	17
2.1. Περιγραφή της στρατηγικής αναζήτησης	17
2.2. Κριτήρια εισόδου – αποκλεισμού μελετών	19
2.3. Αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας.....	21
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	24
3.1. Επιλογή των μελετών	24
<i>3.1.1. Περιγραφή των μελετών</i>	<i>31</i>
3.2. Επιπολασμός των ειδών <i>Salmonella</i> στα πουλερικά	36
3.3. Επιπολασμός των ειδών <i>Campylobacter</i> στα πουλερικά	44
3.4. Επιπολασμός άλλων ειδών μικροοργανισμών στα πουλερικά.....	53
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	61
4.1. Για τα είδη <i>Salmonella</i>	62
4.2. Για τα είδη <i>Campylobacter</i>	69
4.3. Για τα υπόλοιπα είδη μικροοργανισμών	78
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	88
5.1. Εκτίμηση του κινδύνου μεροληψίας	94
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	99
7. ABSTRACT	108

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Επιπολασμός και Συγκέντρωση Μικροοργανισμών σε Πουλερικά

Οι τροφιμογενείς λοιμώξεις έχουν θεωρηθεί ένα από τα κύρια προβλήματα δημόσιας υγείας παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων των ανεπτυγμένων χωρών (WHO, 2015). Περισσότερες από 200 ασθένειες προκαλούνται από την κατανάλωση τροφίμων μολυσμένων με βακτήρια, ιούς, παράσιτα ή χημικές ουσίες, όπως βαρέα μέταλλα. Αυτό το αυξανόμενο πρόβλημα δημόσιας υγείας έχει σημαντικό κοινωνικοοικονομικό αντίκτυπο και προκαλεί σοβαρές πιέσεις στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, ενώ βλάπτει τον τουρισμό και το εμπόριο (WHO, 2022). Οι λοιμώξεις που μεταδίδονται μέσω των τροφίμων συμβάλλουν σημαντικά στην παγκόσμια επιβάρυνση των ασθενειών και της θνησιμότητας, επομένως οι επενδύσεις στη βελτίωση του τρόπου διαχείρισης της ασφάλειας των τροφίμων μπορεί να έχουν σημαντικά οικονομικά οφέλη για τη δημόσια υγεία (Freitas, et al., 2023).

Οι τροφιμογενείς ασθένειες προκαλούνται από μόλυνση των τροφίμων και εμφανίζονται σε οποιοδήποτε στάδιο της αλυσίδας παραγωγής, παράδοσης και κατανάλωσης τροφίμων. Μπορούν να προκύψουν από διάφορες μορφές περιβαλλοντικής μόλυνσης, συμπεριλαμβανομένης της ρύπανσης στο νερό, το έδαφος ή τον αέρα, καθώς και από μη ασφαλή αποθήκευση και επεξεργασία τροφίμων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ασθένειες που περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα συμπτωμάτων, από απλές διάρροιες έως κάποιους τύπους καρκίνου. Τα περισσότερα εμφανίζονται ως γαστρεντερικά προβλήματα, αν και μπορούν επίσης να προκαλέσουν νευρολογικά, γυναικολογικά και ανοσολογικά συμπτώματα, ενώ οι επιπλοκές τους σε κάποιες περιπτώσεις περιλαμβάνουν εγκεφαλική και νευρική διαταραχή, ηπατική και νεφρική ανεπάρκεια, ακόμα και θανάτους (Habib, et al., 2023). Οι ασθένειες που προκαλούν

διάρροια, αποτελούν μείζον πρόβλημα σε όλες τις χώρες του κόσμου, αν και επιβαρύνονται δυσανάλογα οι χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος και τα παιδιά κάτω των 5 ετών (WHO, 2022).

Με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, υπάρχει αυξημένη ζήτηση για τρόφιμα, η οποία δημιουργεί ευκαιρίες και προκλήσεις για την ασφάλεια των τροφίμων. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) είχε υπολογίσει ότι κάθε χρόνο παγκοσμίως, τα μη ασφαλή τρόφιμα προκαλούν 600 εκατομμύρια περιπτώσεις τροφιμογενών ασθενειών και 420.000 θανάτους. Το 30% των τροφιμογενών θανάτων συμβαίνουν σε παιδιά κάτω των 5 ετών. Ο ΠΟΥ υπολόγισε ότι χάνονται 33 εκατομμύρια χρόνια υγιεινής ζωής των ανθρώπων, λόγω της κατανάλωσης μη ασφαλών τροφίμων παγκοσμίως κάθε χρόνο, και αυτός ο αριθμός είναι πιθανώς υποεκτιμημένος (WHO, 2023). Τα επόμενα χρόνια αναμένεται ότι οι ανεπτυγμένες χώρες θα έχουν αυξήσει την παραγωγή τροφίμων και θα εξάγουν σε άλλες χώρες, επομένως θα απαιτούνται πρακτικές υγιεινής και ασφάλειας τροφίμων για την αποφυγή μολύνσεων. Η αυστηρή τήρηση των πρακτικών υγιεινής στον περιβάλλοντα χώρο επεξεργασίας, συσκευασίας και αποθήκευσης τροφίμων (ωμά, μαγειρεμένα ή επεξεργασμένα τρόφιμα) έχει ως αποτέλεσμα καλύτερα και πιο υγιεινά αποτελέσματα. Οι πρακτικές υγιεινής και ασφάλειας των τροφίμων πριν και μετά τη συγκομιδή πρέπει να είναι συγκεκριμένες, δυναμικές, οικονομικά αποδοτικές και ευέλικτες. Ακολουθώντας αυτές τις πρακτικές υγιεινής, μπορούν να μειωθούν οι πιθανότητες μόλυνσης των τροφίμων με μικροοργανισμούς, οδηγώντας ένα βήμα προς έναν πιο υγιεινό τρόπο ζωής.

Αυτό οδήγησε τον ΠΟΥ στην ανάπτυξη μιας Παγκόσμιας Στρατηγικής για την ασφάλεια στα τρόφιμα για το χρονικό διάστημα 2022 - 2030 (WHO, 2022). Η στρατηγική αυτή αναγνωρίζει ότι η ασφάλεια των τροφίμων είναι στενά συνδεδεμένη με την υγεία

των ζώων, των φυτών και του περιβάλλοντος εντός του οποίου παράγονται. Η στρατηγική καλεί τα κράτη μέλη να εξετάσουν την προσέγγιση για την Ενιαία Υγεία (One Health approach) κατά τον σχεδιασμό της εφαρμογής των πολιτικών προστασίας. Αυτό θα επιτρέψει στις εθνικές κυβερνήσεις να ανιχνεύουν, να προλαμβάνουν και να ανταποκρίνονται σε υπάρχουσες και αναδυόμενες ασθένειες που εμφανίζονται στη διεπαφή ανθρώπου-ζώου-περιβάλλοντος, να ανταποκρίνονται γρήγορα και να μετριάζουν ζητήματα δημόσιας υγείας που σχετίζονται με τα τρόφιμα που προκύπτουν από αυτές τις αλληλεπιδράσεις. Ο μετριασμός αυτών των απειλών που σχετίζονται με την ασφάλεια των τροφίμων δεν μπορεί να επιτευχθεί από έναν τομέα που ενεργεί μόνος του. Η στρατηγική τονίζει τη σημασία του αυξημένου δια-οργανωτικού και διατομεακού συντονισμού και της συνεργασίας.

Κεντρικό ρόλο στη στρατηγική αυτή για την παραγωγή, διαχείριση και κατανάλωση ασφαλών τροφίμων κατέχουν τα προϊόντα ζωικής προέλευσης. Τα προϊόντα αυτά θεωρούνται ιδιαίτερα ευπαθή και επικίνδυνα για τη μετάδοση τροφιμογενών νοσημάτων, ενώ ο τρόπος εκτροφής τους και παραγωγής προϊόντων από αυτά προκαλεί ιδιαίτερες επιβαρύνσεις στο περιβάλλον. Κατά συνέπεια, δίνεται ιδιαίτερη σημασία σε όλα τα στάδια παραγωγής και εμπορίας ζωικών προϊόντων (WHO Europe, 2022). Μεταξύ αυτών, το κρέας, το γάλα και τα αυγά κατέχουν δεσπόζουσα θέση, καθώς βρίσκονται υψηλά στην προτίμηση για κατανάλωση. Άλλωστε το κρέας είναι μια πλούσια σε θρεπτικά συστατικά τροφή που παρέχει ζωτική ποσότητα πρωτεϊνών, βιταμινών και μετάλλων σε μεγαλύτερη βιοδιαθεσιμότητα από άλλες πηγές τροφίμων.

Ωστόσο, το κρέας και τα τρόφιμα που το περιέχουν, έχουν αναγνωριστεί ως το κύριο όχημα για τη μετάδοση τροφιμογενών παθογόνων στον άνθρωπο (Ali & Alsayeqh, 2022). Η υψηλή υγρασία του φρέσκου κρέατος και το βέλτιστο pH του παίζουν τον κύριο

ρόλο για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Ως αποτέλεσμα, το κρέας θεωρείται τρόφιμο με υψηλή ευαισθησία. Η διασταυρούμενη επιμόλυνση των σφάγιων και των προϊόντων κρέατος συμβαίνει κατά το μεταγενέστερο χειρισμό, επεξεργασία, προετοιμασία και διανομή του στην αγορά. Έτσι, η μόλυνση του κρέατος με τροφιμογενή παθογόνα αποτελεί μείζον ζήτημα δημόσιας υγείας και η επιστημονική έρευνα έχει εστιάσει το ενδιαφέρον της τις τελευταίες δεκαετίες τόσο στον επιπολασμό των παθογόνων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σ' αυτό, όσο και στην ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά που αναπτύσσουν τα παθογόνα αυτά (Zelalem, et al., 2019).

Τα τελευταία χρόνια, τα πουλερικά είναι ένα από τα κρέατα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση παγκοσμίως, καθώς είναι η δεύτερη πηγή κρέατος με τη μεγαλύτερη παραγωγή και κατανάλωση στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) μετά το χοιρινό (EuroStat, 2022). Επιπλέον, η παγκόσμια παραγωγή κρέατος έχει αυξηθεί με τα χρόνια. Σε παγκόσμιο επίπεδο και σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (F.A.O) του Ο.Η.Ε., το 2020, η παραγωγή κρέατος πουλερικών αντιπροσώπευε σχεδόν το 40% της παγκόσμιας παραγωγής κρέατος (FAO, 2020). Κατά συνέπεια, έχει υπάρξει μια παγκόσμια στροφή προς τα συστήματα εντατικής εκτροφής τους, στα οποία οι λοιμώξεις, συμπεριλαμβανομένων των ζωνοόσων, μεταδίδονται πιο εύκολα, επηρεάζοντας την υγεία και την παραγωγικότητα των ζώων (Abreu, et al., 2023). Επιπλέον, η πτηνοτροφία και η χοιροτροφία είναι οι πιο συνηθισμένες επιλογές στις αναπτυσσόμενες χώρες, ειδικά όταν δεν μπορούν να γίνουν μεγάλες επενδύσεις. Η παραγωγή πουλερικών και χοίρων συμβάλλει σημαντικά στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη μιας χώρας παρέχοντας πρωτεΐνες που συμβάλλουν στη διασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας του πληθυσμού και προμηθεύοντας εκτός από το κρέας και μια σειρά άλλα προϊόντα (Serbessa, et al., 2023).

Αλλά και στις αναπτυγμένες χώρες η πτηνοτροφία αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς, λόγω της εντατικοποίησης της εκτροφής των πουλερικών. Το κρέας πουλερικών και συγκεκριμένα το κρέας κοτόπουλου, έχει κερδίσει σημαντικό μερίδιο αγοράς στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ) σε σύγκριση με το βοδινό και το χοιρινό και η κατανάλωση αυξάνεται σταδιακά παγκοσμίως (FAO, 2020). Πολλοί παράγοντες συνέβαλαν σε αυτήν την αύξηση του μεριδίου αγοράς, συμπεριλαμβανομένης της σημαντικής προόδου στη γνώση για τη γενετική των πτηνών, τις διατροφικές απαιτήσεις και τις πρακτικές παραγωγής, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής, καθιστώντας το κρέας κοτόπουλου πιο προσιτό για τον ευρύ πληθυσμό. Παράλληλα όμως, τα προϊόντα που προέρχονται από τα πουλερικά έχουν αναγνωριστεί και ως κύρια πηγή τροφιμογενών παθογόνων παραγόντων και είναι υπεύθυνα για την σημαντική νοσηρότητα στις ΗΠΑ αλλά και παγκοσμίως (Wang, et al., 2023). Για το λόγο αυτό η παρούσα μελέτη θα επικεντρωθεί στην διερεύνηση της διεθνούς βιβλιογραφίας για τον επιπολασμό και την συγκέντρωση των μικροοργανισμών στα πουλερικά.

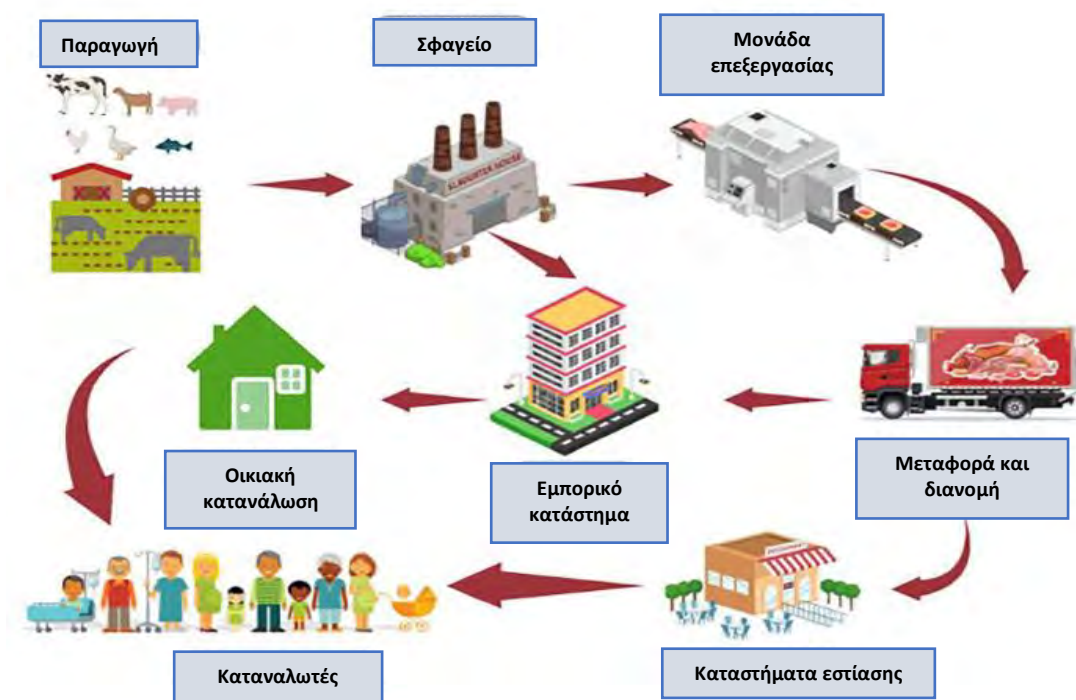
1.1.1. Η παραγωγή προϊόντων από πουλερικά

Σύμφωνα με την έκθεση «Προοπτικές του γεωργικού τομέα 2017-2026», που είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ του ΟΟΣΑ και του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), η βιομηχανία πουλερικών θα οδηγήσει την ανάπτυξη της παραγωγής κρέατος την επόμενη δεκαετία και προβλέπεται να ευθύνεται για το ήμισυ του συνόλου του πρόσθετου κρέατος που παρήχθη εκείνη τη χρονική περίοδο. Όπως αναφέρεται στην έκθεση αυτή οι ΗΠΑ, η Βραζιλία, η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Κίνα θα είναι οι κορυφαίοι παραγωγοί κρέατος πουλερικών παγκοσμίως (OECD/FAO, 2020).

Η αυξανόμενη ζήτηση για κρέας πουλερικών σχετίζεται με την αυξανόμενη ζήτηση για πρωτεΐνη κρέατος, καθώς ο ανθρώπινος πληθυσμός αναμένεται να φτάσει τα 9,7 δισεκατομμύρια το 2050 και τα 10,9 δισεκατομμύρια το 2100. Ο ανθρώπινος πληθυσμός στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες θα διπλασιαστεί τουλάχιστον έως το 2050, ενώ πολύ χαμηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης θα σημειωθούν στις ανεπτυγμένες περιοχές (FAO, 2020). Η σχετικά οικονομικά προσιτή τους τιμή είναι ένας σημαντικός μοχλός για την αυξανόμενη προθυμία των καταναλωτών να αντικαταστήσουν το βοδινό και το χοιρινό κρέας από κρέας πουλερικών.

Τα θετικά οικονομικά αποτελέσματα που εμφανίζουν οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα αυτό, λόγω της εφαρμογής μοντέλων οικονομίας και της αποδοτικότητας του κόστους της επένδυσης, οδηγούν σε κλιμακωτά αποτελέσματα μέσω των αλυσίδων αξίας των πουλερικών από την παραγωγή στο εξωτερικό εμπόριο. Ως εκ τούτου, η βιομηχανική παραγωγή πουλερικών έχει παράδοση να βρίσκεται στην πρωτοπορία όσον αφορά τις τεχνολογικές προόδους στους τομείς της διατροφής, της αναπαραγωγής, της διαχείρισης και της υγείας (Souza, et al., 2022).

Η εντατικοποίηση της παραγωγής και της εμπορίας των προϊόντων κρέατος γενικότερα και των πουλερικών ειδικότερα, δημιουργεί υψηλούς κινδύνους μετάδοσης τροφιμογενών μικροοργανισμών στους ανθρώπους σε διάφορα στάδια. Η αλυσίδα αυτή περιλαμβάνει διαδοχικά στάδια παραγωγής, επεξεργασίας και διανομής των προϊόντων (Εικ. 1), με αυξανόμενο κίνδυνο επιμόλυνσης σε κάθε στάδιο (Ali & Alsayeqh, 2022).



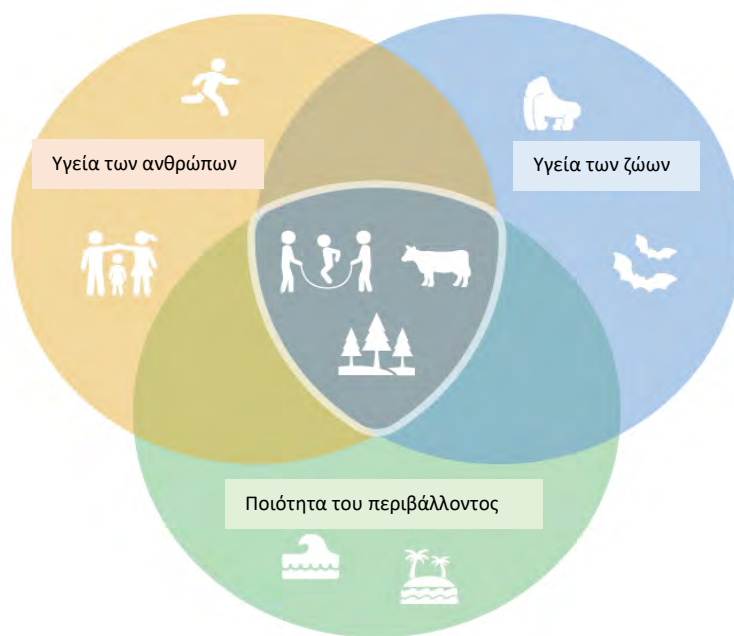
Εικόνα 1: Αλυσίδα παραγωγής, επεξεργασίας, διανομής και διάθεσης προϊόντων κρέατος (Ali & Alsayeqh, 2022).

Δεδομένης της αυξανόμενης ζήτησης για κρέας πουλερικών σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, η βιομηχανία πουλερικών θα κινηθεί προς εντατικότερες εμπορικές δραστηριότητες τις επόμενες δεκαετίες. Η τεχνολογική ανάπτυξη στον κλάδο των πουλερικών θα εδραιωθεί ως βασικός μοχλός για την επιτυχία των επιχειρήσεων εμπορίας τους και για την κάλυψη των αναγκών της κοινωνίας (EFSA, 2021).

Αυτές οι τεχνολογίες θα πρέπει επίσης να βελτιώσουν την ικανότητα της βιομηχανίας να χειρίζεται σωστά την αυξανόμενη ποσότητα ζωικών απορριμμάτων, όπως τα απορρίμματα πουλερικών, καθώς μπορεί να αποτελέσουν όχημα για τη διάδοση τοξικών προϊόντων, βιοκτόνων, μεταβολιτών, παθογόνων μικροοργανισμών και γονιδίων ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά στο περιβάλλον. Η μόλυνση του εδάφους και

των πηγών νερού, όπως τα ποτάμια και τα υπόγεια και παράκτια ύδατα, μπορεί να έχει βαθύ και άμεσο αντίκτυπο στην περιβαλλοντική ποιότητα, ειδικά σε χώρες με κακές συνθήκες υγιεινής. Σε αυτό το πεδίο, η τεχνολογική ανάπτυξη της βιομηχανίας πουλερικών θα πρέπει να ενσωματώσει ολοκληρωμένες πρωτοβουλίες Περιβαλλοντικής και Κοινωνικής Διακυβέρνησης για αύξηση της απόδοσης και της βιωσιμότητας (WHO Europe, 2022). Οι παράμετροι αυτές αποτυπώνονται στην προσέγγιση για την Ενιαία Υγεία (One Health approach), η οποία περιγράφεται στην Εικόνα 2 και έχουν επεκταθεί και στον τομέα της πτηνοτροφίας (Souza, et al., 2022).

Στην αλυσίδα παραγωγής και εμπορίας προϊόντων από πουλερικά, όπως περιγράφηκε στην Εικόνα 1, οι κυριότεροι κίνδυνοι εμφάνισης και μετάδοσης μικροοργανισμών αφορούν τα μολυσμένα ζώα, τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και συσκευασίας, καθώς και τις συνθήκες αποθήκευσης, για παράδειγμα η θερμοκρασία αποθήκευσης και η μακροχρόνια αποθήκευση τροφίμων (Dimitrakopoulou & Vantarakis, 2022). Η παρουσία μεγάλης ποικιλίας μικροοργανισμών ελέγχεται σε πολλά ζώα παραγωγής τροφίμων λόγω της σημασίας τους για τη δημόσια υγεία, μεταξύ άλλων στα κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής και στις όρνιθες ωοπαραγωγής.



Εικόνα 2: Βασικά χαρακτηριστικά της προσέγγισης για την Ενιαία Υγεία (WHO Europe, 2022)

Τα παθογόνα βακτήρια που είναι πιο διαδεδομένα σε αυτόν τον κλάδο και συνδέονται με την ανθεκτικότητα στα αντιμικροβιακά φάρμακα, περιλαμβάνουν τα *Salmonella enterica*, *Campylobacter* spp. (ειδικά *C. jejuni*), *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp. και το ανθεκτικό στη μεθικιλίνη στέλεχος του *Staphylococcus aureus* (Abreu, et al., 2023; Gonçalves-Tenório, et al., 2018; Wang, et al., 2023). Μελέτες επίσης αναφέρουν και κινδύνους από την παγκόσμια εξάπλωση του *Clostridium difficile*, ειδικά όταν διατίθενται στην αγορά κοτόπουλα με το δέρμα τους (Borji, et al., 2023).

Αναφορές επίσης έχουν γίνει για τον προσδιορισμό των ειδών *Listeria monocytogenes* και *Vibrio* spp. σε πουλερικά, καθώς και παράσιτων όπως για παράδειγμα *Toxoplasma gondii*, *Trichinella* spp. *Cryptosporidium* spp. και *Giardia duodenalis* (Dimitrakopoulou & Vantarakis, 2022). Σε χώρες στις οποίες τα μέτρα υγιεινής και προστασίας δεν εφαρμόζονται πολύ εντατικά, στην βιβλιογραφία αναφέρονται και

πολλές ακόμα βακτηριακές, ιικές και άλλες μολύνσεις που οδηγούν σε πολύ σοβαρές ασθένειες (Serbessa, et al., 2023).

Οι μικροοργανισμοί αυτοί, μπορούν να εισέλθουν στο εσωτερικό του εντέρου ενός πτηνού από διάφορες διαδρομές, όπως η τροφή, το νερό, η επαφή με εκκρίσεις και απορρίμματα, από παράσιτα (συμπεριλαμβανομένων των σκαθαριών), από τρωκτικά, τον περιβάλλοντα χώρο (άγρια πτηνά) και αποικίζουν το γαστρεντερικό σωλήνα του πτηνού. Μόλις συμβεί ο αποικισμός στο έντερο του πτηνού οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορούν είτε να εξαπλωθούν και να μεταδοθούν σε άλλα ζώα, είτε τελικά να επιμολύνουν το κρέας πουλερικών λόγω διασταυρούμενης επιμόλυνσης σε πολλαπλά στάδια της επεξεργασίας τους. Η μόνη δυνατότητα να μειωθεί ο κίνδυνος από αυτά τα παθογόνα που μεταδίδονται με τα τρόφιμα, είναι να μειωθεί ο πληθυσμός τους, είτε στην επιφάνεια του σώματος του πτηνού, είτε/και στο έντερο του (Wang, et al., 2023). Και αυτό όμως παρουσιάζει δυσκολίες λόγω της εμφάνισης μικροοργανισμών που εμφανίζουν ανθεκτικότητα σε αντιμικροβιακές ουσίες.

1.1.2. Η επιστημονική έρευνα στη μετάδοση λοιμώξεων από πουλερικά

Κατά τη διάρκεια της περασμένης δεκαετίας, δημοσιεύθηκαν αρκετές συστηματικές ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας που σχετίζονται με τον επιπολασμό και την συγκέντρωση συγκεκριμένων μικροοργανισμών στα πουλερικά λόγω του ενδιαφέροντος που υπάρχει για την ασφάλεια των τροφίμων. Κάποιες από αυτές αφορούν την παγκόσμια εξάπλωση των πιο συνηθισμένων μικροοργανισμών, όπως για παράδειγμα του ανθεκτικού στο αντιβιοτικό κολιστίνη στελέχους του βακτηρίου *Escherichia coli* (Bastidas-Caldes, et al., 2022) και του αναερόβιου βακτηρίου *Clostridium difficile*, τα ενδοσπόρια του οποίου ανιχνεύονται ακόμα και σε μαγειρεμένο

κοτόπουλο (Borji, et al., 2023). Άλλες, επικεντρώνονται στις συνθήκες κάτω από τις οποίες ένα παθογόνο βακτήριο αναπτύσσεται, όπως για παράδειγμα τα βακτήρια του γένους *Salmonella* (da Silva, et al., 2022), γενικά τον επιπολασμό κάποιου βακτηρίου, όπως για παράδειγμα του γένους *Listeria* στα τρόφιμα κάποιας χώρας (Hamidiyana, et al., 2018) ή τα εντεροτοξιγονικά στελέχη του *Staphylococcus* spp. (Freitas, et al., 2023).

Σε ό,τι αφορά τα πουλερικά, συστηματικές ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας εστιάζονται στην εξάπλωση των βακτηρίων του γένους *Salmonella*, καθώς το κρέας πουλερικών, αποτελεί την κύρια πηγή σαλμονέλλωσης στον άνθρωπο. Στην μελέτη τους οι Wang *et al.* (2023), προσπάθησαν να ποσοτικοποιήσουν τις πιθανές πηγές σαλμονέλας κατά τη συγκομιδή και τη σχετική συνεισφορά της στον μικροβιακό κίνδυνο του κρέατος πουλερικών, εξετάζοντας τη σχετική συμβολή διάφορων συνθηκών κατά την εκμετάλλευση κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής στη θετικότητα της σαλμονέλας. Σε μια άλλη συστηματική ανασκόπηση, επιχειρείται μια αξιολόγηση της κατανομής του επιπολασμού των βακτηρίων *Salmonella* spp., σε ωμό κρέας κοτόπουλου, ανάλογα με την επεξεργασία του σφαγείου και τη γεωγραφική περιοχή (Hessel, et al., 2022).

Μια άλλη συστηματική ανασκόπηση για το ίδιο γένος βακτηρίων, προσπάθησε να αξιολογήσει τον επιπολασμό και την επιδημιολογία της επιμόλυνσης από σαλμονέλα στο ωμό κρέας πουλερικών που διατίθεται στο λιανικό εμπόριο στην Κίνα (Sun, et al., 2021). Από την εξέταση της βιβλιογραφίας κατέληξαν ότι η σαλμονέλα ήταν πιο διαδεδομένη μεταξύ των δειγμάτων κοτόπουλου. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα ότι το παγωμένο κρέας πουλερικών μπορεί να είναι πιο πιθανό να βιώσει διασταυρούμενη επιμόλυνση από το μη διατηρημένο κρέας πουλερικών. Εν τω μεταξύ, απομονώσεις του βακτηρίου σε πουλερικά έδειξαν υψηλό επιπολασμό στελεχών που εμφάνιζαν κάποια ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά, γεγονός που αποτελεί απειλή για την ανθρώπινη υγεία.

Τα ποιοτικά δεδομένα από δειγματοληψίες δείχνουν ότι η ανίχνευση της σαλμονέλας εμφανίζεται στην πλειοψηφία των δημοσιευμένων μελετών για το λιανικό ωμό κρέας πουλερικών σε ολόκληρη την Κίνα. Η έλλειψη ποσοτικών δεδομένων όμως, σχετικά με τα επίπεδα επιμόλυνσης από σαλμονέλα στο κρέας πουλερικών έδειξε τη σημασία μελλοντικών μελετών, που θα επικεντρώνονται σε αυτό το θέμα και θα καθιστούν δυνατές μελέτες ποσοτικού προσδιορισμού μικροβιακής επικινδυνότητας.

Ένα ζήτημα που απασχολεί έντονα την επιστημονική κοινότητα είναι και η ολόένα μεγαλύτερη εξάπλωση μικροοργανισμών που εμφανίζουν κάποια ή πολλές ανθεκτικότητες στα αντιβιοτικά. Αυτά, συχνά ανιχνεύονται στα τρόφιμα και υπάρχουν αναφορές ότι η συγκέντρωσή τους είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε μερικές περιπτώσεις (Bastidas-Caldes, et al., 2022; Souza, et al., 2022; Zelalem, et al., 2019). Τα συμβατικά αντιβιοτικά έχουν χρησιμοποιηθεί στην κτηνοτροφική παραγωγή, συμπεριλαμβανομένης της πτηνοτροφίας, ως προληπτικό μέτρο κατά ή για τη θεραπεία μολυσματικών βακτηριακών λοιμώξεων. Δυστυχώς, η χρήση και ιδιαίτερα η κακή χρήση αυτών των φαρμάκων οδήγησε στην ανάπτυξη και διάδοση της ανθεκτικότητας σε αυτά, η οποία σήμερα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τη δημόσια υγεία. Βακτήρια με πολλαπλές ανθεκτικότητες αυξάνονται και ευθύνονται για σοβαρές λοιμώξεις σε ανθρώπους και ζώα (OECD/FAO, 2020).

Το φαινόμενο αυτό έχει καταγραφεί και σε προϊόντα πουλερικών. Σε μια συστηματική ανασκόπηση που εξέτασε το συγκεκριμένο ζήτημα (Abreu, et al., 2023), εξετάστηκαν οι συνέπειες της αντοχής στα αντιμικροβιακά φάρμακα στην παραγωγή πουλερικών, εστιάζοντας στις επιπτώσεις στην τρέχουσα κατάσταση αυτού του αγροοικονομικού τομέα. Η μελέτη, συγκέντρωσε και περιέγραψε, επίσης, νέες στρατηγικές βακτηριακού ελέγχου υπό διερεύνηση για εφαρμογή σε αυτόν τον κλάδο.

Αυτές οι καινοτόμες προσεγγίσεις περιλαμβάνουν αντιμικροβιακά πεπτίδια, βακτηριοφάγους, προβιοτικά και νανοσωματίδια, που αυξάνουν τις προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή αυτών των μεθόδων. Οι ερευνητές καταλήγουν ότι η εφαρμογή αυτών των μη συμβατικών αντιμικροβιακών, μπορεί να συμβάλει στη μείωση της χρήσης αντιμικροβιακών και της διάδοσης της ανθεκτικότητας σε αυτά. Ωστόσο, οι *in vivo* έρευνες σχετικά με τη βιομηχανία πουλερικών εξακολουθούν να είναι σπάνιες και θα πρέπει να υποστηριχθούν, για να επιβραδυνθεί η ανάπτυξη πολυανθεκτικών βακτηρίων σε αυτά τα περιβάλλοντα.

Ενώ λοιπόν φαίνεται ότι αρκετή δουλειά έχει γίνει στην ανασκόπηση ερευνών που αφορούν συγκεκριμένες περιπτώσεις μικροοργανισμών και συνθηκών, οι ανασκοπήσεις που συγκεντρώνουν την συνολική εξάπλωση, τον επιπολασμό και την συγκέντρωση μικροοργανισμών στα πουλερικά, είναι δυσεύρετες. Μια τέτοια συγκεντρωτική μελέτη, επιχείρησε να διερευνήσει και να συνοψίσει τα επίπεδα επιπολασμού των *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* και *Campylobacter* spp. στο κρέας πουλερικών που διατίθεται στο εμπόριο στην Ευρώπη (Gonçalves-Tenório, et al., 2018).

Τα αποτελέσματα της ανασκόπησης έδειξαν ότι, παρά τις διαφορές στον επιπολασμό που ανέφεραν οι έρευνες που ανασκοπήθηκαν, όλα τα παθογόνα βρέθηκαν στο κρέας κοτόπουλου και άλλων πουλερικών, τόσο στο στάδιο της τελικής επεξεργασίας όσο και στο επίπεδο λιανικής, σε συσκευασμένα και μη συσκευασμένα προϊόντα και σε διάφορους τύπους τεμαχισμού κρέατος. Τα δεδομένα επιπολασμού σε προϊόντα συντήρησης, αποκάλυψαν επίσης ότι η ψύξη και η κατάψυξη μπορούν να μειώσουν τον πολλαπλασιασμό των παθογόνων, αλλά ενδέχεται να μην είναι σε θέση να αδρανοποιήσουν. Τα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης που ακολούθησαν οι

ερευνητές, υπογραμμίζουν ότι απαιτούνται περαιτέρω στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου για τη μείωση της συχνότητας εμφάνισης παθογόνων στο κρέας πουλερικών σε ολόκληρη την τροφική αλυσίδα σε όλη την Ευρώπη, ιδιαίτερα για το *S. aureus* και το *Campylobacter* spp.. Απαραίτητο εργαλείο αυτών των στρατηγικών αποτελεί η συνεχής καταγραφή και παρακολούθηση των ερευνητικών δεδομένων σχετικά με αυτό το θέμα.

Η διαδικασία παραγωγής πουλερικών έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές τα τελευταία χρόνια, ως αποτέλεσμα της νέας στρατηγικής που έχουν θέσει οι διεθνείς οργανισμοί για την δημόσια υγεία (EFSA, 2021; FAO, 2020; OECD/FAO, 2020; WHO, 2022). Για παράδειγμα η αύξηση της αγοράς προϊόντων που προέρχεται από πτηνά που εκτράφηκαν χωρίς αντιβιοτικά, απαιτεί από τους παραγωγούς να μειώσουν ή/και να εξαλείψουν τη συμπερίληψη υποθεραπευτικών επιπέδων αντιβιοτικών, ασκώντας πίεση στο σύστημα παραγωγής για την εξεύρεση εναλλακτικών μεθόδων ελέγχου των μικροοργανισμών στο μικροβίωμα του εντέρου των πτηνών κατά την παραγωγή. Αυτές οι αλλαγές περιλαμβάνουν βελτιώσεις στις πρακτικές διαχείρισης, όπως μέτρα βιοασφάλειας και υγιεινής στα αγροκτήματα παραγωγής, διαχείριση απορριμμάτων, χρήση διατροφικών στρατηγικών που περιλαμβάνουν οργανικά οξέα, βότανα, βακτηριοσίνες, βακτηριοφάγους, νέες ενώσεις και πρόσθετα ζωοτροφών, πρε- και προβιοτικά προϊόντα, ανοσοποίηση μέσω του στόματος ή εμβολιασμούς και άλλα.

Αυτές οι μεγάλες και διαρκείς αλλαγές που συμβαίνουν στην βιομηχανία παραγωγής προϊόντων από πουλερικά καθιστά απαραίτητη τη συνεχή καταγραφή και παρακολούθηση των εξελίξεων στην επιστημονική έρευνα. Οι πηγές και η σχετική συμβολή τους στον επιπολασμό και τις συγκεντρώσεις αυτών των τροφιμογενών παθογόνων στα προϊόντα πτηνοτροφίας, στοχεύουν στην διαμόρφωση των βέλτιστων στρατηγικών παρέμβασης (Wang, et al., 2023).

1.2. Σκοπός και στόχοι

Στο πλαίσιο αυτό που περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συστηματική ανασκόπηση της σύγχρονης βιβλιογραφίας για τον επιπολασμό και την συγκέντρωση μικροοργανισμών στα πουλερικά και τα προϊόντα τους, ώστε να εντοπιστούν τα νεότερα ερευνητικά δεδομένα κάτω από τις νέες συνθήκες διαχείρισης της παραγωγής. Η ανασκόπηση αυτή δε σκοπεύει στην παροχή μιας ολοκληρωμένης ανάλυσης, αλλά στον εντοπισμό και την παρουσίαση νέων στοιχείων από καλά σχεδιασμένες πρωτογενείς έρευνες σχετικές με το θέμα.

Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός τίθενται οι ακόλουθοι επιμέρους στόχοι:

- Να συνοψίσει τα υπάρχοντα στοιχεία σχετικά με την ανίχνευση και τον επιπολασμό των κυριότερων παθογόνων μικροοργανισμών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως παράσιτα του δέρματος ή του εντέρου των πουλερικών.
- Να εντοπίσει έρευνες που μελετούν συγκεκριμένα παθογόνα που δεν ανήκουν στα κοινά γένη μικροοργανισμών που έχουν μελετηθεί διεξοδικά και να αποτυπώσει τους κινδύνους από την εμφάνισή τους.
- Να συγκρίνει και να αξιολογήσει τα δημοσιευμένα στοιχεία σχετικά με την εφαρμογή των νέων στρατηγικών παραγωγής και διάθεσης, υπό το πρίσμα της παρέμβασης για την Ενιαία Υγεία (One Health approach) που προτείνεται για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων.

Με βάση τον σκοπό και τους επιμέρους στόχους, η προτεινόμενη συστηματική ανασκόπηση συγκέντρωσε επιστημονικά στοιχεία τεκμηριωμένα από πρωτογενείς έρευνες, που αναφέρονται στον προσδιορισμό, την συγκέντρωση και την εξάπλωση των παθογόνων μικροοργανισμών, τόσο στα ίδια τα πτηνά, όσο και σε προϊόντα που προέρχονται από αυτά. Με την κατανόηση και χαρτογράφηση τους έγινε μια προσπάθεια

σύνθεσης και ταξινόμησης των πληροφοριών αυτών και έγινε μια προσπάθεια για την εξαγωγή συμπερασμάτων για μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας με βάση τις νέες στρατηγικές. Πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια για την κριτική αποτίμηση και αξιολόγησή τους, ώστε να εξεταστεί εάν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται μπορεί να έχουν μια πιο συνολική και γενικευμένη εφαρμογή και με τον τρόπο αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα για μια πιο αναλυτική διερεύνηση της πτυχής τους.

Επίσης, η προτεινόμενη συστηματική ανασκόπηση, προσπαθεί να συγκρίνει, να συνθέσει και να ταξινομήσει τις τρέχουσες πληροφορίες σχετικά με την εξάπλωση των παθογόνων μικροοργανισμών σε μονάδες που λειτουργούν με την σύγχρονη αντίληψη παραγωγής και να συγκρίνει αυτές τις παρεμβάσεις με την παραδοσιακή αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων, όπως παρουσιάζεται στις σχετικές έρευνες. Έτσι, μέσω της εκπλήρωσης των στόχων αυτών, η παρούσα επισκόπηση δίνει κάποιες ενδείξεις για περιπτώσεις που η μέθοδος αυτή υπερέχει και για περιπτώσεις που απαιτείται η συνδυαστική της εφαρμογή με την κλασική αντιμετώπιση ή περιπτώσεις στις οποίες θα πρέπει να αποφεύγεται.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία είναι η συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, σύμφωνα με την αναθεωρημένη μεθοδολογία PRISMA 2020 (Page, et al., 2021). Σύμφωνα με την Αμερικανική Ακαδημία Ιατρικής, η συστηματική ανασκόπηση είναι «μια επιστημονική έρευνα που εστιάζει σε ένα συγκεκριμένο ερώτημα και χρησιμοποιεί σαφείς, προκαθορισμένες επιστημονικές μεθόδους για τον εντοπισμό, την επιλογή, την αξιολόγηση και τη σύνοψη των ευρημάτων παρόμοιων αλλά ξεχωριστών μελετών». Οι συστηματικές ανασκοπήσεις (Systematic Reviews - SR) είναι μια τεκμηριωμένη πρακτική απάντησης σε κλινικές ερωτήσεις χρησιμοποιώντας μια διαφανή και ποσοτική προσέγγιση. Κατά τη διάρκειά της πρέπει να συγκεντρωθούν όσο το δυνατόν περισσότερες υποψήφιες δημοσιεύσεις, να προσδιοριστούν αυτές που είναι πιο σχετικές με το ερώτημα και να ενσωματωθούν τα αποτελέσματά τους (Lu, et al., 2020).

2.1. Περιγραφή της στρατηγικής αναζήτησης

Για να επιτύχει η αναζήτηση στις βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων, είναι απαραίτητο να διατυπωθούν οι κατάλληλοι όροι αναζήτησης που θα περιγράφουν όλες τις κρίσιμες έννοιες που περιέχονται στο ερευνητικό ερώτημα. Σύμφωνα με τον σκοπό και τους στόχους που τέθηκαν δημιουργήθηκαν οι λέξεις ευρετηριασμού που χρησιμοποιήθηκαν στην αναζήτηση και στη συνέχεια, εφαρμόστηκαν τα κατάλληλα φίλτρα, ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη ανάλυση για τις υπό εξέταση παραμέτρους. Έτσι, για την αναζήτηση στις βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί το ερευνητικό ερώτημα (query) που θα περιλαμβάνει τις λέξεις κλειδιά που καταγράφονται στον Πίνακα 1 και τους συνδυασμούς τους.

Πίνακας 1: Στρατηγική αναζήτησης και λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των μελετών που διερευνούν την ύπαρξη και εξάπλωση παθογόνων μικροοργανισμών στα πουλερικά.

Σκοπός	Λέξεις κλειδιά
Διερεύνηση αναφορών που σχετίζονται με τον εντοπισμό παθογόνων μικροοργανισμών	“pathogenic microbes”, “pathogenic bacteria”, “food borne pathogens”, “germs”, “resistant bacteria”
Διερεύνηση αναφορών που σχετίζονται με την εξάπλωση των μικροοργανισμών	“microbe prevalence”, “microbe detection”, “microbe occurrence”, “contamination”, “microbe inspection”, “microbe concentration”
Διερεύνηση αναφορών ανάλογα με το είδος των προϊόντων πουλερικών που ανιχνεύτηκαν	“poultry products”, “chicken products”, “turkey products”, “duck”, “goose”, “swan”
Διερεύνηση αναφορών ανάλογα με το είδος της μελέτης	“research study”, “original research”, “primary research”, “prevalence studies”, “occurrence studies”

Οι λέξεις αυτές επιλέχθηκαν για την αναζήτηση επιστημονικών μελετών σε τέσσερις τομείς. Ο πρώτος περιλαμβάνει όρους που οδηγούν στην ανίχνευση και στον εντοπισμό όλων των μελετών που διερευνούν παθογόνους μικροοργανισμούς όπως, “pathogenic microbes”, “pathogenic bacteria”, “food borne pathogens”, “germs” και “resistant bacteria”. Ο δεύτερος περιλαμβάνει λέξεις για την αναζήτηση μελετών σχετικά με την εξάπλωση και την ποσότητα των μικροοργανισμών, όπως “microbe prevalence”, “microbe detection”, “microbe occurrence”, “contamination”, “microbe inspection”, “microbe concentration”, οι οποίες θα συνδυαστούν με τις πρώτες. Ο τρίτος τομέας αναφέρεται στην αναζήτηση μελετών που εξετάζουν το είδος των προϊόντων πουλερικών που αναζητήθηκαν, “poultry products”, “chicken products”, “turkey products”, “duck”, “goose”, “swan”. Τέλος, ο τέταρτος αφορά το είδος της μελέτης και περιλαμβάνει τους

όρους “research study”, “original research”, “primary research”, “prevalence studies” και “occurrence studies”. Όλοι οι όροι συνδυάστηκαν εφαρμόζοντας τις λογικές συνδέσεις OR και AND.

Για την αναζήτηση της βιβλιογραφίας επιλέχθηκαν τρεις βάσεις δεδομένων επιστημονικών μελετών στις οποίες αναζητήθηκαν οι μελέτες που αξιοποιήθηκαν στην ανασκόπηση: η PubMed, η EBSCO και η Scopus σε συνδυασμό με τις δυνατότητες αναζήτησης που προσφέρει μέσω της πλατφόρμας Science Direct. Ο κύριος λόγος της επιλογής τους είναι ότι περιέχουν πλήθος ερευνητικών αναφορών στον τομέα ενδιαφέροντος, καθώς και διατίθενται δωρεάν και δίνουν την δυνατότητα ανάκτησης του πλήρους κειμένου σε πολλές μελέτες. Παράλληλα, αναζητήθηκαν συγκεκριμένες μελέτες που εντοπίστηκαν σε παραπομπές από άλλες ανασκοπήσεις που εξετάστηκαν για το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας και από οργανισμούς όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO).

2.2. Κριτήρια εισόδου – αποκλεισμού μελετών

Οι μελέτες που επιλέχθηκαν για να ενταχθούν στην ανασκόπηση ήταν πρωτότυπα άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά, που περιγράφουν πρωτογενείς έρευνες κατά τις οποίες εξετάστηκε ο επιπολασμός και/ή η συγκέντρωση παθογόνων βακτηρίων σε πουλερικά και προϊόντα τους. Τα άρθρα που προκρίθηκαν είχαν δημοσιευτεί την τελευταία πενταετία (2019 – 2023), είναι γραμμένα στην αγγλική γλώσσα και επιδεικνύουν πειραματικό ή επιδημιολογικό σχεδιασμό διερεύνησης. Επίσης, η έρευνα που περιγράφουν εφαρμόστηκε σε πτηνά που εκτρέφονται σε πραγματικές συνθήκες και όχι σε πειραματικές συνθήκες στο εργαστήριο και ήταν διαθέσιμο το πλήρες κείμενο του άρθρου για ανάκτηση. Ως προς τα στατιστικά τους στοιχεία, συμπεριλήφθηκαν μελέτες

που αναφέρουν τον μέσο όρο των αποτελεσμάτων που μετρήθηκαν στην έναρξη και στο τέλος της παρακολούθησης ή τη διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων, την αντίστοιχη τυπική απόκλιση (SD) και τον πληθυσμό των μικροοργανισμών σε κάθε δείγμα που εξετάστηκε. Έγινε, τέλος, μια προσπάθεια να εντοπιστούν μελέτες, στις οποίες ανιχνεύονται και περιγράφονται παθογόνα που δεν είναι συνηθισμένα σε πουλερικά.

Αντίθετα, μελέτες που αποκλείστηκαν από την ανασκόπηση, αποτελούσαν έρευνες που το θέμα τους δεν ήταν σχετικό, όπως μελέτες που επικεντρώνονται στη μέθοδο ανίχνευσης, την προγνωστική μοντελοποίηση ή την τεχνολογία των αναλύσεων. Καθώς η προτεινόμενη συστηματική ανασκόπηση επικεντρώνεται μόνο σε πρωτογενείς έρευνες, δεν περιλαμβάνει άλλες συστηματικές ανασκοπήσεις, μελέτες μετα-ανάλυσης και περιλήψεις συνεδρίων. Επιπλέον, εξαιρέθηκαν έρευνες στις οποίες τα δείγματα πουλερικών δεν ήταν σαφώς προσδιορισμένα (εάν για παράδειγμα τα πουλερικά ήταν εισαγόμενα ή άγνωστης προέλευσης), εάν αναφέρθηκαν ελλιπή στοιχεία για τον επιπολασμό και τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών στα πουλερικά, εάν αφορούν ζωοτροφές, εάν πριν τον έλεγχο τα προϊόντα εμβολιάστηκαν τεχνητά με μικροοργανισμούς και εάν το μέγεθος του δείγματος ήταν μικρότερο από 50. Τα κριτήρια αυτά συνοπτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Κύρια κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού των μελετών στη συστηματική ανασκόπηση.

Κριτήρια Εισόδου	Κριτήρια αποκλεισμού
Πρωτότυπα άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά, που περιγράφουν πρωτογενείς έρευνες	Μελέτες που επικεντρώνονται στη μέθοδο ανίχνευσης, την προγνωστική μοντελοποίηση ή την τεχνολογία των αναλύσεων
Να έχουν δημοσιευτεί την τελευταία πενταετία (2019 – 2023), είναι γραμμένα στην αγγλική γλώσσα και επιδεικνύουν πειραματικό ή επιδημιολογικό σχεδιασμό διερεύνησης	Συστηματικές ανασκοπήσεις, μελέτες μετα-ανάλυσης και περιλήψεις συνεδρίων
Η έρευνα να εφαρμόστηκε σε πτηνά που εκτρέφονται σε πραγματικές συνθήκες και όχι σε πειραματικές συνθήκες στο εργαστήριο	Όταν τα δείγματα πουλερικών δεν ήταν σαφώς προσδιορισμένα (εάν για παράδειγμα τα πουλερικά ήταν εισαγόμενα ή άγνωστης προέλευσης)
Να ήταν διαθέσιμο το πλήρες κείμενο του άρθρου για ανάκτηση	Εάν πριν τον έλεγχο τα προϊόντα εμβολιάστηκαν τεχνητά με μικροοργανισμούς και εάν το μέγεθος του δείγματος ήταν μικρότερο από 50

2.3. Αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας

Η αξιολόγηση κινδύνου μεροληψίας είναι βασικό στοιχείο της ροής εργασιών μιας συστηματικής ανασκόπησης και απαραίτητο συστατικό της μεθοδολογίας της (Page, et al., 2021). Στην διαδικασία αυτή συχνά αντιμετωπίζονται προβλήματα για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του κινδύνου μεροληψίας. Για τον λόγο αυτό στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκε το ψηφιακό εργαλείο robvis, ένα πακέτο R ανοιχτού κώδικα και μια εφαρμογή ιστού Shiny που δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να ποσοτικοποιήσει την αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας ώστε να μπορέσει να την αναπαραστήσει οπτικά. Η εφαρμογή παράγει μια παράσταση «φαναριού» με τη μορφή πίνακα, η οποία καταγράφει την κρίση για κάθε μελέτη σε κάθε τομέα. Για μεγαλύτερο

αριθμό μελετών, όταν ένας τέτοιος πίνακας καθίσταται μη διαχειρίσιμος, μια δημοφιλής εναλλακτική είναι μια σταθμισμένη γραφική παράσταση ράβδων, η οποία δείχνει την αναλογία πληροφοριών με κάθε κρίση για κάθε τομέα (McGuinness & Higgins, 2021).

Για την αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας της εσωτερικής εγκυρότητας των μελετών που περιλαμβάνονται στη συστηματική ανασκόπηση, ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που προτείνεται από την έκδοση 2 του εργαλείου Cochrane risk-of-bias για τυχαιοποιημένες δοκιμές (RoB 2). Το χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι ότι αξιολογεί πέντε συγκεκριμένους τομείς μεροληψίας κατασκευάζοντας μια λίστα ελέγχου ή ποσοτική βαθμολογία (Sterne, et al., 2019).

Ο πρώτος τομέας (**D1**) αξιολογεί την μεροληψία που προκύπτει από τη διαδικασία επιλογής δείγματος με βάση τα χαρακτηριστικά των ομάδων που επιλέχθηκαν. Αυτό σημαίνει τον έλεγχο των εργασιών για το εάν επιτρέπουν συστηματικά διαφορές μεταξύ τους. Ο τομέας **D2** αξιολογεί την μεροληψία ανίχνευσης λόγω αποκλίσεων, την διερεύνηση περιπτώσεων στις οποίες οι ερευνητές γνωρίζουν ότι υπάρχει μόλυνση πριν διεξάγουν την έρευνά τους ή αξιολογούν τα αποτελέσματά τους μέσα από κάποια στόχευση. Ο τομέας **D3** περιλαμβάνει την αξιολόγηση της μεροληψίας τριβής λόγω ελλιπών δεδομένων αποτελέσματος, μέσα από τη διερεύνηση των δειγματοληψιών που έχουν επιλέξει οι ερευνητές και τους τρόπους συλλογής δειγμάτων από κάθε θέση. Ο τομέας **D4** αναφέρεται στη μεροληψία κατά τη μέτρηση του αποτελέσματος, μια εκτίμηση για το κατά πόσο οι ερευνητές έχουν επηρεαστεί από τη γνώση τους για το είδος της ανάλυσης που έκαναν, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων που σχετίζονται με την παθητική ανίχνευση των αποτελεσμάτων. Τέλος, στον τομέα **D5** εκτιμάται η μεροληψία στην επιλογή του αναφερόμενου αποτελέσματος, που εμφανίζεται όταν

υπάρχει επιλεκτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων (McGuinness & Higgins, 2020; Sterne, et al., 2019).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Επιλογή των μελετών

Από την πρώτη αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων εντοπίστηκε πληθώρα μελετών που συνδύαζαν τις ζητούμενες λέξεις ευρετηριασμού ξεχωριστά. Για την εφαρμογή των κριτηρίων εφαρμόστηκαν τα αυτοματοποιημένα φίλτρα που προσφέρουν οι βάσεις δεδομένων. Επιπλέον, επειδή διαπιστώθηκε ότι στα αποτελέσματα συμπεριλαμβάνονταν έρευνες που αφορούσαν την μικροχλωρίδα των πτηνών, ήταν μελέτες περίπτωσης ή αποτελούσαν έρευνες ζώων που διατηρούνταν σε τεχνητές συνθήκες, δημιουργήθηκαν επιπλέον απορριπτικές προτάσεις χρησιμοποιώντας τον λογικό τελεστή NOT. Αυτές εφαρμόστηκαν κυρίως στην βάση δεδομένων EBSCO. Όταν εφαρμόστηκαν όμως σε συνδυασμό μεταξύ τους, όλοι οι όροι που αναζητήθηκαν, συνδεδεμένοι με τους τελεστές OR και AND ο αριθμός των αναφορών περιορίστηκε σε 409. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκαν τα αυτοματοποιημένα φίλτρα που προσφέρουν οι εφαρμογές, με τα κριτήρια που τέθηκαν για την είσοδο των μελετών στην ανασκόπηση. Έτσι, αφαιρέθηκαν 297 αναφορές.

Τα κριτήρια που εφαρμόστηκαν αφορούσαν το χρονικό διάστημα δημοσίευσης των εργασιών (από το 2019 έως το 2023), να έχουν δημοσιευθεί στην αγγλική γλώσσα και να μπορεί να ανακτηθεί το πλήρες κείμενο της μελέτης. Σε ότι αφορά την μεθοδολογία της έρευνας και λόγω της διαθεσιμότητας των μελετών αποφασίστηκε να συμπεριληφθούν στην ανασκόπηση μόνο αυτές που αποτελούν πρωτογενείς έρευνες, οι οποίες μπορούν να προσθέσουν νέα δεδομένα. Από τις μελέτες αυτές οι 14 υπήρχαν σε δύο βάσεις δεδομένων και άλλες 5 και στις τρεις, οπότε αφαιρέθηκαν 24 συνολικά αναφορές.

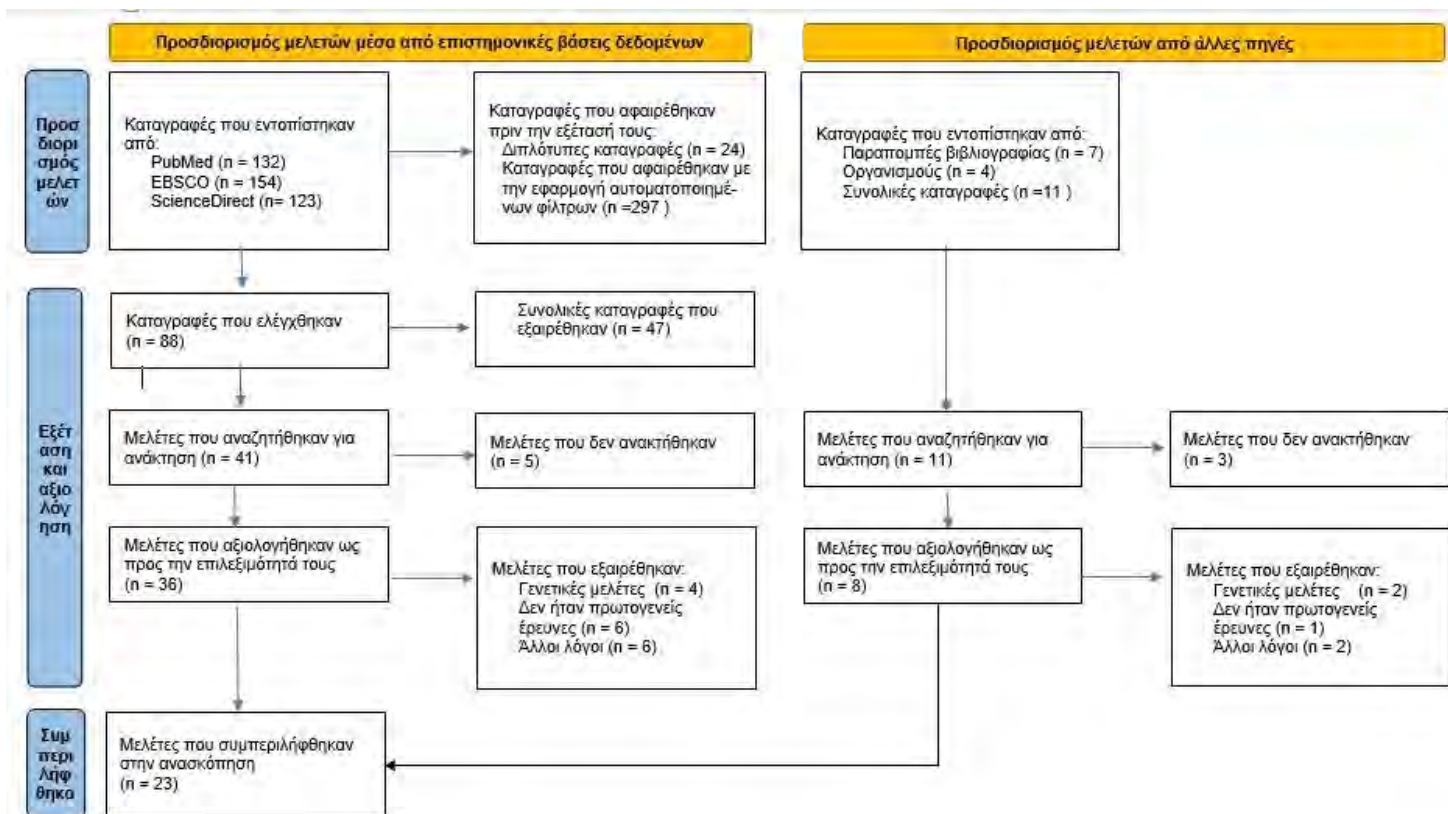
Παρέμειναν συνολικά 88 μελέτες, οι 39 από τις οποίες εντοπίστηκαν στην βάση PubMed, οι 26 στην EBSCO και οι 23 στην Science Direct (Πίν. 3). Οι αναφορές αυτές εξετάστηκαν με βάση τον τίτλο και την περίληψη της μελέτης. Από αυτές κάποιες εξαιρέθηκαν, καθώς αφορούσαν μελέτες περίπτωσης, αφορούσαν την ανάπτυξη πρωτοκόλλων αντιμετώπισης έκτακτων καταστάσεων ή αξιολόγηση νέων μεθόδων αντιμετώπισης. Άλλες, ανέπτυσαν ένα στοχαστικό μοντέλο ποσοτικής εκτίμησης μικροβιακού κινδύνου από το αγρόκτημα στον τελικό καταναλωτή. Συνολικά εξαιρέθηκαν 47 αναφορές που περιλάμβαναν αυτές τις περιπτώσεις.

Πίνακας 3: Στρατηγική αναζήτησης και λέξεις κλειδιά για τον προσδιορισμό των μελετών που διερευνούν τον επιπολασμό μικροοργανισμών στα πουλερικά, στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων PubMed, EBSCO και Science Direct.

	<i>Λέξεις κλειδιά</i>	<i>ΑΑ Αναζή- τησης</i>	<i>Αριθμός Μελετών PubMed</i>	<i>Αριθμός Μελετών EBSCO</i>	<i>Αριθμός Μελετών ScienceDirect</i>
<i>Εντοπισμός παθογόνων μικροοργανισμών</i>	“pathogenic microbes” OR “pathogenic bacteria” OR “foodborne pathogens” OR “germs” OR “resistant bacteria”	#1	33,368	274,412	96,201
<i>Εξάπλωση μικροοργανισμών</i>	“microbe prevalence” OR “microbe detection” OR “microbe occurrence” OR “contamination” OR “microbe inspection” OR “microbe concentration”	#2	3,034,378	1,260,884	1,000,000+
<i>Προϊόντα πουλερικών που ανιχνεύτηκαν</i>	“chicken” OR “broiler” OR “duck” OR “goose” OR “turkey” OR “swan” OR “poultry”	#3	500,282	867,816	154,102
<i>Τύπος μελέτης</i>	Document Type: ("Research Study" OR "Original Research" OR "Primary Research" OR "prevalence studies" OR "occurrence studies")	#4	10,145,226	1,285,308	978,471
#1 AND #2 AND #3 AND #4		#5	132	154	123
#5					
Filters: Research article; Free full text; Publication date from 2019/01/01 to 2023/04/10; English		#6	39	26	23

Έτσι, 41 μελέτες επιλέχθηκαν και αναζητήθηκαν για ανάκτηση. Όμως από αυτές οι 5 δεν κατέστη δυνατό να ανακτηθούν, καθώς ο οργανισμός που τις διαχειριζόταν απαιτούσε συνδρομή ή δεν ήταν διαθέσιμες για τεχνικούς λόγους. Επομένως, ανακτήθηκαν 36 μελέτες που εξετάστηκαν στο πλήρες τους κείμενο για τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (Πίν. 2). Παράλληλα, με την ίδια διαδικασία εξετάστηκαν και 11 μελέτες που εντοπίστηκαν στις εκθέσεις των διεθνών οργανισμών (WHO, EFSA, FAO), καθώς και στην βιβλιογραφία άλλων ανασκοπήσεων που αξιοποιήθηκαν στην εισαγωγή της εργασίας. Από αυτές, 8 ερευνητικές εργασίες εξετάστηκαν στο πλήρες κείμενό τους για τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Τελικά, εξετάστηκαν αναλυτικά στο πλήρες τους κείμενο 44 ερευνητικές εργασίες. Συγκεντρωτικά, η πορεία της αναζήτησης, της εισαγωγής και του αποκλεισμού των μελετών, παρουσιάζεται στο διάγραμμα ροής της Εικόνας 3.

Από την αναλυτική επεξεργασία διαπιστώθηκε ότι δεν μπορούσαν όλες να συμπεριληφθούν στην ανασκόπηση, καθώς προσέγγιζαν το ζήτημα από διαφορετική σκοπιά. Δεν συμπεριλήφθηκαν μελέτες λοιπόν, όταν είχαν ως στόχο την ποσοτική περιγραφή της συμπεριφοράς ανάπτυξης κάποιων μικροοργανισμών ή όταν εξέταζαν παθογόνους μικροοργανισμούς για τα πουλερικά, που όμως δεν είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο (π.χ. *Riemerella anatipestifer*). Την ίδια αντιμετώπιση έλαβαν μελέτες που αφορούσαν την πρόβλεψη των παραγόντων και των τεχνικών που μπορεί να αυξήσουν ή να μειώσουν τον επιπολασμό (για παράδειγμα αλλαγές στα συστήματα διαχείρισης), μεθόδους ταυτοποίησης στελεχών και οροτύπων μέσω τεχνικών ανάλυσης του γονιδιώματός τους, αξιολόγηση εναλλακτικών μέσων, π.χ. προβιοτικών και βακτηριοφάγων στον επιπολασμό κάποιων μικροοργανισμών. Τελικά αξιοποιήθηκαν 23 πρωτογενείς ερευνητικές εργασίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.



Εικόνα 3: Διάγραμμα ροής της αναζήτησης: Διάγραμμα ροής που παρουσιάζει τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την επιλογή των μελετών που θα συμπεριληφθούν στην ανασκόπηση. Από: (Page, et al., 2021).

Πίνακας 4: Ερευνητικές μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση, η προέλευσή τους και συνοπτική περιγραφή του σκοπού τους.

A/A	Αναφορά	Χώρα	Χρονικό διάστημα δειγματοληψίας	Είδος δείγματος	Παθογόνος μικροοργανισμός	Περιγραφή	Συνολικός επιπολασμός (P), συγκέντρωση θετικών δειγμάτων (C)
1	(Li, et al., 2020)	Κίνα	2013-2014	Αυγά πουλερικών	<i>Salmonella</i> spp.	Προσδιορισμός του επιπολασμού και των διαφορετικών οροτύπων <i>Salmonella</i> spp. σε αυγά πουλερικών από αγρόκτημα και καταστήματα λιανικής πώλησης	P=5,6%
2	(Miller, et al., 2020)	Η.Π.Α.	2017-2019	Προϊόντα γαλοπούλας	<i>Salmonella enterica</i> ορότυπος Reading	Προσδιορισμός της εμφάνισης, της γενετικής ταυτοποίησης και της φυλογενετικής θέσης ενός νέου ιδιαίτερα παθογόνου ορότυπου <i>Salmonella enterica</i>	69,1% των δειγμάτων είχαν το επικίνδυνο στέλεχος
3	(Navarro-Gonzalez, et al., 2020)	Η.Π.Α.	2015-2016	Περιττώματα, στοματικά επιχρίσματα και επιχρίσματα ποδιών/φτερών από άγρια πτηνά	<i>Salmonella</i> spp. <i>Escherichia coli</i> O157:H7 <i>E. coli</i> (STEC)	Ανίχνευση τριών τύπων παθογόνων βακτηρίων σε άγρια πτηνά που ενδημούν κοντά σε αγροτική περιοχή, όπου εκτρέφονται ζώα	P=13,3%
4	(Neogi, et al., 2020)	Μπαγκλαντές	2015-2016	Κρέας και ήπαρ, επιχρίσματα εντέρου και το περιβάλλον πτηνοτροφείου - εκκολαπτηρίου	<i>Campylobacter</i> spp.	Ανίχνευση πολυανθεκτικών στελεχών <i>Campylobacter</i> spp. και υπολειμματικότητα αντιμικροβιακών φαρμάκων σε πτηνοτροφεία και αγορές ζωντανών πτηνών	P=31,70%
5	(Şanlıbaba, et al., 2020)	Τουρκία	2018	Κρέας από μπούτια και φτερούγες κοτόπουλων	<i>Listeria monocytogenes</i> και άλλα είδη του γένους <i>Listeria</i>	Προσδιορισμός του επιπολασμού ειδών του γένους <i>Listeria</i> spp., και ιδιαίτερα <i>L. monocytogenes</i> , σε δείγματα ωμού κρέατος κοτόπουλου που πωλούνται στην αγορά της Τουρκίας. Ταυτοποίηση των στελεχών με φαινοτυπικές και γονοτυπικές μεθόδους, και την αξιολόγηση της ανθεκτικότητάς	P=33,63%
6	(Abdullaeva, et al., 2021)	Ρωσία	2015-2019	Κρέας και άλλα εμπορικά προϊόντα από κοτόπουλο	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Προσδιορισμός του επιπολασμού και της συχνότητας, της εποχικότητας και του επιπέδου μικροβιακής μόλυνσης των βιομηχανικών προϊόντων πουλερικών, καθώς και εντοπισμός βιώσιμων αλλά μη ανιχνεύσιμων βακτηρίων	P=9,4% C=5 × 10 ⁵ ισοδύναμα
7	(Athanasakopoulou, et al., 2021)	Ελλάδα	2018-2020	Περιττώματα από κοτόπουλα και από άγρια πτηνά	<i>Escherichia coli</i>	Ανίχνευση ανθεκτικών σε αντιβιοτικά στελεχών <i>Escherichia coli</i> σε όρνιθες και άγρια πτηνά, καθώς και σε άλλα οικόσιτα ζώα	P=7,5%
8	(Belachew, et al., 2021)	Αιθιοπία	2019	Περιττώματα, δείγματα νερού, ζωοτροφών και από το παχύ έντερο ζώων που είχαν σφαχθεί	Διαφορετικά στελέχη <i>Salmonella enterica</i> με ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά	Προσδιορισμός του επιπολασμού και ανίχνευση ανθεκτικών στελεχών σαλμονέλας σε εφοδιαστικές αλυσίδες κρεατοπαραγωγής μικρού μεγέθους	P=24,30%

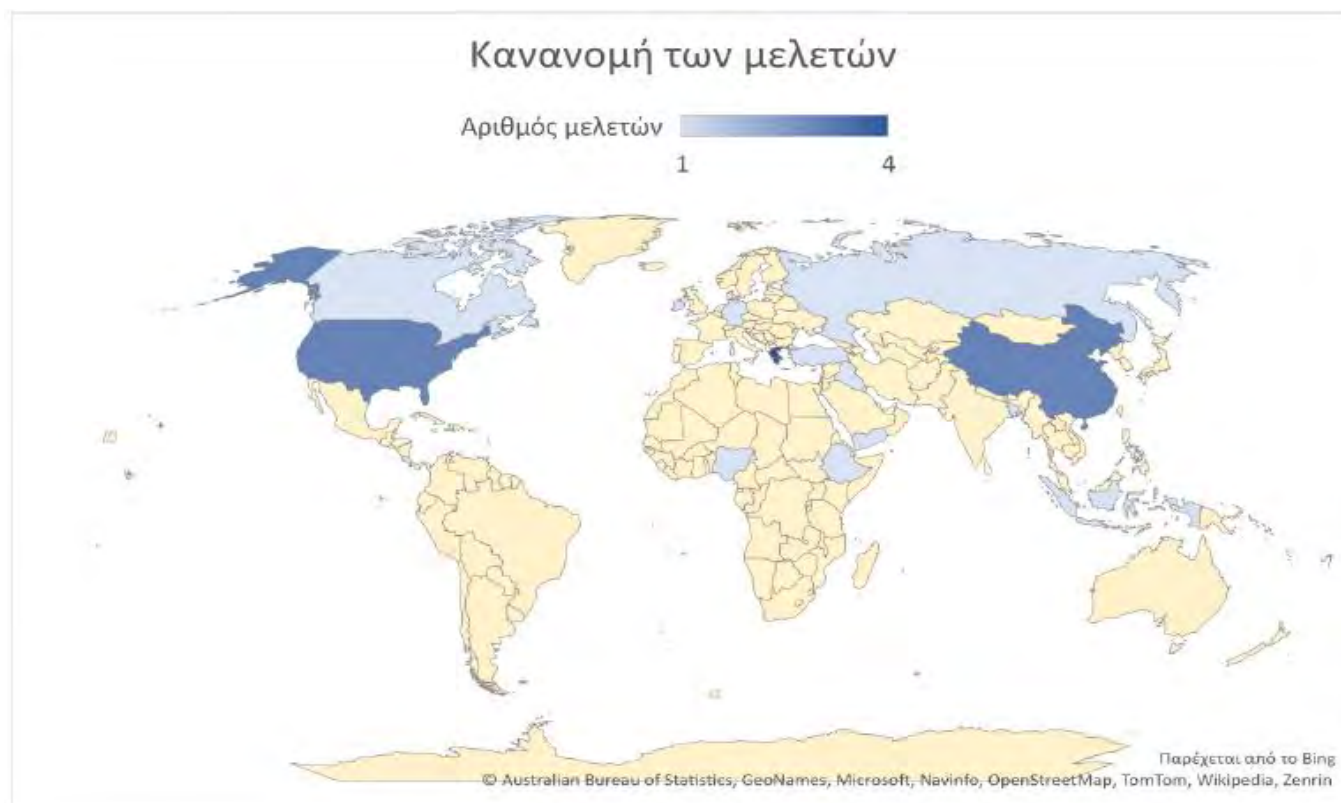
A/A	Αναφορά	Χώρα	Χρονικό διάστημα δειγματοληψίας	Είδος δείγματος	Παθογόνος μικροοργανισμός	Περιγραφή	Συνολικός επιπολασμός (P), συγκέντρωση θετικών δειγμάτων (C)
9	(BOUBENDIR, et al., 2021)	Καναδάς	2017	Ξεπλύματα από σφάγια σε πέντε κρίσιμα στάδια του σφαγείου ορνίθων	Διαφορετικοί ορότυποι <i>Salmonella enterica</i>	Εκτίμηση του εντοπισμού διαφορετικών ορότυπων <i>Salmonella</i> στις όρνιθες κρεατοπαραγωγής και στο περιβάλλον του σφαγείου	P=36,4%
10	(Emanowicz, et al., 2021)	Ιρλανδία	2018-2019	Τυφλό έντερο και κρέας από τον λαιμό των κοτόπουλων που σφάχθηκαν	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i> και άλλα είδη του ίδιου γένους που ομαδοποιήθηκαν	Υπολογισμός του επιπολασμού και της συγκέντρωσης ειδών <i>Campylobacter</i> στο τυφλό έντερο και στα σφάγια κατά τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής και η σχέση μεταξύ τους	P=66,67% C>2,9 ± 0,5 log ₁₀ CFU/g
11	(Lazo-Láscarez, et al., 2021)	Κόστα Ρίκα	2015	Δείγματα από παχύ έντερο κοτόπουλων στο πτηνοτροφείο, ξέπλυμα σφάγιων μετά την ψύξη και ξέπλυμα κοτόπουλου από κατάστημα	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i> και άλλα είδη του ίδιου γένους που ομαδοποιήθηκαν	Προσδιορισμός της συχνότητας και των προφίλ ανθεκτικότητας σε έξι αντιβιοτικά, καθώς και της γενετικής ποικιλογένειας στελεχών του γένους <i>Campylobacter</i> που απομονώθηκαν από κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής στην Κόστα Ρίκα	P=58,04%
12	(Natsos, et al., 2021)	Ελλάδα	2014-2015	Δείγματα από τυφλό έντερο κατά τον εκσπλαχνισμό στο σφαγείο και από λαιμό κοτόπουλων	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i> και άλλα είδη του ίδιου γένους που ομαδοποιήθηκαν	Διερεύνηση της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά και της μοριακής επιδημιολογίας στελεχών <i>Campylobacter</i> από ελληνικά κοπάδια που σφάχθηκαν σε τρία διαφορετικά σφαγεία της Ελλάδας	Απομόνωση 205 στελεχών
13	(Royden, et al., 2021)	Αγγλία	2017	Δείγματα κρέατος και συσκευασίας από κοτόπουλα που αγοράστηκαν από την αγορά Halal	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i> και άλλα είδη του ίδιου γένους που ομαδοποιήθηκαν	Προσδιορισμός του επιπολασμού και της συγκέντρωσης ειδών του γένους <i>Campylobacter</i> που ανιχνεύονται στο κρέας κοτόπουλου στην Αγγλία	P=65,4%
14	(Al-Asbahi, 2022)	Υεμένη	2022	Δείγματα επιδερμικού κρέατος από κόττες από την τοπική αγορά	<i>Citrobacter</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp., <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Shigella</i> spp., <i>E. coli</i> , <i>Proteus mirabilis</i> και <i>Salmonella</i> spp.	Προσδιορισμός του επιπολασμού και ανίχνευση Gram- αρνητικών ειδών μικροοργανισμών σε κρέας πουλερικών στην Υεμένη	P=93%
15	(Dunn, et al., 2022)	Η.Π.Α.	2017-2018	Δείγματα από στρωμή, σωρούς αποβλήτων που ζυμώνονταν για κομπόστ και από το δάπεδο των εκτροφείων	<i>Salmonella enterica</i> ορότυποι Kentucky, Enteritidis, Typhimurium και Newport	Προσδιορισμός του επιπολασμού, της ποικιλομορφίας και της συγκέντρωσης της <i>Salmonella</i> σε στρωμή πουλερικών που λαμβάνονται από φάρμες στις ΝΑ Η.Π.Α..	P=6,7% C>280,000 MPN/g
16	(Kalanjatia, et al., 2022)	Ινδονησία	2019	Δείγματα από διάφορα σημεία σφαγείων κοτόπουλων πριν την σφαγή τους	Εντεροβακτήρια <i>E. coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , και <i>Kluyvera</i> spp., με ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά (<i>ESBL/AmpC</i>)	Ανίχνευση και ταυτοποίηση εντεροβακτηρίων που παράγουν β-λακταμάσες (<i>ESBL/AmpC</i>) και εμφανίζουν ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά σε μεγάλα σφαγεία της Ινδονησίας	P=35,71%

A/A	Αναφορά	Χώρα	Χρονικό διάστημα δειγματοληψίας	Είδος δείγματος	Παθογόνος μικροοργανισμός	Περιγραφή	Συνολικός επιπολασμός (P), συγκέντρωση θετικών δειγμάτων (C)
17	(Kang, et al., 2022)	Κίνα	2019	Δείγματα από όλους τους κρίκους της αλυσίδας παραγωγής και εμπορίας πάπιας	Εννέα διαφορετικούς οροτύπους της <i>Salmonella enterica</i>	Διερεύνηση του επιπολασμού της σαλμονέλας στους πληθυσμούς πάπιας, προσδιορισμός της ανθεκτικότητάς τους στα αντιβιοτικά και ταυτοποίηση των σημαντικότερων οροτύπων	P=25,7%
18	(Reichelt, et al., 2022)	Γερμανία	2018-2020	Δείγματα από το εκτροφείο κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής από περιττώματα και επιφάνειες και το ευρύτερο περιβάλλον	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i> και άλλα είδη του ίδιου γένους που ομαδοποιήθηκαν	Διερεύνηση τριών εκμεταλλεύσεων κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής για 3 χρόνια. Εκτίμηση των επιπέδων μόλυνσης από βακτήρια του γένους <i>Campylobacter</i> , καθώς και την αλληλουχία ολόκληρου του γονιδιώματός τους.	P=17,8% C=0,6-5,2 log₁₀MPN/g
19	(Andreopoulou, et al., 2023)	Ελλάδα	2016-2017	Δείγματα αίματος από κοτόπουλα στο εκτροφείο και στο σφαγείο, όπου λήφθηκαν και οι καρδιές των ζώων. Δείγματα από στρωμένες	<i>Toxoplasma gondii</i>	Οροεπιδημιολογική έρευνα διαφορετικών τύπων εκτροφής κοτόπουλων (ελευθέρως βοσκής, βιολογικά και συμβατικά) για την αξιολόγηση του επιπολασμού των λοιμώξεων από <i>Toxoplasma gondii</i>	P=9,4% C=5 × 10⁵ ισοδύναμα
20	(Dermatas, et al., 2023)	Ελλάδα	2020	Δείγματα από δέρμα κοτόπουλου, θωρακικό μυ, ένα στυλεό της σπλαχνικής κοιλότητας και το συκώτι	18 είδη του γένους <i>Campylobacter</i> με ιδιαίτερη έμφαση στα <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Διερεύνηση του επιπολασμού βακτηρίων του γένους <i>Campylobacter</i> σε κοτόπουλα αγροτικών οικογενειών ελεύθερης βοσκής, καθώς και η πιθανή συσχέτιση του επιπολασμού με ορισμένους επιδημιολογικούς παράγοντες	P= 40,33% - 41,50% C=1,20 – 3,50 log CFU
21	(Jibril, et al., 2023)	Νιγηρία	2018	Δείγματα περιττωμάτων από νεοσσούς κοτόπουλων κατά την πρώτη ημέρα της ζωής τους	Δέκα τρεις διαφορετικούς οροτύπους της <i>Salmonella enterica</i>	Εκτίμηση του επιπολασμού της σαλμονέλας, προσδιορισμός ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά των στελεχών που ανιχνεύθηκαν σε νεοσσούς μιας ημέρας και προσδιορισμός της γενετικής συσχέτισης μεταξύ τους	P=10,7%
22	(Kanaan, 2023)	Ιράκ	2021-2022	Δείγματα κρέατος από νωπά και παγωμένα κοτόπουλα που αγοράστηκαν από καταστήματα λιανικής πώλησης	<i>Salmonella enterica</i> ορότυποι: Enteritidis και Typhimurium (<i>S. Enteritidis</i> and <i>S. Typhimurium</i>)	Καθορισμός του επιπολασμού των οροτύπων <i>Salmonella enterica</i> Enteritidis και Typhimurium (<i>S. Enteritidis</i> και <i>S. Typhimurium</i>), της ανθεκτικότητάς τους στα αντιβιοτικά και της επικράτησης πολλαπλής ανθεκτικότητας μεταξύ τους	P=12,7%
23	(Yang, et al., 2023)	Κίνα	2021	Δείγματα περιττωμάτων από κοτόπουλα	<i>Campylobacter jejuni</i>	Διερεύνηση του επιπολασμού, της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά και του γονιδίου λοιμογόνου δράσης του <i>Campylobacter jejuni</i> σε κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής	P=13,27%

3.1.1. Περιγραφή των μελετών

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τις αναφορές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4, οι πρωτογενείς ερευνητικές εργασίες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση, εμφανίζουν ένα μεγάλο εύρος γεωγραφικής κατανομής, που δηλώνει ότι το ενδιαφέρον για την υγιεινή των προϊόντων πτηνοτροφίας είναι παγκόσμιο. Αποτυπώνονται γεωγραφικά στην Εικόνα 4 η οποία δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του Microsoft Office Excel σε συνδυασμό με τη μηχανή αναζήτησης Bing. Μελέτες από όλες τις ηπείρους (εκτός της Ωκεανίας που δεν εκπροσωπείται) αναφέρονται με διαφορετικό τρόπο και με διαφορετική στόχευση στο θέμα αυτό. Οι αναφορές μόνο από τρεις χώρες, την Ελλάδα (Andreopoulou, et al., 2023; Athanasakopoulou, et al., 2021; Natsos, et al., 2021; Dermatas, et al., 2023) με τέσσερις μελέτες, τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Miller, et al., 2020; Navarro-Gonzalez, et al., 2020; Dunn, et al., 2022) και την Κίνα (Kang, et al., 2022; Li, et al., 2020; Yang, et al., 2023) από τρεις μελέτες, εμφανίζονται με περισσότερες. Οι υπόλοιπες χώρες (Αγγλία, Αιθιοπία, Γερμανία, Ινδονησία, Ιράκ, Ιρλανδία, Καναδάς, Κόστα Ρίκα, Μπαγκλαντές, Νιγηρία, Ρωσία, Τουρκία, Υεμένη) εκπροσωπούνται από μια εργασία.

Σε όλες αυτές τις περιοχές του πλανήτη όμως, το ενδιαφέρον εστιάζεται γύρω από μια μικρή σχετικά ποικιλία παθογόνων μικροοργανισμών, που αναφέρονται ως ιδιαίτερα μολυσματικοί. Οι περισσότερες μελέτες εξετάζουν τον επιπολασμό, την εξάπλωση και τη ποικιλομορφία βακτηρίων του γένους *Salmonella* (Belachew, et al., 2021; BOUBENDIR, et al., 2021; Dunn, et al., 2022; Jibril, et al., 2023; Kanaan, 2023; Kang, et al., 2022; Li, et al., 2020; Miller, et al., 2020) και του γένους *Campylobacter* spp. (Dermatas, et al., 2023; Emanowicz, et al., 2021; Lazo-Láscarez, et al., 2021; Natsos, et al., 2021; Neogi, et al., 2020; Reichelt, et al., 2022; Royden, et al., 2021; Yang, et al., 2023).



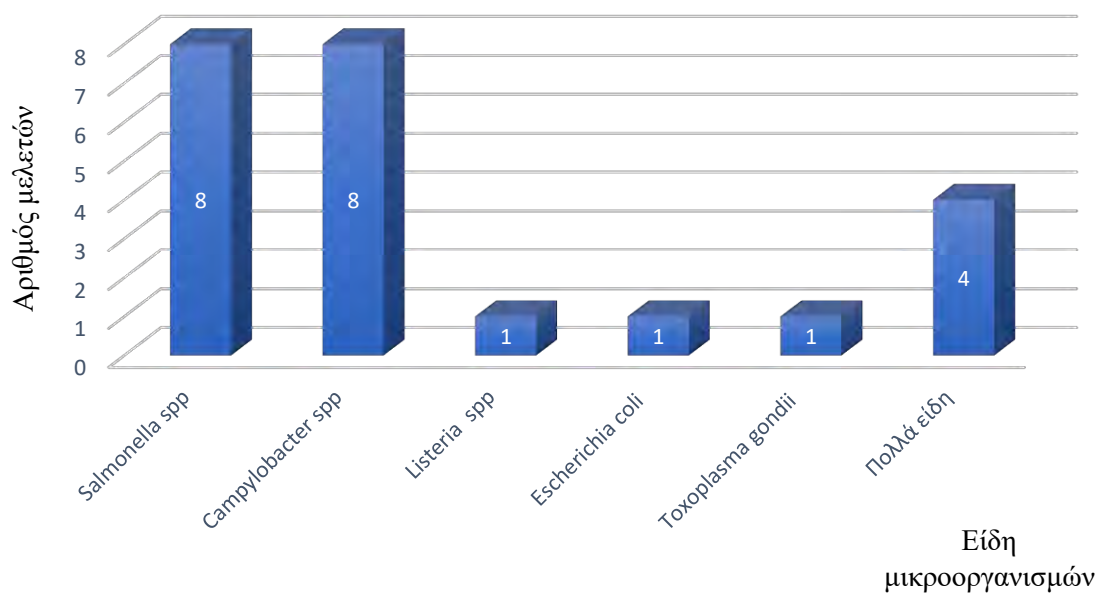
Εικόνα 4: Γεωγραφική κατανομή των μελετών της ανασκόπησης.

Τα δύο αυτά γένη βακτηρίων εμφανίζονται να έχουν και την μεγαλύτερη εξάπλωση και κατά συνέπεια είναι υπεύθυνα για τα περισσότερα προβλήματα υγείας τόσο στα πτηνά, όσο και στους ανθρώπους (Golden, et al., 2021). Συνολικά 16 μελέτες αναφέρονται στα δύο αυτά γένη βακτηρίων (από οκτώ σε κάθε ένα) και διερευνούν την ύπαρξή τους σε όλα τα στάδια της παραγωγικής και εμπορικής αλυσίδας των προϊόντων από πουλερικά.

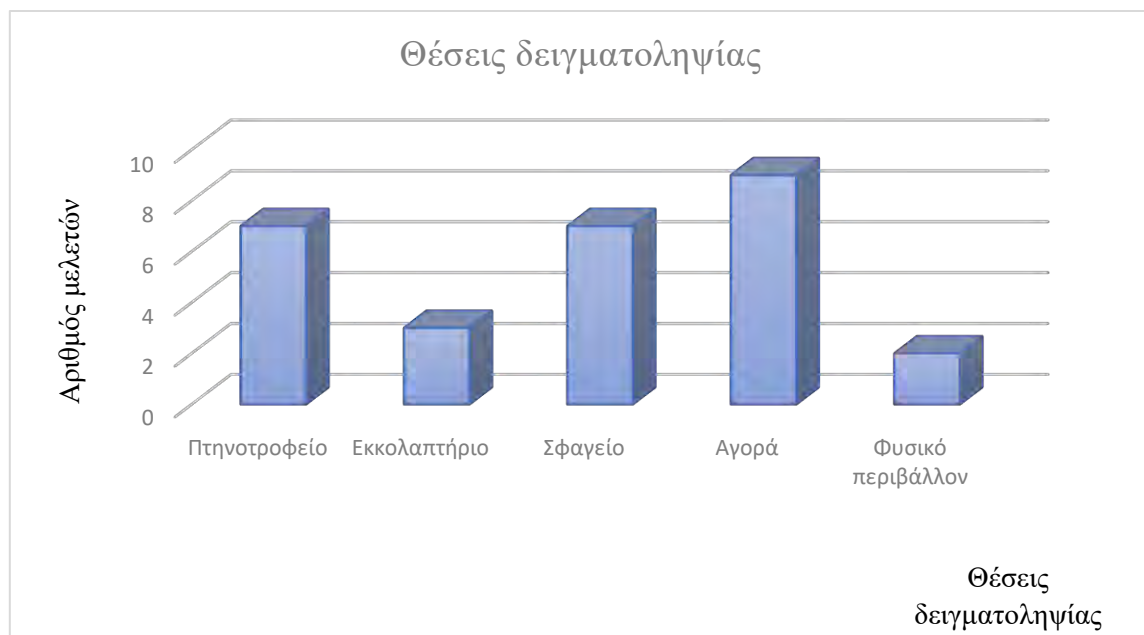
Τέσσερις μελέτες, διερευνούν τον επιπολασμό και την εξάπλωση μιας ποικιλίας μικροοργανισμών τόσο σε προϊόντα ορνιθοτροφείων (Abdullaeva, et al., 2021; Al-Asbahi, 2022; Kalanjatia, et al., 2022), όσο και σε άγρια πτηνά (Navarro-Gonzalez, et al., 2020). Τρεις έρευνες εξετάζουν άλλα είδη μικροοργανισμών, όπως αυτά του είδους *Listeria monocytogenes* και άλλα είδη του γένους *Listeria* (Şanlibaba, et al., 2020), του είδους *Escherichia coli* σε όρνιθες και άγρια πτηνά (Athanasakopoulou, et al., 2021) και σε μια

μελέτη εξετάζεται ο επιπολασμός και η εξάπλωση του πρωτόζωου *Toxoplasma gondii* σε όρνιθες (Andreopoulou, et al., 2023) (Σχ. 1).

Η μεγάλη πλειοψηφία των ερευνών αφορούν όρνιθες και τα διάφορα στάδια της αλυσίδας παραγωγής και εμπορίας τους. Είκοσι τρεις συνολικά μελέτες διερευνούν τον επιπολασμό των μικροοργανισμών είτε στα ίδια τα πτηνά σε διάφορα στάδια ανάπτυξής τους, από την εκκόλαψη ως την σφαγή, είτε στην εμπορία των προϊόντων που παράγονται από αυτά (Σχ. 2). Η μια από τις μελέτες αυτές, διερευνά την εξάπλωση που μπορεί να έχουν ανθεκτικοί σε αντιβιοτικά μικροοργανισμοί από τις όρνιθες στην άγρια ζωή (Athanasakopoulou, et al., 2021). Μια μελέτη διερευνά την εξάπλωση τριών ειδών παθογόνων μικροοργανισμών σε άγρια πτηνά στο φυσικό τους περιβάλλον (Navarro-Gonzalez, et al., 2020), μια μελέτη εξετάζει τον επιπολασμό ενός επικίνδυνου ορότυπου σαλμονέλας σε προϊόντα γαλοπούλας (Miller, et al., 2020) και μία μελέτη την ανίχνευση σαλμονέλας σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας παραγωγής και εμπορίας πάπιας (Kang, et al., 2022).



Σχήμα 1: Μικροοργανισμοί που διερευνήθηκαν στις μελέτες.



Σχήμα 2: Θέσεις λήψης δειγμάτων κατά τη διάρκεια των ερευνών.

Από την εξέταση των μελετών επίσης, μπορεί να διαπιστωθεί και ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών προσεγγίσεων που ακολουθούν οι ερευνητές ως προς τα είδη των δειγμάτων που εξετάστηκαν. Κάποιες έρευνες αξιοποιούν δείγματα από κάποιον ιστό ζωντανών πτηνών, περιττώματά τους ή δείγματα από τα σφάγια ώστε να ανιχνεύσουν παθογόνους μικροοργανισμούς σε αυτά, ενώ κάποιες άλλες διευρύνουν την αναζήτηση στο περιβάλλον και τις συνθήκες που τα πτηνά αναπτύσσονται, στο σφαγείο ή στο ευρύτερο περιβάλλον, ακολουθώντας τις αρχές της προσέγγισης για την Ενιαία Υγεία (One Health approach), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3: Είδη δειγμάτων που λήφθηκαν από τους ερευνητές.

Μια μεγάλη πλειοψηφία των μελετών επίσης, εξετάζουν την ανθεκτικότητα που εμφανίζουν οι μικροοργανισμοί σε διάφορους τύπους μικροβιοκτόνων φαρμάκων, κυρίως αντιβιοτικών και διερευνούν την ύπαρξη οροτύπων με ανθεκτικότητα σε πολλαπλά αντιβιοτικά. Αυτοί οι «πολυανθεκτικοί» μικροοργανισμοί αναγνωρίζονται ως ο μεγαλύτερος κίνδυνος για τον άνθρωπο.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα παρουσιαστούν οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση ξεχωριστά ανά γένος μικροοργανισμών. Συγκεκριμένα, θα παρουσιαστούν οι μελέτες που εξέτασαν τον επιπολασμό των βακτηρίων του γένους *Salmonella* spp., στη συνέχεια αυτές που διερεύνησαν το γένος *Campylobacter* spp. και σε ξεχωριστή ενότητα οι υπόλοιπες μελέτες.

3.2. Επιπολασμός των ειδών *Salmonella* στα πουλερικά

Τα είδη του γένους *Salmonella* είναι αρνητικά κατά Gram-, ραβδοειδή, κινητά, προαιρετικά αναερόβια βακτήρια που ανήκουν στην οικογένεια *Enterobacteriaceae*. Το γένος *Salmonella* περιλαμβάνει 2 είδη, τη *Salmonella enterica* και τη *Salmonella bongori*. Κάθε είδος περιέχει διάφορους ορότυπους που διαφοροποιούνται με βάση τα αντιγόνα της επιφάνειας και των μαστιγίων τους (Golden, et al., 2021). Η σαλμονέλωση προσβάλλει εκατοντάδες ανθρώπους σε όλο τον κόσμο, προκαλώντας υψηλό πυρετό και διάρροια που μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο. Λόγω της παγκόσμιας σημασίας της, πολλές χώρες έχουν εφαρμόσει προγράμματα επιτήρησης της σαλμονέλας στο ζωικό κεφάλαιο, επιτρέποντας την απόκτηση σημαντικών πληροφοριών σχετικά με την ανθεκτικότητα που εμφανίζουν σε αντιμικροβιακά φάρμακα. Έχουν ήδη ταυτοποιηθεί περισσότεροι από 2.650 ορότυποι της *Salmonella enterica* (Gonçalves-Tenório, et al., 2018). Αρκετά από αυτά βρίσκονται σε τρόφιμα όπως το κρέας κοτόπουλου και τα αυγά, που θεωρούνται βασικές πηγές μόλυνσης και ανησυχίας για τη δημόσια υγεία (Kang, et al., 2022; Li, et al., 2020).

Στα κοτόπουλα, η ανθεκτική *Salmonella* spp. όχι μόνο μπορεί να προκαλέσει οικονομικές απώλειες, αλλά μπορεί δυνητικά να προκαλέσει επαγγελματική σαλμονέλωση στους γεωργούς και τους κτηνοτρόφους (Wang, et al., 2023). Για παράδειγμα, περίπου το

95% όλων των περιπτώσεων μη τυφοειδούς σαλμονέλλωσης στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι τροφιμογενείς (Miller, et al., 2020). Η *Salmonella enterica* παραμένει μία από τις πιο κοινές αιτίες τροφιμογενών ασθενειών παγκοσμίως. Το 2020, εκτιμήθηκε ότι υπάρχουν περίπου 93,8 εκατομμύρια περιπτώσεις γαστρεντερίτιδας και περίπου 155,000 θάνατοι λόγω μόλυνσης από *Salmonella* spp. παγκοσμίως ετησίως, με περίπου 80,3 εκατομμύρια από τις περιπτώσεις να είναι τροφιμογενείς (WHO, 2023).

Η επιδημιολογία της σαλμονέλλωσης είναι πολύπλοκη. Η υψηλή πυκνότητα ζώων στους ορνιθώνες μαζί με την υψηλή βιωσιμότητα του μικροοργανισμού στο νερό, στα συστατικά των ζωοτροφών, στη στρωμή, καθώς και στους βιολογικούς φορείς στο περιβάλλον μιας πτηνοτροφικής εκμετάλλευσης, διευκολύνουν τη διάδοσή της. Η μετάδοση πραγματοποιείται μέσω οριζόντιων και κάθετων οδών στις διάφορες μορφές της ασθένειας, ενώ είναι επικίνδυνη και για τους ανθρώπους (Saraiva, et al., 2022) αλλά και την άγρια ζωή. Για τους λόγους αυτούς, το ενδιαφέρον για την μελέτη και την διερεύνηση της εξάπλωσής της είναι έντονο στην επιστημονική κοινότητα. Από πολλούς επιστήμονες θεωρείται ως το πιο καλά μελετημένο βακτήριο που προσβάλλει τα πουλικά (Golden, et al., 2021; Saraiva, et al., 2022; Wang, et al., 2023).

Κατά την αναζήτηση στις βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων, εντοπίστηκαν πολλές αναφορές που είχαν επίκεντρο την διερεύνηση των ειδικών χαρακτηριστικών των βακτηρίων *Salmonella* spp.. Οι περισσότερες αφορούσαν τον εντοπισμό των οροτύπων που ανιχνεύονται στα ζώα και τις γενετικές τους διαφορές, την αντιμετώπιση των ασθενειών που προκαλούν και τα μέτρα προστασίας που πρέπει να τηρούνται για την παρεμπόδιση της εξάπλωσής της. Στην παρούσα ανασκόπηση, συμπεριλήφθηκαν οκτώ μελέτες που εξετάζουν τον επιπολασμό των ειδών *Salmonella* και την παρουσία της σε

χώρους που σχετίζονται με την εκτροφή πουλερικών και την παραγωγή προϊόντων από αυτά. Οι τέσσερις από αυτές (Belachew, et al., 2021; BOUBENDIR, et al., 2021; Jibril, et al., 2023; Kanaan, 2023), εστίασαν στην παρουσία των βακτηρίων σε κοτόπουλα και το περιβάλλον στο οποίο εκτρέφονται, επεξεργάζονται και πωλούνται τα προϊόντα τους. Οι Dunn et al. (2022), μελέτησαν την εξάπλωση των ειδών *Salmonella* σε σωρούς στρωμνής που διατηρείται σε αγροκτήματα με πουλερικά. Μία μελέτη εξέτασε τον επιπολασμό των βακτηρίων σε αυγά πουλερικών (Li, et al., 2020), ενώ δύο μελέτες διερεύνησαν τα είδη αυτά σε πάπιες (Kang, et al., 2022) και σε γαλοπούλες (Miller, et al., 2020).

Πολλές ομοιότητες εντοπίζονται στην μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον εντοπισμό στελεχών του βακτηρίου σε αυτές τις έρευνες. Η ανίχνευση των μικροοργανισμών πραγματοποιείται, ανεξάρτητα από το είδος του δείγματος σε εμπλουτισμένες καλλιέργειες κυττάρων, σε πολύ εξειδικευμένα θρεπτικά υποστρώματα και μετά από κατάλληλη επεξεργασία κατά την οποία απομακρύνονται άλλα είδη βακτηρίων. Είναι εμφανές ότι ο εντοπισμός και η ταυτοποίηση των οροτύπων *Salmonella* spp. έχει εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό και πλέον αποτελεί διαδικασία ρουτίνας για τα περισσότερα εργαστήρια. Οι περισσότερες μελέτες διερεύνησαν τα ανθεκτικά στελέχη των βακτηρίων που ανιχνεύτηκαν και κάποιες εστίασαν στην ταυτοποίηση πολυανθεκτικών στελεχών, που αποτελούν υψηλό κίνδυνο για την μετάδοση ασθενειών στον άνθρωπο. Συνοπτικά τα κυριότερα στοιχεία της μεθοδολογίας που ακολούθησαν οι ερευνητές στις εργασίες της ανασκόπησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5, σε πολλές έρευνες τα δείγματα δεν λαμβάνονται μόνο από τα πουλερικά και τα προϊόντα τους, αλλά και από τους χώρους στους οποίους εκκολάπτονται, εκτρέφονται και επεξεργάζονται τα προϊόντα

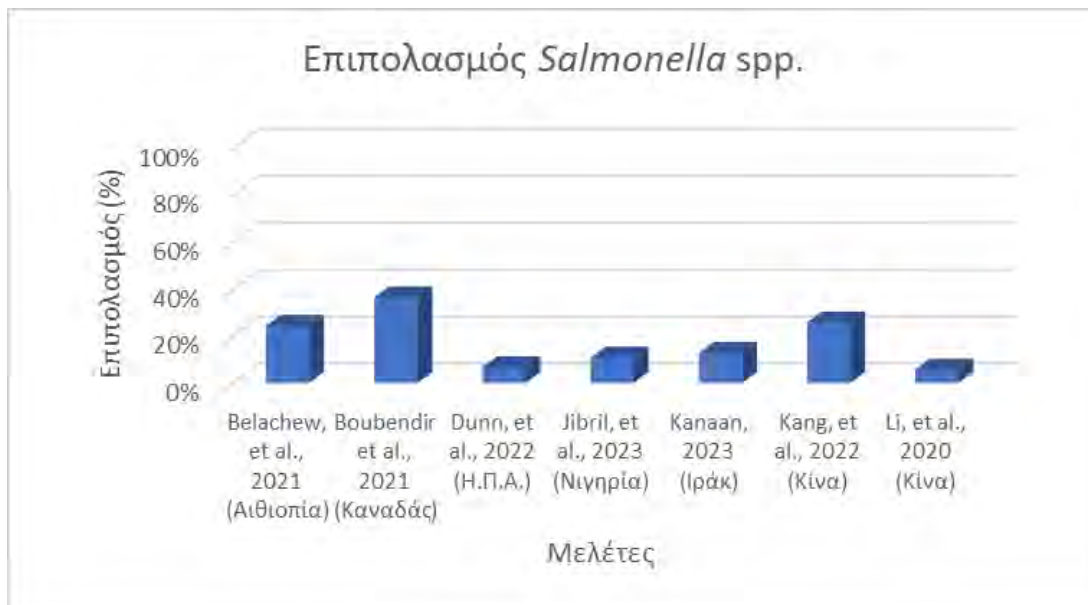
αυτά. Επίσης, ολοένα και περισσότερο αυξάνεται το ενδιαφέρον για τη γενετική ταυτοποίηση και συσχέτιση των στελεχών των βακτηρίων που απομονώνονται. Στην έρευνα των Miller *et al.* (2020) προσδιορίστηκε η φυλογενετική σχέση ενός πολύ επιθετικού στελέχους *Salmonella enterica* υποείδους *enterica* ορότυπος Reading, το οποίο ήταν υπεύθυνο για δύο κρούσματα σαλμονέλλωσης στις Η.Π.Α. και τον Καναδά τα προηγούμενα χρόνια. Τέλος, γίνεται αντιληπτό ότι ανεξάρτητα από το είδος του δείγματος ή του πτηνού και παρά τη διαφορετική επεξεργασία τους, οι βασικές μέθοδοι ανίχνευσης και διερεύνησης της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά δε διαφέρουν ιδιαίτερα.

Πίνακας 5: Μεθοδολογία ερευνών που μελέτησαν την εξάπλωση ειδών *Salmonella* σε πουλερικά.

Αναφορά	Αριθμός δειγμάτων	Είδος δείγματος	Ανάλυση επιπολασμού	Μέθοδος ταυτοποίησης	Διερεύνηση ανθεκτικότητας	Γενετική ανάλυση στελεχών
(Belachew, et al., 2021)	539 δείγματα συνολικά	Περιττώματα (189) Νερό πόσιμο (48) Ποτίστρες (60) Ζωοτροφές (52) Ταΐστρες (90) Παχύ έντερο (100)	Καλλιέργειες κυττάρων σε εμπλουτισμένο θρεπτικό μέσο (KK)	ΜΠ, ΧΕ, ΒΑ.	τυπική διάχυση δίσκου Kirby-Bauer (ΔΔΚΒ)	Δεν πραγματοποιήθηκε
(BOUBENDIR, et al., 2021)	603 δείγματα συνολικά	379 εκπλύματα σφάγιων από 79 σμήνη και 224 από περιβάλλον	(ΕΚΚ) και (ΟΡΟ)	PCR	Δεν προσδιορίστηκε	HRM χαρακτηρισμός γονοτύπου
(Dunn, et al., 2022)	655 δείγματα συνολικά	490 από 70 σωρούς στρωμνής σε 13 εκτροφεία 165 από το έδαφος των εκτροφείων	(ΕΚΚ) και Μέθοδος του πιο Πιθανού Αριθμού (MPN)	PCR	Δεν προσδιορίστηκε	Σε συνεργαζόμενο εργαστήριο
(Jibril, et al., 2023)	300 δείγματα συνολικά	91 δείγματα από αγροκτήματα, 209 δείγματα από εκκολαπτήρια	(ΕΚΚ) και (ΟΡΟ)	ΒΑ, ΟΡΟ και PCR	ΔΔΚΒ	Ανάλυση Αλληλούχησης Ολόκληρου Γονιδιώματος (WGS)
(Kanaan, 2023)	150 δείγματα συνολικά	Νωπά κοτόπουλα αγοράς: 50 Κατεψυγμένα δείγματα αγοράς: 100	(ΕΚΚ), (ΧΓ), (ΤΣΙ), (ΚΟΙ)	(ΜΠ), (ΒΑ), (mPCR)	ΔΔΚΒ	Δεν πραγματοποιήθηκε
(Kang, et al., 2022)	701 δείγματα συνολικά	Εκκολαπτήριο: 230 Αγρόκτημα: 72 Σφαγείο: 180 Προϊόντα κρέατος πάπιας: 219	(ΕΚΚ), Δοκιμή συγκόλλησης αντικειμενοφόρου πλάκας με αντιγόνα Ο και Η (ΔΣΠ)	PCR, ΔΣΠ	ΔΔΚΒ	Ανάλυση Αλληλούχησης Ολόκληρου Γονιδιώματος (WGS)
(Li, et al., 2020)	814 συνολικά αυγά	304 αυγά από διαφορετικά αγροκτήματα. 510 αυγά από διαφορετικά καταστήματα	(ΕΚΚ), (ΤΣΙ), (ΚΟΙ)	PCR, PFGE	MH	Σε συνεργαζόμενο εργαστήριο
(Miller, et al., 2020)	988 στελέχη από προϊόντα γαλοπούλας	Ασθενείς ανθρώπους, δείγματα κρέατος, 32 δείγματα από ζωντανά ζώα και το περιβάλλον τους	(ΕΚΚ),	PCR, <i>in silico</i> πρόβλεψη ορότυπου (ΟΡΙ)	Δεν προσδιορίστηκε	Ανάλυση Αλληλούχησης και Φυλογένεσης

Συντημήσεις: Καλλιέργειες κυττάρων σε εμπλουτισμένο θρεπτικό μέσο (ΕΚΚ), Οροσυγκόλληση (ΟΡΟ), Μέθοδος του πιο Πιθανού Αριθμού (MPN), Χρώση κατά Gram (ΧΓ), Δοκιμασίες τριπλού σιδήρου με σάκχαρα (ΤΣΙ), Δοκιμασίες κιτρικού άλατος, ουρεάσης και ινδόλης (ΚΟΙ), Μικροσκοπική παρατήρηση (ΜΠ), Εξέταση Χρωματισμένων Επιχρισμάτων από τυπικές αποικίες (ΧΕ), Βιοχημικές Αναλύσεις (ΒΑ), Τυπική διάχυση δίσκου Kirby-Bauer (ΔΔΚΒ) Ανάλυση Αλληλούχησης Ολόκληρου Γονιδιώματος (WGS), Τεχνική αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης (mPCR), Δοκιμή συγκόλλησης αντικειμενοφόρου πλάκας με αντιγόνα Ο και Η (ΔΣΠ), Mueller-Hinton άγαρ (MH), Ηλεκτροφόρηση παλμικού πεδίου (PFGE), *in silico* πρόβλεψη ορότυπου (ΟΡΙ).

Σε ότι αφορά τα αποτελέσματα των μελετών παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ο επιπολασμός της σαλμονέλας στα κοτόπουλα κατά τη διάρκεια της εκτροφής τους στο αγρόκτημα αναφέρεται στο 26,46% στην έρευνα των Belachew *et al.* (2021), με βάση την ανίχνευση στα περιττώματά τους. Σε διάφορα σημεία του αγροκτήματος όμως μπορεί να κυμανθεί από 20% στις ποτίστρες ως 30,77% στις ζωοτροφές. Ανάλογος επιπολασμός αναφέρεται και σε αγροκτήματα που εκτρέφουν πάπιες, όπου υπολογίστηκε στο 23,6% (Kanaan, 2023). Η ύπαρξη των βακτηρίων εμφανίζεται από την αρχή της ζωής των νεοσσών, όπως φαίνεται και στην έρευνα των Jibril *et al.* (2023), οι οποίοι υπολόγισαν τον επιπολασμό σε νεοσσούς μιας ημέρας με βάση τα περιττώματά τους στο 10,7%. Τα ποσοστά απομόνωσης των βακτηρίων σε σφάγια παρουσιάζει μεγάλο εύρος. Από 21% όπως αναφέρεται στην έρευνα των Belachew *et al.* (2021), στην Αιθιοπία, υπολογίστηκε στο 36,4% σε σφάγια κοτόπουλα στον Καναδά από τους Boubendir *et al.* (2021), τιμή που αποτελεί και την μεγαλύτερη που καταγράφηκε στις οκτώ εργασίες (Σχ. 4).



Σχήμα 4: Συνολικός επιπολασμός ειδών *Salmonella* spp. όπως υπολογίστηκε από τους ερευνητές στις μελέτες της ανασκόπησης.

Αντίθετα, πολύ μικρότερη είναι η τιμή σε σφάγια πάπιας, όπου μετρήθηκε στο 9,4% (Kang, et al., 2022). Ο επιπολασμός που μετρήθηκε σε κοτόπουλα έτοιμα για κατανάλωση (12,7%), ήταν μικρότερος από ότι στο αγρόκτημα και στο σφαγείο (Kanaan, 2023). Αντίθετα, για τις πάπιες βρέθηκε μεγαλύτερος στο 29,2% (Kang, et al., 2022). Συγκεντρωτικά τα κυριότερα αποτελέσματα των εργασιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Όπως φαίνεται, υπάρχει ένα μεγάλο εύρος κατανομής των διάφορων οροτύπων των βακτηρίων του είδους *Salmonella enterica*. Περισσότεροι από 20 διαφορετικοί ορότυποι αναφέρονται συνολικά στις μελέτες της ανασκόπησης. Σε τρεις εργασίες αναφέρονται οι ορότυποι Kentucky και Typhimurium να έχουν μεγάλο ποσοστό εμφάνισης στα δείγματα, ενώ ο ορότυπος Enteritidis αναφέρεται σε μεγάλο ποσοστό σε δύο εργασίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ορότυπος Reading, εμφανίζεται από τους ερευνητές (Miller, et al., 2020) ως ιδιαίτερα επικίνδυνος και υπεύθυνος για πολλά κρούσματα που αναφέρθηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά.

Ένα άλλο σημείο που είναι φανερό στα αποτελέσματα είναι τα υψηλά ποσοστά ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά που μετρήθηκαν στα στελέχη που ανιχνεύθηκαν. Όλα τα στελέχη είχαν τουλάχιστον μια ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικό, ενώ μεγάλα ποσοστά εμφάνισαν ανθεκτικότητα σε περισσότερα από έξι διαφορετικά αντιβιοτικά. Σε περισσότερες μελέτες αναφέρθηκε η ανθεκτικότητα στο ναλιδιξικό οξύ, ενώ από δύο αναφορές βρίσκουμε για την ανθεκτικότητα στην τετρακυκλίνη και την καναμυκίνη. Σε δύο έρευνες (Jibril, et al., 2023; Kanaan, 2023) αναφέρθηκε ότι ποσοστό μεγαλύτερο από το 60% των στελεχών που ανιχνεύθηκαν, είχαν ανθεκτικότητα σε όλα τα αντιβιοτικά που δοκιμάστηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία και με άλλες συστηματικές ανασκοπήσεις που διερεύνησαν το θέμα (Saraiva, et al., 2022).

Πίνακας 6: Αποτελέσματα ερευνών που μελέτησαν την εξάπλωση ειδών *Salmonella* σε πουλερικά.

Αναφορά	Επιπολασμός	Συγκέντρωση	Ορότυποι	Ανθεκτικότητες	Πολυανθεκτικοί ορότυποι
(Belachew, et al., 2021)	Συνολικός: 131/539 (24,30%) Περιττώματα (26,46%) Νερό πόσιμο (25%) Ποτίστρες (20%) Ζωοτροφές (30,77%) Ταΐστρες (22,22%) Παχύ έντερο (21%)	Δεν μετρήθηκε	Δεν προσδιορίστηκαν	TET (80,81%) KAN (71,72%) AMO (67,68%) S-T (61,62%)	55,55% σε 2-5 14,14% σε 6-7 3,03% σε 8-10 αντιβιοτικά
(BOUBENDIR, et al., 2021)	Σφάγια: 138/379 (36,4%) Περιβάλλον σφαγείων: 54/224 (24,1%)	Δεν μετρήθηκε	15 διαφορετικοί ορότυποι <i>Salmonella enterica</i> . Οι πιο κοινοί ήταν Heidelberg, Schwarzengrund, και Kentucky	Δεν προσδιορίστηκαν	Δεν προσδιορίστηκαν
(Dunn, et al., 2022)	Συνολικά: 33/490 (6,7%) αλλά σε 14/70 σωρούς (20%) και σε 6/13 αγροκτήματα (46,2%) Στρωμνή: 10/325 (3,1%) Έδαφος: 23/165 (13,9%)	<0,45 έως >280,000 MPN/g	9 διαφορετικοί ορότυποι <i>Salmonella enterica</i> : Μεγαλύτερη συχνότητα οι Kentucky (45,5%), Kiambu (18,2%), και Michigan (12,1%).	Δεν προσδιορίστηκαν	Δεν προσδιορίστηκαν
(Jibril, et al., 2023)	Συνολικός: 32/300 (10,7%)	Δεν μετρήθηκε	13 διαφορετικοί ορότυποι. Οι πιο κοινοί ήταν <i>S. Stanleyville</i> (21,9%), <i>S. Isangi</i> (12,5%)	KAN (93,8%), NAL (68,8%), CIP (68,8%), SUL (68,8%).	68% των στελεχών. <i>S. Stanleyville</i> (42,9%), <i>S. Isangi</i> (100%), <i>S. Muenster</i> (100%), και <i>S. Nigeria</i> (100%)
(Kanaan, 2023)	Συνολικά: 19/150 (12,7%) Νωπά: 8/50 (16%) Κατεψυγμένα: 11/100 (11%)	Δεν μετρήθηκε	2 κύριοι ορότυποι <i>Salmonella enterica</i> : Enteritidis (63,2%) Typhimurium (36,6%)	NAL (73.7%), COT (63.2%), TET (63.2%).	62,5% των στελεχών σε νωπά κοτόπουλα και 63,6% σε κατεψυγμένα
(Kang, et al., 2022)	Συνολικά: 108/701 (25,7%) Εκκολαπτήριο: 35,7% Αγρόκτημα: 23,6% Σφαγείο: 9,4% Αγορά: 29,2%	Δεν μετρήθηκε	9 κύριοι ορότυποι <i>Salmonella enterica</i> : Typhimurium (28,9%), Anatum (28,3%), Enteritidis (17,2%), Kentucky (12,8%),	<i>S. Typhimurium</i> NAL 100% (35/35). <i>S. Anatum</i> : NAL 68% (17/25).	Δεν ανιχνεύθηκαν
(Li, et al., 2020)	Συνολικά: 46/814 (5,6%) Αγρόκτημα: 20/304 (6,6%) Αγορά: 26/510 (5,1%)	Δεν μετρήθηκε	15 κύριοι ορότυποι <i>Salmonella enterica</i> : <i>S. Typhimurium</i> (24,5%) <i>S. Indiana</i> (22,9%)	SUL 100% AMO 77,1% AMP 68,9% NAL 63,9%	79,6% ανθεκτικά σε 6-8 αντιβιοτικά
(Miller, et al., 2020)	Ο επικίνδυνος ορότυπος διέφερε κατά 69,1% από τους συμβατικούς στις Η.Π.Α. και κατά 52,3% στον Καναδά.	Δεν μετρήθηκε	<i>Salmonella enterica</i> υποείδος <i>enterica</i> ορότυπος Reading	Δεν μετρήθηκαν	Δεν μετρήθηκαν

Συντημήσεις: Gentamicin (GEN). Erythromycin (ERY). Streptomycin (STR). Chloramphenicol (CHL), Sulfamethazole–trimethoprim (S-T), Tetracycline (TET), Ampicillin (AMP), Cloxaciline (CLO), Nalidixic acid (NAL), Amoxicillin (AMO), Kanamycin (KAN), Ciprofloxacin (CIP), Sulfonamides (SUL).

3.3. Επιπολασμός των ειδών *Campylobacter* στα πουλερικά

Τα *Campylobacter* spp. είναι αρνητικά κατά Gram-, σπειροειδή, μικροαερόφιλα βακτήρια που ανήκουν στην οικογένεια *Campylobacteraceae*. Το γένος *Campylobacter* αποτελείται από 25 είδη και 8 υποείδη, κάποια από τα οποία μπορούν να προκαλέσουν την ασθένεια καμπυλοβακτηρίωση (τροφική δηλητηρίαση) στους ανθρώπους (Lazo-Láscarez, et al., 2021). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη βιομηχανία τροφίμων παρουσιάζουν τα *C. jejuni* και *C. coli*, τα οποία μπορούν να απομονωθούν από όλα τα είδη οικόσιτων ζώων και ορισμένα άγρια ζώα (Emanowicz, et al., 2021). Τα *Campylobacter* spp. έχουν βέλτιστο εύρος ανάπτυξης μεταξύ 37° και 42°C και σπάνια αναπτύσσονται σε θερμοκρασία <30°C. Ορισμένα θερμοανθεκτικά στελέχη των *C. jejuni* και *C. coli* έχουν βέλτιστο εύρος ανάπτυξης μεταξύ 42°C και 45°C. Τα στελέχη αυτά πιστεύεται ότι έχουν προσαρμοστεί στον γαστρεντερικό σωλήνα των πτηνών, ο οποίος βρίσκεται σε θερμοκρασία περίπου 42°C. Επιπλέον, ο μικροαερόφιλος χαρακτήρας του *Campylobacter* spp. οφείλεται ενδεχομένως στην έλλειψη οξυγόνου που υπάρχει στο έντερο των πτηνών. Τα *Campylobacter* spp. μπορεί να παραμείνουν βιώσιμα σε τρόφιμα σε θερμοκρασίες μόλις 4°C. Ενώ η κατάψυξη μειώνει τη βιωσιμότητα των κυττάρων, έχουν ανακτηθεί χαμηλά επίπεδα καμπυλοβακτηριδίου σε τρόφιμα που αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες έως και 20°C μετά από αρκετές εβδομάδες (Golden, et al., 2021).

Τα είδη *Campylobacter* μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες σε ζώα και ανθρώπους και αποτελούν κύρια αιτία τροφιμογενών ασθενειών παγκοσμίως (WHO, 2023). Τόσο το *Campylobacter jejuni* (*C. jejuni*) όσο και το *Campylobacter coli* (*C. coli*) μπορούν να αποικίσουν το έντερο των ορνίθων και άλλων πτηνών. Οι ανθρώπινες λοιμώξεις, που προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία όταν αφορούν παιδιά, προκαλούνται συνήθως από την

κατανάλωση μολυσμένων προϊόντων πουλερικών, παρόλο που έχει παρατηρηθεί επαγγελματική μετάδοση (Neogi, et al., 2020). Λόγω της υψηλής συχνότητας εμφάνισης *Campylobacter* spp. στο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του εδάφους και του νερού, και στην υψηλή ποικιλομορφία των ευαίσθητων ξενιστών φορέων, η επιδημιολογία είναι πολύ περίπλοκη. Άγρια ζώα και παράσιτα, καθώς και άνθρωποι, ακόμα και οχήματα, μπορούν να εισαγάγουν *Campylobacter* spp. σε ένα αγρόκτημα (Reichelt, et al., 2022). Επίσης, παρόλο που ο πραγματικός ρόλος των ζωοτροφών ως πηγής *Campylobacter* είναι ασαφής, τα βακτήρια μπορούν να επιβιώσουν και να πολλαπλασιαστούν στα τρόφιμα κάτω από διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης. Υψηλή νοσηρότητα μπορεί να παρατηρηθεί στα οικόσιτα πτηνά και η μετάδοση γίνεται τόσο μέσω οριζόντιων όσο και κατακόρυφων οδών (Saraiva, et al., 2022).

Τα *Campylobacter* spp. έχουν μεγάλη ικανότητα αποικισμού, υψηλότερα επίπεδα εντερικής μεταφοράς κατά τη σφαγή από άλλα βακτήρια (για παράδειγμα *Salmonella* spp.) και είναι εξαιρετικά ανθεκτικά σε διαδικασίες όπως το ζεμάτισμα, το πλύσιμο και η ψύξη, που γενικά μειώνουν τη συχνότητα εμφάνισης άλλων μικροοργανισμών σε αποδεκτά επίπεδα (Gonçalves-Tenório, et al., 2018). Τα χαρακτηριστικά τους αυτά δικαιολογούν το μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον που παρουσιάζουν για την ασφάλεια των τροφίμων. Στην αναζήτηση στις βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων διαπιστώθηκε ότι πλήθος ερευνητικών ομάδων διερευνούν τη βιολογική, γενετική και επιδημιολογική τους κατάσταση. Στην παρούσα ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν οκτώ μελέτες από το σύνολο των αναφορών, οι οποίες εξετάζουν τον επιπολασμό τους σε όρνιθες, την γενετική τους ταυτότητα, τις ανθεκτικότητες στα αντιβιοτικά που εμφανίζουν και τους παράγοντες που τα επηρεάζουν.

Οι τρεις από τις εργασίες αυτές (Emanowicz, et al., 2021; Neogi, et al., 2020; Royden, et al., 2021) μελετούν τον επιπολασμό και τη συγκέντρωση ειδών *Campylobacter* στο τυφλό έντερο και στα σφάγια σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας παραγωγής και επεξεργασίας των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής και τη σχέση μεταξύ τους. Σκοπός των εργασιών αυτών είναι η σύγκριση και ο εντοπισμός των κρίσιμων παραγόντων κατά την παραγωγή, επεξεργασία και εμπορία τροφίμων πουλερικών που ευνοούν την ανάπτυξη των βακτηρίων του γένους *Campylobacter*. Άλλες τρεις μελέτες (Lazo-Láscarez, et al., 2021; Natsos, et al., 2021; Yang, et al., 2023), εκτός από τον επιπολασμό, εστιάζουν στην ανθεκτικότητα σε αντιμικροβιακά φάρμακα που εμφανίζουν τα δύο κύρια παθογόνα είδη του γένους (*Campylobacter jejuni* και *Campylobacter coli*), αναλύοντας και το γονιδίωμα τους. Μία εργασία (Dermatas, et al., 2023) συγκρίνει και αξιολογεί τα αποτελέσματα στην ανίχνευση, εξάπλωση και γενετική ταυτότητα των ειδών αυτών σε κοτόπουλα που εκτρέφονται σε οικογενειακές οικιακές εγκαταστάσεις. Τέλος, μια μελέτη (Reichelt, et al., 2022) παρακολουθεί και την εξέλιξη της μόλυνσης από τα βακτήρια αυτά σε διάστημα τριών ετών και προσδιορίζει τις θέσεις σε ένα αγρόκτημα στις οποίες παρατηρείται μεγαλύτερη ανάπτυξη των βακτηρίων, άρα εμφανίζουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο μετάδοσης.

Η μεθοδολογία που ακολουθούν οι ερευνητές στις μελέτες που εξετάστηκαν έχουν πολλές ομοιότητες αλλά και αρκετές διαφορές ανάλογα με τα ερευνητικά ερωτήματα που έχουν θέσει. Η ανίχνευση και ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών για παράδειγμα, στηρίζονται σε καλλιέργειες των βακτηρίων σε εμπλουτισμένο θρεπτικό μέσο. Η μεθοδολογία αυτή εμφανίζεται να έχει δοκιμαστεί και επικαιροποιηθεί στην επιστημονική κοινότητα καθώς εφαρμόζεται καθολικά. Το ίδιο ισχύει και για την χρήση

της Αλυσιδωτής Αντίδρασης Πολυμεράσης (PCR) και την ανίχνευση της ανθεκτικότητας των βακτηρίων στα αντιβιοτικά. Διαπιστώνεται, ότι έχουν αναπτυχθεί πολύ εξειδικευμένα πρωταρχικά τμήματα (primers) για την ταυτοποίηση και τον προσδιορισμό της γενετικής σύστασης των βακτηρίων, επομένως η εφαρμογή της PCR αποτελεί ρουτίνα για τα εργαστήρια που ασχολούνται με το θέμα.

Αντίστοιχη είναι και η εφαρμογή των δοκιμασιών ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά, καθώς προσφέρονται όλα τα απαραίτητα ερευνητικά εργαλεία που επιτρέπουν τον προσδιορισμό της. Αντίθετα, σε ό, τι αφορά την γενετική ταυτοποίηση και την ανάλυση του γονιδιώματος, στις εργασίες εμφανίζεται μια ποικιλομορφία μοριακών τεχνικών για την αλληλούχηση και τον προσδιορισμό της φυλογενετικής σχέσης των ειδών. Συγκεντρωτικά η μεθοδολογία που ακολούθησε η κάθε μελέτη, παρουσιάζεται στον Πίνακα 7, που ακολουθεί.

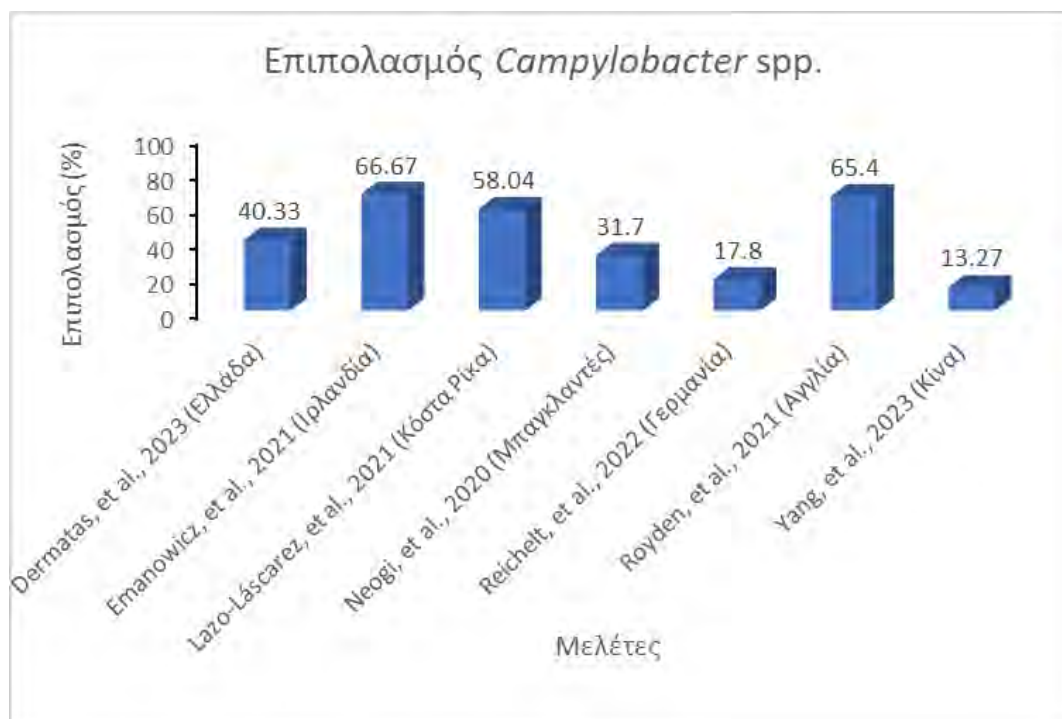
Οι κύριες διαφορές που εμφανίζονται σ' αυτόν, αφορούν περισσότερο την δειγματοληψία ανάλογα με τους σκοπούς της κάθε έρευνας. Κάποιες έρευνες διερευνούν το μικροβιακό φορτίο σε διάφορα στάδια παραγωγής, λαμβάνοντας δείγματα από το παχύ έντερο και το δέρμα του λαιμού μετά τη σφαγή τους (Emanowicz, et al., 2021; Lazo-Láscarez, et al., 2021; Natsos, et al., 2021). Άλλες, λαμβάνουν δείγματα από περιττώματα σε διάφορα στάδια της ζωής των πτηνών (Neogi, et al., 2020; Reichelt, et al., 2022; Yang, et al., 2023) και κάποιες άλλες διερευνούν και τις εγκαταστάσεις και το ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται τα κοτόπουλα (Reichelt, et al., 2022). Δύο έρευνες είναι πολύ εξειδικευμένες, καθώς μελετούν συγκεκριμένο τύπο εκτροφής (Royden, et al., 2021) ή εγκαταστάσεων (Dermatas, et al., 2023), ή ακόμα και το τελικό προϊόν που φτάνει στους καταναλωτές.

Πίνακας 7: Μεθοδολογία ερευνών που μελέτησαν την εξάπλωση ειδών *Campylobacter* spp. σε πουλερικά.

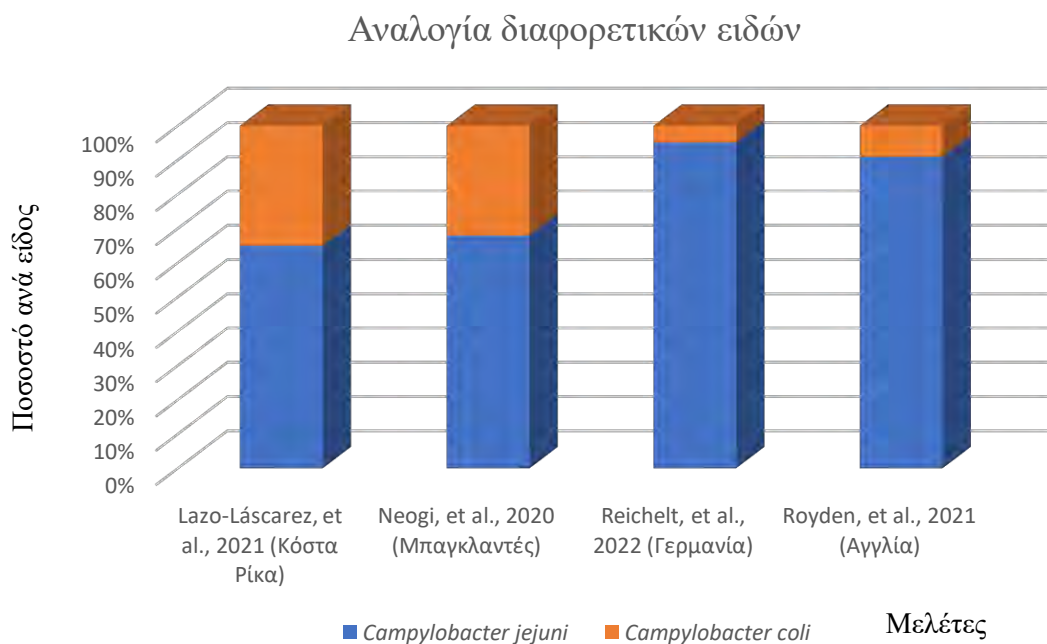
Αναφορά	Αριθμός δειγμάτων	Είδος δείγματος	Ανάλυση επιπολασμού	Μέθοδος ταυτοποίησης	Διερεύνηση ανθεκτικότητας	Γενετική ανάλυση στελεχών
(Dermatas, et al., 2023)	Δείγματα συνολικά από 600 κοτόπουλα	Από κάθε κοτόπουλο 3 υπο-δείγματα: 600 από δέρμα 600 από μυς 600 από ήπαρ ή κοιλιακή χώρα	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (CBA)	Φασματομετρία μάζας με ιονισμό εκρόφησης με λέιζερ (MALDI-TOF MS),	Δεν πραγματοποιήθηκε	Δεν πραγματοποιήθηκε
(Emanowicz, et al., 2021)	Δείγματα από 60 παρτίδες σφαγής	25 παρτίδες νεαρά και 35 παρτίδες μεγαλύτερα πτηνά. Από κάθε παρτίδα 5 δείγματα εντέρου και 5 δείγματα δέρματος από τον λαιμό	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (mCCDA)	(ΔΟ) και (ΜΠ)	Δεν πραγματοποιήθηκε	PCR και ΦΦ
(Lazo-Láscarez, et al., 2021)	250 δείγματα συνολικά	Δείγματα: Παχύ έντερο: 84 Ξέπλυμα σφάγιων μετά την ψύξη: 83 Ξέπλυμα σφάγιων στην αγορά: 83	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (mCCDA)	(ΔΟ), (BA) και (ΜΠ)	Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ), (MIC)	PCR και (PFGE)
(Natsos, et al., 2021)	Δείγματα από 142 παρτίδες κοτόπουλων από 60 φάρμες	Δείγμα τυφλού εντέρου από 10 πτηνά κάθε παρτίδας και δείγματα από 5 πτηνά από τον λαιμό μετά την ψύξη	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (mCCDA) και (CBA)	Εξειδικευμένη για το είδος PCR	Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ), (MIC)	Αλληλούχηση Sanger και φυλογενετική ανάλυση
(Neogi, et al., 2020)	224 δείγματα συνολικά	122 δείγματα από αγροκτήματα 33 περιττωμάτων από εκκολαπτήρια και 69 από αγορές ζωντανών πτηνών.	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (CBA), ΧG, BA	Εξειδικευμένη για το είδος PCR	Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ), (UHPLC)	PCR και (UHPLC)
(Reichelt, et al., 2022)	1216 δείγματα συνολικά	228 δείγματα από περιττώματα 532 δείγματα από το εσωτερικό του εκτροφείου 456 δείγματα από το περιβάλλον	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (mCCDA) και (ColbA), ποσοτικά (MPN)	(MALDI-TOF MS)	Δεν εξετάστηκε	Ανάλυση Αλληλούχησης Ολόκληρου Γονιδιώματος (WGS), Φυλογενετική ανάλυση
(Royden, et al., 2021)	569 δείγματα συνολικά	405 συνολικά δείγματα από κοτόπουλα Halal και 164 δείγματα από τις συσκευασίες τους	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (mCCDA) και (CBA)	Εξειδικευμένη για το είδος PCR	Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ), (MIC)	Ανάλυση Αλληλούχησης Ολόκληρου Γονιδιώματος (WGS),
(Yang, et al., 2023)	324 δείγματα συνολικά	Επιχρίσματα περιττωμάτων που συλλέχθηκαν σε κοτόπουλα από 6 αγροκτήματα αναλογικά.	EKK, σε ειδικό θρεπτικό μέσο (SBA)	Εξειδικευμένη για το είδος PCR	Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ),(MIST)	PCR, Αλληλούχηση,MIST

Συντμήσεις: Καλλιέργειες κυττάρων σε εμπλουτισμένο θρεπτικό μέσο (EKK), Φασματομετρία μάζας με ιονισμό εκρόφησης με λέιζερ και χρόνο πτήσης (MALDI-TOF MS), Βιοχημικές Αναλύσεις (BA), Χρώση κατά Gram (ΧG), Μέθοδος του πιο Πιθανού Αριθμού (MPN), Μικροσκοπική παρατήρηση (ΜΠ), Δοκιμασία Οξειδάσης (ΔΟ), Φασματοφωτόμετρο (ΦΦ), Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR), Ηλεκτροφόρηση παλμικού πεδίου (PFGE), Ανάλυση Αλληλούχησης Ολόκληρου Γονιδιώματος (WGS), Χρωματογραφία Υγρής στιβάδας (UHPLC), Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ), Ελάχιστη Ανασταλτική Πυκνότητα (MIC), Εργαλείο αναζήτησης μοριακών αλληλεπιδράσεων (MIST)

Ως προς τα αποτελέσματα παρατηρείται ένα μεγάλο εύρος επιπολασμού, ανάλογα με την χώρα προέλευσης, την μέθοδο και το είδος της δειγματοληψίας και το στάδιο της αλυσίδας παραγωγής και επεξεργασίας που διερευνάται (Σχ. 5). Ο χαμηλότερος επιπολασμός (13,27%) αναφέρεται για το *C. jejuni* στα περιττώματα από κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής στην Κίνα (Yang, et al., 2023). Ο υψηλότερος επιπολασμός (66,67%) προσδιορίστηκε στα κύρια στάδια επεξεργασίας κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής στην Ιρλανδία (Emanowicz, et al., 2021). Σε όλες τις εργασίες, τα κύρια είδη βακτηρίων που εντοπίστηκαν ήταν τα *Campylobacter jejuni*, και *Campylobacter coli* (Σχ. 6), με το πρώτο να επικρατεί στα περισσότερα δείγματα, καθώς εμφανίζεται από το 65% των δειγμάτων (Neogi, et al., 2020) έως και το 93,5% των δειγμάτων που εξετάστηκαν (Reichelt, et al., 2022). Στο είδος αυτό εμφανίζονται και τα περισσότερα στελέχη που εμφανίζουν μεγάλα ποσοστά ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά. Οι Yang *et al.* (2023), που μελέτησαν τα βακτήρια αυτά διεξοδικότερα, εντόπισαν πολυανθεκτικότητα σε δύο τουλάχιστον κύριες κατηγορίες αντιβιοτικών στο 88% των στελεχών που εξέτασαν (Σχ. 7). Οι περισσότερες αναφορές για ανθεκτικότητα, αφορούν τα αντιβιοτικά αμικιλίνη, τετρακυκλίνη και κυπροφλοξακίνη. Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των οκτώ ερευνών που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση παρουσιάζονται στον Πίνακα 8 που ακολουθεί.



Σχήμα 5: Συνολικός επιπολασμός των ειδών *Campylobacter* όπως αναφέρεται στις μελέτες που εξετάστηκαν.



Σχήμα 6: Ποσοστά ανίχνευσης των κυριότερων ειδών *Campylobacter* που εντοπίστηκαν στις μελέτες.



Σχήμα 7: Κυριότερες ανθεκτικότητες στα αντιβιοτικά που εντοπίστηκαν από τους Yang *et al.* (2023). Συντμήσεις: Ampicillin (AMP), Norfloxacin (NOR), Nalidixic acid (NAL), Tetracycline (TET), Erythromycin (ERY).

Πίνακας 8: Αποτελέσματα ερευνών που μελέτησαν την εξάπλωση ειδών *Campylobacter* spp. σε πουλερικά.

Αναφορά	Επιπολασμός	Συγκέντρωση	Είδη	Ανθεκτικότητες	Πολυανθεκτικοί ορότυποι
(Dermatas, et al., 2023)	Συνολικός: από 40,33% έως 41,50% ανάλογα με τη μέθοδο. Περισσότερες απομονώσεις στο δέρμα, μετά στον θωρακικό μυ και τέλος στη σπλαχνική κοιλότητα και στο ήπαρ	Ποσοτικά: από 1,20 log CFU ως 3,50 log CFU	Συνολικά απομονώθηκαν 18 διαφορετικά είδη. Μεγαλύτερη εμφάνιση τα <i>Campylobacter jejuni</i> και <i>Campylobacter coli</i>	Δεν εξετάστηκαν	Δεν εξετάστηκαν
(Emanowicz, et al., 2021)	Συνολικός: 46/60 (66,67%) Νεότερα 39% Μεγαλύτερα 82,25% Έντερο 62% Δέρμα λαιμού 68%	Θετικά δείγματα (σε log10 CFU/g): Εντέρου 7,9 ± 1,3 Λαιμού μετά την εκσπλάχνωση 3,8 ± 0,8 Μετά το πλύσιμο 3,0 ± 0,7 Μετά την ψύξη 2,9 ± 0,5	Κυρίως <i>Campylobacter jejuni</i> , και <i>Campylobacter coli</i> και άλλα είδη σε μικρότερη αναλογία. Τα <i>Campylobacter jejuni</i> ήταν τα είδη με την μεγαλύτερη συχνότητα σε όλα τα στάδια	Δεν προσδιορίστηκαν	Δεν προσδιορίστηκαν
(Lazo-Láscarez, et al., 2021)	Συνολικός 148/250 (58,04%) Παχύ έντερο: 50/84 (59,52%) Σφαγείο: 55/83 (66,26%) Αγορά: 47/83 (56,63%)	Δεν υπολογίστηκε	Κυρίως <i>Campylobacter jejuni</i> , και <i>Campylobacter coli</i> και άλλα είδη σε μικρότερη αναλογία	Συχνότερες; (CIP) 84,3% (ENR) 83,9% (NAL) (91,7%) Κανένα στέλεχος δεν βρέθηκε ανθεκτικό στην CHL	Κανένα από τα στελέχη δεν παρουσίασε προφίλ πολυανθεκτικότητας έναντι των αντιβιοτικών που εξετάστηκαν
Natsos, et al., 2021	Δεν αναφέρει συγκεκριμένα επιπολασμό. Απομόνωση 205 στελεχών	Δεν υπολογίστηκε	Εξετάστηκαν τα <i>Campylobacter jejuni</i> , (102 στελέχη) και <i>Campylobacter coli</i> (103 στελέχη). Σε 7,4% εντοπίστηκαν διαφορές στην αλληλουχία	Δεν προσδιορίστηκαν	Δεν προσδιορίστηκαν
(Neogi, et al., 2020)	Συνολικός 71/224 (31,70%) Αγρόκτημα 37/122 (30%) Εκκολαπτήριο 0/33 Αγορά 34/69 (49%)	Δεν υπολογίστηκε	Τόσο στο αγρόκτημα όσο και στην αγορά επικράτησαν τα <i>Campylobacter jejuni</i> . Αγρόκτημα: <i>C. jejuni</i> 65% και <i>C. coli</i> 35% Αγορά: <i>C. jejuni</i> 68% και <i>C. coli</i> 32%	Για το <i>C. jejuni</i> : AMO 64% ERY 62% TET 51% Για το <i>C. coli</i> : AMO 56% ERY 46% TET 42%.	Το 49% των αποικιών του <i>C. jejuni</i> και το 42% του <i>C. coli</i> , μπορούν να χαρακτηριστούν πολυανθεκτικές
(Reichelt, et al., 2022)	Συνολικός 216/1216 (17,8%) Περιττώματα 136/228 (59,6%) Εσωτερικό 73/532 (13,7%) Περιβάλλον 7/456 (1,5%)	Περιττώματα μέση 5,2 log ₁₀ MPN/g, Εσωτερικό μέγιστη 2,6 log ₁₀ MPN/g, Περιβάλλον μέση 0,6 log ₁₀ MPN/g	<i>Campylobacter jejuni</i> 93,5% και <i>Campylobacter coli</i> 4,8% τα οποία ανιχνεύθηκαν μόνο σε μια φάρμα. 27 διαφορετικοί τύποι αλληλουχιών που ομαδοποιούνται σε 11 συμπλέγματα	Δεν προσδιορίστηκαν	Δεν ανιχνεύθηκαν
Royden, et al., 2021	Δέρμα λαιμού: 265/405 (65,4%) Από αυτά, 252/405 (62,2%) θετικά για <i>Campylobacter jejuni</i> , και 36/405 (8,9%) θετικά για <i>Campylobacter coli</i> . 23/405 (5,7%) ήταν θετικά και για τα δύο. Συσκευασίες: Σε 28/164 (17,1%) απομονώθηκε μόνο <i>C. jejuni</i>	Η υψηλότερη συγκέντρωση στα δείγματα δέρματος λαιμού ήταν 39,718 CFU/g. Το 13,8% των δειγμάτων από δέρμα λαιμού είχαν συγκεντρώσεις > 1,000 CFU/g	Εξετάστηκαν τα <i>Campylobacter jejuni</i> (90,97%) και <i>Campylobacter coli</i> (9,03%).	Στο δέρμα του λαιμού μεγάλη συχνότητα είχαν TET 50,6% AMP 49,1% CIP 42,0% Μικρότερη συχνότητα: ERY 2,47% Στις συσκευασίες CIP και NAL 11,6% TET 11,0% και AMP 11,0%	Το 38,5% των δειγμάτων περιείχε τουλάχιστον ένα στέλεχος με πολυανθεκτικότητα σε περισσότερα από τέσσερα αντιβιοτικά που εξετάστηκαν
(Yang, et al., 2023)	Συνολική 43/324 (13,27%) <i>C. jejuni</i> 35/324 (10,8%) <i>Campylobacter</i> spp. 8/324 (2,5%)	Δεν μετρήθηκαν	<i>Campylobacter jejuni</i> , ταυτοποιήθηκαν 15 τύποι αλληλουχιών που ανήκαν σε 6 συμπλέγματα κλώνων και 7 ξεχωριστές σειρές	Κυριότερες ανθεκτικότητες: AMP 85,7% NOR και NAL με 80% TET 67% Μικρότερη συχνότητα ERY 5%	91,4 % των στελεχών εμφάνισαν ανθεκτικότητα σε 2 ή περισσότερα αντιβιοτικά. Πολυανθεκτικότητα εμφάνισε το 88,6%

Συντμήσεις: Erythromycin (ERY), Streptomycin (STR), Chloramphenicol (CHL), Tetracycline (TET), Ampicillin (AMP), Cloxaciline (CLO), Nalidixic acid (NAL), Amoxicillin (AMO), Kanamycin (KAN), Ciprofloxacin (CIP), Sulfonamides (SUL), Enrofloxacin (ENR), Norfloxacin (NOR)

3.4. Επιπολασμός άλλων ειδών μικροοργανισμών στα πουλερικά

Είναι γνωστό ότι το κρέας πουλερικών και τα προϊόντα που παράγονται από αυτό είναι ένα ευνοϊκό θρεπτικό μέσο για την αναπαραγωγή πολλών μικροοργανισμών. Ενώ οι περισσότερες έρευνες που σχετίζονται με την ασφάλεια των πουλερικών επικεντρώνονται στη *Salmonella* spp. και στο *Campylobacter* spp., οι ερευνητές έχουν εντοπίσει και άλλους μικροοργανισμούς ως πιθανούς παράγοντες κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία και τη βιομηχανία των πουλερικών (Dimitrakopoulou & Vantarakis, 2022). Για παράδειγμα στο παρελθόν έχουν αναφερθεί επιδημίες λιστερίωσης ακόμα και σε πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών που συνδέονται με τη μόλυνση του κρέατος γαλοπούλας από *Listeria monocytogenes* (Golden, et al., 2021).

Μερικά παραδείγματα τροφιμογενών παθογόνων ζωικής προέλευσης που μπορούν να μολύνουν τα τρόφιμα και να εξαπλωθούν εκτός των *Salmonella* spp. και *Campylobacter* spp., περιλαμβάνουν τα *E. coli*, *Staphylococcus* spp., *Citrobacter*, *Clostridium*, *Yersinia*, *Listeria*, *Arcobacter*, *Mycobacterium*, *Trichinella*, *Sarcocystis*, *Proteus* και *Klebsiella* spp. (Ali & Alsayeqh, 2022; Basaran Kahraman, et al., 2019; Gonçalves-Tenório, et al., 2018). Το κρέας κοτόπουλων που έχουν μολυνθεί με μικροοργανισμούς του εντέρου άλλων ζώων, μπορεί να προκαλέσει βασικά προβλήματα υγιεινής των τροφίμων, ιδιαίτερα λόγω των εντεροβακτηρίδιων που μεταδίδονται με αυτό τον τρόπο. Η οικογένεια *Enterobacteriaceae*, του φύλου *Proteobacteria*, περιέχει Gram- αρνητικά κολοβακτηρίδια.

Στην αναζήτηση της βιβλιογραφίας, εντοπίστηκαν επτά έρευνες που εξέτασαν την εμφάνιση μιας ποικιλίας μικροοργανισμών που ανιχνεύονται στο κρέας και τα προϊόντα πουλερικών. Τρεις από αυτές εξέτασαν τον επιπολασμό και διερεύνησαν τα χαρακτηριστικά και την ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά, σε περισσότερα από ένα παθογόνα

βακτήρια (Abdullaeva, et al., 2021; Al-Asbahi, 2022; Kalanjatia, et al., 2022). Δύο έρευνες εξέτασαν την εξάπλωση του εντεροβακτηρίου *Escherichia coli*, στην μια από τις οποίες εξετάστηκε συνδυαστικά η ανίχνευση του σε κοτόπουλα και η διάδοσή του στην άγρια ζωή (Athanasakopoulou, et al., 2021), ενώ στην άλλη η εξάπλωση και ο επιπολασμός μολυσματικών και ανθεκτικών σειρών του σε άγρια πτηνά που ζουν σε αγροτικές περιοχές και περιοχές χωρίς εντατική ανθρώπινη παρουσία (Navarro-Gonzalez, et al., 2020). Μια έρευνα μελέτησε διεξοδικά τον επιπολασμό και τα ιδιαίτερα γνωρίσματα ειδών του γένους *Listeria* spp. και ειδικά του είδους *Listeria monocytogenes* που ανιχνεύτηκαν σε κρέας κοτόπουλων που διατίθεται στην αγορά (Şanlıbaba, et al., 2020). Τέλος, μια έρευνα εξετάζει την εξάπλωση ενός πρωτόζωου (*Toxoplasma gondii*) σε κοτόπουλα που αναπτύσσονται με διαφορετικούς τρόπους εκτροφής (Andreopoulou, et al., 2023).

Όπως είναι αναμενόμενο αρκετές διαφορετικές τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν στις εργασίες αυτές ανάλογα με το είδος που διερευνήθηκε και τους σκοπούς της κάθε έρευνας. Ορισμένα σημεία της μεθοδολογίας αξίζει να αναφερθούν. Σε τρεις έρευνες αξιοποιήθηκαν αυτοματοποιημένα συστήματα τυποποιημένης ανίχνευσης, ταυτοποίησης και γενετικής ανάλυσης μικροοργανισμών που έχουν μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας και διευκολύνουν την επεξεργασία μεγάλου αριθμού δειγμάτων (Al-Asbahi, 2022; Athanasakopoulou, et al., 2021; Kalanjatia, et al., 2022). Η ανίχνευση και η ανάλυση του επιπολασμού στηρίχθηκε κυρίως σε καλλιέργειες των μικροοργανισμών σε εξειδικευμένα θρεπτικά μέσα κατάλληλα για συγκεκριμένα είδη. Στις έρευνες που εξετάστηκαν περισσότεροι του ενός μικροοργανισμοί πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές καλλιέργειες σε διαφορετικά θρεπτικά μέσα. Εξάιρεση αποτέλεσε η διερεύνηση του τοξοπλάσματος, η

οποία πραγματοποιήθηκε με ανοσο-απορροφητική μέθοδο συνδεδεμένου αντιγόνου (ELISA- TgSAG1) (Andreopoulou, et al., 2023).

Στις τέσσερις από τις έξι έρευνες που αφορούσαν είδη βακτηρίων, εξετάστηκε η ανθεκτικότητά τους σε διάφορα αντιβιοτικά, σε κάθε μια με διαφορετική τεχνική (Athanasakopoulou, et al., 2021; Kalanjatia, et al., 2022; Navarro-Gonzalez, et al., 2020; Şanlıbaba, et al., 2020). Ενδιαφέρον όμως παρουσιάζει και η παρατήρηση ότι σε κάποια είδη όπως για παράδειγμα στο *E. coli*, οι μέθοδοι ταυτοποίησης είναι τόσο αναλυτικοί που επιτρέπουν την ανίχνευση συγκεκριμένων οροτύπων γνωστής ανθεκτικότητας (Navarro-Gonzalez, et al., 2020; Kalanjatia, et al., 2022). Αντίθετα, για κάποια άλλα βακτήρια, όπως για παράδειγμα του γένους *Citrobacter*, δεν έχουν επικαιροποιηθεί μεθοδολογίες για την διερεύνηση της ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά καθώς και της γενετικής του σύστασης (Al-Asbahi, 2022). Ανάλογη παρατήρηση μπορεί να γίνει για τα πρωταρχικά τμήματα που χρησιμοποιούνται κατά την Αλυσιδωτή Αντίδραση Πολυμεράσης (PCR) καθώς ενώ για κάποια βακτήρια υπάρχει μια πολύ αναλυτική συλλογή τους (π.χ. *Listeria* spp., *E. coli*) για άλλα βακτήρια (π.χ. *Proteus vulgaris*) δεν υπάρχουν ανάλογες επιλογές. Συγκεντρωτικά οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν στις εργασίες αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Τα αποτελέσματα των εργασιών αυτών εμφανίζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι Abdullaeva et al. (2021), σε δευτερογενή διερεύνηση δειγμάτων διερεύνησαν πέντε τύπους παθογόνων βακτηρίων που δεν είχαν ανιχνευτεί κατά την πρώτη τους ανάλυση. Συγκεκριμένα *Escherichia coli* (13,3%), *Salmonella enterica* Typhimurium (6,7%), *Staphylococcus aureus* (13,3%), *Listeria monocytogenes* και *Proteus* spp. (33,3%), σε διάφορες χρονικές περιόδους. Διαπίστωσαν ότι εποχιακά η συγκέντρωσή τους ήταν πολύ μεγάλη και μπορούσαν να αποτελέσουν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Αντίστοιχη έρευνα έδειξε ότι

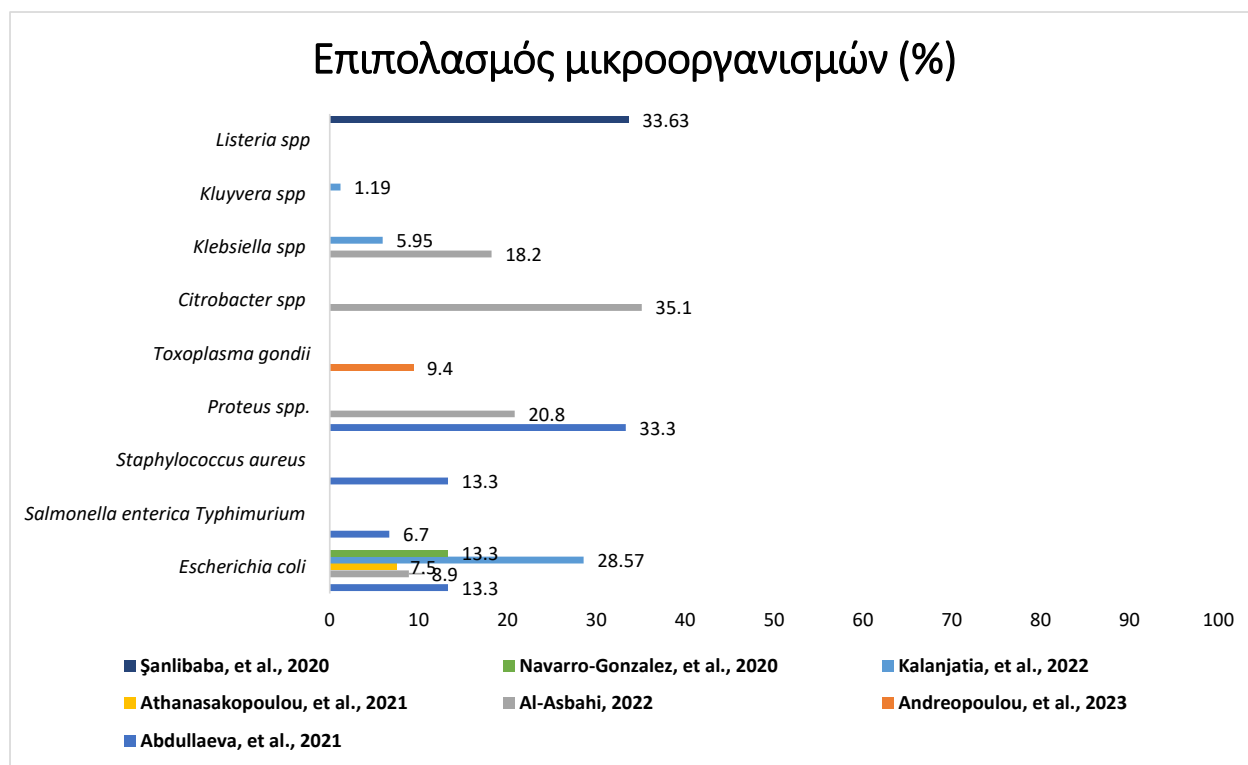
και άλλα είδη βακτηρίων μπορούν να εντοπιστούν στο κρέας πουλερικών σε μεγάλη συχνότητα όπως των *Citrobacter* spp. (35,1%) *Klebsiella* spp. (18,2 %), *Proteus vulgaris* (13,9%) *Shigella* spp. (11,9 %), *E. coli* (8,9 %), *Proteus mirabilis* (7,9%) (Al-Asbahi, 2022).

Πίνακας 9: Μεθοδολογία ερευνών που μελέτησαν την εξάπλωση διαφορετικών ειδών μικροοργανισμών σε πουλερικά.

Αναφορά	Αριθμός δειγμάτων	Είδος δείγματος	Ανάλυση επιπολασμού	Μέθοδος ταυτοποίησης	Διερεύνηση ανθεκτικότητας	Γενετική ανάλυση στελεχών
(Abdullaeva, et al., 2021)	4.899 δείγματα συνολικά	Δείγματα από μυϊκό ιστό μέσω αυτοματοποιημένου συστήματος παρακολούθησης της υγιεινής των τροφίμων	(EKK), (ΜΠ), (ΜΦ)	Από εξωτερικό εργαστήριο	Δεν εξετάστηκε.	Σε εξωτερικό εργαστήριο
(Andreopoulou, et al., 2023)	1.343 δείγματα συνολικά	1.021 δείγματα αίματος και 322 καρδιές από 42 εκμεταλλεύσεις παραγωγής κοτόπουλων διάφορων κατηγοριών	Ανοσο-απορροφητική μέθοδος συνδεδεμένου αντιγόνου (ELISA-TgSAG1)	PCR μαγνητικής σύλληψης mc-PCR, Βιοδοκιμή ποντικίου	Δεν εξετάστηκε	PCR πραγματικού χρόνου (Real time-PCR)
(Al-Asbahi, 2022)	150 δείγματα συνολικά	Δείγματα μυϊκού ιστού από κοτόπουλα που αγοράστηκαν από καταστήματα	(EKK), (ΜΠ)	(BA), (Vitec-2)	Δεν εξετάστηκε	Αλληλούχηση με Vitec2
(Athanasakopoulou, et al., 2021)	327 δείγματα συνολικά	159 δείγματα από κοτόπουλα και 168 από άγρια πτηνά Εντερικό επίχρισμα	EKK με επιλεκτικό θρεπτικό μέσο	(Vitec-2)	Ανίχνευση ανθεκτικότητας σε 18 αντιβιοτικά με το αυτοματοποιημένο σύστημα Vitec-2 και Etest,	PCR και αλληλούχηση PureLink™ Genomic DNA, MLST
(Kalanjatia, et al., 2022)	84 δείγματα συνολικά	Επίχρισμα από το έδαφος και τον εξοπλισμό σε διάφορα στάδια επεξεργασίας κοτόπουλων ενός σφαγείου	EKK με επιλεκτικό θρεπτικό μέσο (MacConkay), BA, ΜΠ, ΧG	Ένα τυποποιημένο σύστημα αναγνώρισης εντεροβακτηριδίων και άλλων Gram-αρνητικών βακτηρίων	Kirby-Bauer τυπική διάχυση δίσκου	Δεν πραγματοποιήθηκε
(Navarro-Gonzalez, et al., 2020)	1.369 δείγματα συνολικά	Περιττώματα: 615 Επίχρισμα ποδιών / φτερών: 401 Επίχρισμα στόματος: 353	EKK με επιλεκτικό θρεπτικό μέσο (MacConkay).	Ανοσομαγνητικός διαχωρισμός (IMS), PCR	Ηλεκτροφόρηση παλμικού πεδίου (PFGE)	PCR, PFGE και προσδιορισμός οροτύπων σε συνεργαζόμενο εργαστήριο
(Şanlıbaba, et al., 2020)	110 δείγματα συνολικά	Δείγματα από μπούτια και φτερούγες κοτόπουλων που αγοράστηκαν από την τοπική αγορά	EKK με επιλεκτικό θρεπτικό μέσο (ALOA Agar), BA, ΜΠ, ΧG	PCR, 16S rRNA αλληλούχηση	Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ)	PCR, DNA extraction kit

Συντμήσεις: Καλλιέργειες κυττάρων σε εμπλουτισμένο θρεπτικό μέσο (EKK), Μικροσκοπική παρατήρηση (ΜΠ), Μικροσκόπιο Φθορισμού (ΜΦ), Βιοχημικές Αναλύσεις (BA), Χρώση κατά Gram (ΧG), Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR), Αυτοματοποιημένο Σύστημα Μικροβιακής Αναγνώρισης (Vitec2), Ανοσομαγνητικός διαχωρισμός (IMS), Ηλεκτροφόρηση παλμικού πεδίου (PFGE), Kirby-Bauer τυπική διάχυση δίσκου (ΔΔΚΒ), Τυπική διάχυση δίσκου Mueller-Hinton (ΔΔΜΗ), Βήτα-λακταμάση εκτεταμένου φάσματος (ESBL), Βήτα-λακταμάση (AmpC)

Τα εντεροβακτήρια εμφανίζονται επίσης, να έχουν μεγάλη εξάπλωση και σε άλλη έρευνα που υπολογίζει τον συνολικό τους επιπολασμό στο 35,71% (Kalanjatia, et al., 2022). Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν *Escherichia coli* (28,57%), *Klebsiella oxytoca* (5,95%) και *Kluyvera* spp. (1,19%), τα οποία εμφάνιζαν ανθεκτικότητες σε πολλά αντιβιοτικά (Kalanjatia, et al., 2022). Τα βακτήρια *Escherichia coli* εξετάστηκαν διεξοδικά και σε άλλες μελέτες που εστίασαν στην εξάπλωσή τους τόσο σε πληθυσμούς κοτόπουλων όσο και σε άγρια πτηνά. Οι Athanasakopoulou *et al.* (2021), προσδιόρισαν τον επιπολασμό στα κοτόπουλα στο 7,5%, ενώ σε άγρια πτηνά στο 0,6%. Τα βακτήρια *E. coli* που απομονώθηκαν, ταξινομήθηκαν σε πέντε τύπους αλληλουχίας (ST's), που όλοι ήταν ανθεκτικοί σε έξι αντιβιοτικά, ενώ 12 από τις 13 σειρές βακτηρίων που μελετήθηκαν, ήταν ανθεκτικές σε τουλάχιστον τρεις τύπους αντιβιοτικών. Αντίστοιχα οι Navarro-Gonzalez *et al.* (2020), διερεύνησαν την παρουσία τους σε άγρια πτηνά σε δύο διαφορετικές περιοχές της Αμερικής και βρήκαν ότι ο συνολικός τους επιπολασμός ήταν 13,3%. Εντόπισαν δύο ορότυπους, *Escherichia coli* O157:H7, *Escherichia coli* non-O157 (STEC), που περιέχουν γονίδια ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά (Σχ. 8). Σημαντικά ήταν και τα ευρήματα για το *Listeria monocytogenes* ο επιπολασμός του οποίου βρέθηκε 33,63% (Şanlıbaba, et al., 2020) και του *Toxoplasma gondii* (Andreopoulou, et al., 2023) με επιπολασμό 9,4%, που εμφάνισαν ανθεκτικότητα σε αντιμικροβιακά φάρμακα (Πίν. 10).



Σχήμα 8: Επιπολασμός κυριότερων μικροοργανισμών που υπολογίστηκαν στις υπόλοιπες μελέτες που εξετάστηκαν.

Πίνακας 10: Αποτελέσματα ερευνών που μελέτησαν την εμφάνιση άλλων ειδών μικροοργανισμών.

Αναφορά	Επιπολασμός	Συγκέντρωση	Είδη	Ανθεκτικότητες	Πολυανθεκτικοί ορότυποι
(Abdullaeva, et al., 2021)	<i>Escherichia coli</i> 13,3%, <i>Salmonella enterica</i> Typhimurium 6,7%, <i>Staphylococcus aureus</i> 13,3%, <i>Proteus</i> spp. 33,3%	MAFAnM ¹ 4,34 ± 1,17)×10 ³ CFU/g Αυξήθηκαν από Σεπτέμβριο ως Δεκέμβριο κατά 7-10,9%,	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enterica</i> Typhimurium, <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Proteus</i> spp., <i>Listeria monocytogenes</i> .	Δεν εξετάστηκαν	<i>Salmonella enterica</i> Typhimurium 79, <i>Escherichia coli</i> AB1157, και <i>Staphylococcus aureus</i> 209P
(Andreopoulou, et al., 2023)	Συνολικός: 88/934 (9,4% %) Οικιακά 41,2%, Ωοπαράγωγής 2,8% Αργής ανάπτυξης 0%	Οι βιοδοκιμές σε ποντίκια έδειξαν ότι 11/26 καρδιές ήταν θετικές (42,3%) 5 × 10 ⁵ <i>T. gondii</i> ισοδύναμα στα οροθετικά δείγματα.	<i>Toxoplasma gondii</i> <i>Eimeria tenella</i>	Δεν εξετάστηκαν	Όλοι οι παθογόνοι ανήκαν στον τύπο II (ToxoDB#3), είχαν δηλαδή γονίδιο ανθεκτικότητας
(Al-Asbahi, 2022)	Συνολικός για Gram-αρνητικά βακτήρια 140/150 (93%)	Δεν υπολογίστηκε	<i>Citrobacter</i> spp. (35,1%) <i>Klebsilla</i> spp. (18,2 %), <i>Proteus vulgaris</i> (13,9%) <i>Shigella</i> spp. (11,9 %), <i>E. coli</i> (8,9 %), <i>Proteus mirabilis</i> (7,9%) και <i>Salmonella</i> spp. (12,4 %)	Δεν εξετάστηκαν	Δεν εξετάστηκαν
(Athanasakopoulou, et al., 2021)	Ανθεκτικά σε τρίτης γενιάς κεφαλοσπορίνες: Κοτόπουλα 12/159, (7,5%) Άγρια πτηνά 1/168 (0,6%)	Δεν υπολογίστηκε	Τα βακτήρια <i>E. coli</i> που απομονώθηκαν, ταξινομήθηκαν σε πέντε τύπους αλληλουχίας (ST's)	Όλες οι σειρές ήταν ανθεκτικές σε έξι αντιβιοτικά: AMP, AMC, TZP, CEX, CF, CAZ CEF 9/13 FLU 9/13 TET 7/13	12 από τις 13 σειρές βακτηρίων ήταν ανθεκτικές σε τουλάχιστον τρεις τύπους αντιβιοτικών. Δέκα σειρές ανθεκτικές σε QN/FQN
(Kalanjatia, et al., 2022)	Συνολικός 30/84 (35,71%). <i>Escherichia coli</i> 24/84 (28,57%) <i>Klebsiella oxytoca</i> , 5/84 (5,95%) <i>Kluyvera</i> spp 1/84 (1,19%)	Δεν υπολογίστηκε	Εντεροβακτήρια <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , και <i>Kluyvera</i> spp., με ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά (<i>ESBL/AmpC</i>)	Όλα τα βακτήρια είχαν ανθεκτικότητα σε: PEN, AMO, AMP, CTX, CEF, CEZ, STR	Όλες οι σειρές μπορούσαν να παράγουν <i>ESBL</i> , ενώ μόνο τα <i>E. coli</i> and <i>Klebsiella Oxytoca AmpC</i>
(Navarro-Gonzalez, et al., 2020)	Συνολικός 8/60 είδη (13,3%) Ατομικά περιττώματα 8/583 (1,37%) Μαζικά περιττώματα 4/32 (12,5%) Στοματικά 0/353 (0%) Πόδια/πτερά 2/401 (0,5%)	Δεν υπολογίστηκε	<i>Escherichia coli</i> O157:H7 <i>Escherichia coli</i> non-O157 (STEC) <i>Salmonella enterica</i> serotype Newport <i>Salmonella</i> Saugus <i>Salmonella</i> III	Δεν ανιχνεύθηκαν	Σε όλα τα είδη που εξετάστηκαν εντοπίζονται γονίδια που σχετίζονται με την πολυανθεκτικότητα
(Şanlıbaba, et al., 2020)	Συνολικός: 37/110 (33,63%) <i>L. monocytogenes</i> 14,54% <i>L. innocua</i> 11,81% . <i>L. welshimeri</i> 6,36% <i>L. seeligeri</i> 0,90%	Δεν υπολογίστηκε	<i>Listeria</i> spp. και <i>Listeria monocytogenes</i>	Όλες οι σειρές ήταν ανθεκτικές σε AMP, FOS, NAL, LIN και CLI., ενώ παρατηρήθηκαν ανθεκτικότητες σε 11 ακόμα αντιβιοτικά	Τουλάχιστον μια σειρά είχε ανθεκτικότητα και στις τρεις κύριες ομάδες αντιβιοτικών

Συντμήσεις: :quinolones και fluoroquinolones (QN/FQNR), Tetracycline (TET), ampicillin (AMP), amoxicillin/clavulanic acid (AMC), cefalexin (CEX), cefalotin (CF), ceftiofur (CEF), cefixime (CFIX), cefotaxime (CTX), ceftazidime (CAZ), ceftriaxone (CTRX), flumequine (FLU), tetracycline (TET), penicillin (PEN), Amoxicillin (AMO), Streptomycin (STR), Fosfomycin (FOS), clindamycin (CLI), linezolid (LIN).

¹ μεσόφιλοι, αερόβιοι και προαιρετικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Είναι πολύ ανησυχητικό το γεγονός ότι το κρέας κοτόπουλου έχει θεωρηθεί μία από τις κύριες αιτίες τροφικής δηλητηρίασης, ενώ η βιομηχανία πουλερικών είναι ταυτόχρονα μία από τις σημαντικότερες πηγές ζωικής πρωτεΐνης για τον παγκόσμιο πληθυσμό (Gonçalves-Tenório, et al., 2018). Από τα αποτελέσματα των ερευνητικών μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση αποδεικνύεται ότι η παθογόνος επιμόλυνση των πουλερικών μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε επίπεδο: στο αρχικό περιβάλλον παραγωγής, μέσω κάθετης μετάδοσης (μέσω αυγού, που προκαλεί τη γέννηση μολυσμένων νεοσσών), μέσω οριζόντιας μετάδοσης (που προκαλείται από μολυσμένο περιβάλλον ή ζωοτροφή), κατά τη διαδικασία σφαγής σε διάφορα στάδια, στο στάδιο της συσκευασίας ή της τελικής διάθεσης στην αγορά.

Ένα μεγάλο εύρος παθογόνων μικροοργανισμών ανιχνεύτηκαν στα προϊόντα πουλερικών, αλλά και στα άγρια πτηνά που ζουν κοντά σε περιοχές με έντονη πτηνοτροφική παραγωγή. Αυτό είναι μείζονος σημασίας, επειδή οι οργανισμοί που υπάρχουν στο έντερο των πτηνών έχουν τη δυνατότητα να εξαπλωθούν στο εξωτερικό του πτηνού κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, αποτελώντας μια πιθανή οδό μόλυνσης για το κρέας πουλερικών. Απαιτείται η κατανόηση των ιδιοτήτων αποικισμού των τροφιμογενών παθογόνων που σχετίζονται με τα πουλερικά για να βοηθήσει στον μετριασμό του κινδύνου των οργανισμών (Golden, et al., 2021).

Στις εργασίες της ανασκόπησης διερευνήθηκαν παθογόνα είδη που ανήκουν σε περισσότερα από δέκα γένη μικροοργανισμών, που εμφάνισαν σημαντικό επιπολασμό και ισχυρή ανθεκτικότητα σε αντιμικροβιακά φάρμακα. Τα κυριότερα είδη που αναφέρονται ανήκουν στα: *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus*

aureus, *Proteus* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsilla* spp. *Shigella* spp., *Kluyvera* spp., *Listeria* spp., *Toxoplasma gondii*, ενώ σε παλαιότερες ανασκοπήσεις γίνονται αναφορές και σε ακόμα περισσότερα (Serbessa, et al., 2023). Οι περισσότερες μελέτες που εντοπίστηκαν στην αναζήτηση της βιβλιογραφίας αφορούν τα δύο πρώτα γένη, καθώς φαίνεται ότι είναι αυτά που είναι υπεύθυνα για τις περισσότερες μολύνσεις στον άνθρωπο και έχουν μεγαλύτερη γεωγραφική εξάπλωση. Οι γαστρεντερικές οδοί των πουλερικών αποτελούν σημαντικές δεξαμενές για τη *Salmonella* και το *Campylobacter*, υποδεικνύοντας γιατί οι δύο μικροοργανισμοί έχουν παρουσιάσει τόσο μεγάλο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία για τα τρόφιμα με βάση τα πουλερικά (Golden, et al., 2021).

4.1. Για τα είδη *Salmonella*

Η μελέτη των Belachew *et al.* (2021) αποκάλυψε την εκτεταμένη εμφάνιση της σαλμονέλας σε κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής, τις εισροές τους και το περιβάλλον που εκτρέφονται σε αγροκτήματα μικρής έντασης στην Αιθιοπία. Η ευρεία εμφάνιση της σαλμονέλας σε όλα τα δείγματα που ελέγχθηκαν (νερό, ζωοτροφές, επιχρίσματα περιττωμάτων και περιεχόμενο τυφλού εντέρου) σε συνδυασμό με την έλλειψη γνώσης σχετικά με το ρόλο της βιοασφάλειας, φαίνεται ότι συμβάλουν στη μετάδοση των βακτηρίων μεταξύ των σμηνών και πιθανώς ανάμεσα στα αγροκτήματα. Η κατάσταση υγιεινής των εκμεταλλεύσεων που μελετήθηκαν ήταν επίσης κακή και θα μπορούσε να είναι ένας από τους παράγοντες που συνέβαλαν στον αυξημένο κίνδυνο μόλυνσης από σαλμονέλα. Η χρήση ακάθαρτων υλικών διατροφής και ανθυγιεινών σπιτιών έχει αποδειχθεί ότι αποτελούν πηγές μόλυνσης από σαλμονέλα στα πουλερικά. Σφάγια κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής που βρέθηκαν θετικά στη σαλμονέλα, ταυτοποιήθηκαν σε

κάθε κρίσιμο στάδιο της γραμμής σφαγής και σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι εμφανίστηκε στα αγροκτήματα.

Οι Boubendir *et al.* (2021), ανέλυσαν δείγματα και εκτίμησαν την συγκέντρωση διάφορων οροτύπων σαλμονέλας σε πέντε κρίσιμα στάδια της διαδικασίας παραγωγής κοτόπουλων σε σφαγεία. Βρήκαν ότι το κρίσιμο βήμα που παρουσίαζε το υψηλότερο επίπεδο μόλυνσης ήταν αμέσως μετά την αιμορραγία, κάτι που δεν προκαλεί έκπληξη, δεδομένου ότι τα φτερά, το δέρμα και τα περιττώματα των πτηνών που εισέρχονται στο σφαγείο μπορούν όλα να φέρουν σημαντικά βακτηριακά φορτία. Η μόλυνση από σαλμονέλα σε αυτό το βήμα θα μπορούσε να προέρχεται από το περιβάλλον της φάρμας, από τα κοτέτσια ή ακόμα και από αυξημένη απόρριψη του παθογόνου από πτηνά-φορείς κατά τη διάρκεια των πιεστικών συνθηκών μεταφοράς. Τα αποτελέσματά της έρευνάς τους υπογραμμίζουν ότι η ψύξη σε ξηρό αέρα είναι κρίσιμη για τη μείωση της μόλυνσης με σαλμονέλα, με το ποσοστό των θετικών σφαγίων να μειώνεται από 37,5% σε 2,5% και από 38,5% σε 0% στα δύο σφαγεία που ελέγχθηκαν αντίστοιχα.

Στην ίδια έρευνα επισημαίνεται ότι τα στελέχη της σαλμονέλας μπορούν να εξελιχθούν μέσω της απόκτησης γενετικών στοιχείων, για να επιβιώσουν σε εχθρικά περιβάλλοντα που δημιουργούνται από τη χρήση αντιβιοτικών, εναλλακτικών ουσιών με βάση το οξύ, απολυμαντικών σφαγίων, υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών και των διακυμάνσεων του pH και της ωσμωτικότητας που συναντώνται σε εγκαταστάσεις και μονάδες επεξεργασίας πουλερικών. Η επαναλαμβανόμενη έκθεση ορισμένων στελεχών *Salmonella* σε διάφορες καταπονήσεις, φαίνεται να αυξάνει την ανοχή και την ικανότητα επιβίωσης αυτών των στελεχών, χωρίς να μειώνεται η ικανότητα ορισμένων οροτύπων *Salmonella* να προσκολλώνται κατά προτίμηση στο δέρμα του κοτόπουλου. Αυτές οι

παρατηρήσεις υπογραμμίζουν τη σημασία που έχουν οι συνθήκες αυτές στον έλεγχο της διασταυρούμενης μόλυνσης από σαλμονέλα κατά μήκος της γραμμής σφαγής, αλλά και για την πρόληψη αυτής της μόλυνσης σε επίπεδο εκμετάλλευσης.

Η εμφάνιση του γένους *Salmonella* ξεκινά πολύ νωρίς στην διαδικασία ανάπτυξης των κοτόπουλων. Οι Jibril *et al.* (2023), εκτίμησαν τον επιπολασμό της σαλμονέλας και προσδιόρισαν το προφίλ ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά, των στελεχών που ανιχνεύτηκαν σε νεοσσούς μιας ημέρας σε εκτροφεία πουλερικών. Στα αποτελέσματά τους αναφέρουν την παρουσία των οροτύπων *S. Kentucky* (ST-198), *S. Isangi*, *S. Larochelle* και *S. Muenster* (ST-321) στα περιττώματα των νεοσσών την πρώτη ημέρα της ζωής τους. Η γενετική ανάλυση που ακολούθησαν έδειξε ότι οι ορότυποι αυτοί ήταν παρόμοιοι σε εμπορικές πτηνοτροφικές μονάδες στην ίδια γεωγραφική περιοχή που ερευνήθηκε στη μελέτη τους. Αυτό υποδηλώνει ότι τα εκκολαπτήρια θα μπορούσαν να είναι πηγές και μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη μετάδοση της σαλμονέλας. Επιπλέον στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι, φαινοτυπικά, όλα τα απομονωμένα στελέχη έδειξαν αντοχή σε τουλάχιστον ένα αντιμικροβιακό με το 68% αυτών των απομονώσεων να είναι πολυανθεκτικά. Αυτό υποδεικνύει ότι η μετάδοση μεταξύ εκκολαπτηρίων και εκτροφείων είναι πιθανή, υπογραμμίζοντας επομένως τη σημασία των εκκολαπτηρίων στη δυναμική μετάδοσης της μόλυνσης από σαλμονέλα σε πτηνοτροφεία. Απαιτείται όμως σύγκριση γονιδιώματος ή άλλος λεπτομερής τύπος απομονώσεων για να εξασφαλιστεί το συμπέρασμα σχετικά με τη δυναμική μετάδοσης.

Τα αποτελέσματα αυτά ενισχύονται από την έρευνα των Li *et al.* (2020), οι οποίοι προσδιόρισαν τον επιπολασμό και τους διαφορετικούς οροτύπους *Salmonella* spp. σε αυγά πουλερικών από αγροκτήματα και καταστήματα λιανικής πώλησης στην Κίνα. Παρότι τα

μέτρα υγιεινής και βιοασφάλειας ήταν ιδιαίτερα εντατικά, το μέσο ποσοστό ανίχνευσης αυγών θετικών στη σαλμονέλα σε πτηνοτροφεία, σούπερ μάρκετ και αγορές νωπών προϊόντων βρέθηκε στο 5,6%. Αναλυτικότερα, το ποσοστό ανίχνευσης θετικών στη σαλμονέλα αυγών στην παραγωγή ήταν 6,6% και στις πωλήσεις 5,1%.

Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι αλλαγές στη διαχείριση της πυκνότητας του ζωικού κεφαλαίου στο στάδιο της ωοτοκίας μπορούν να επηρεάσουν την επιμόλυνση από σαλμονέλα. Επιπλέον, οι ανοσολογικές αλλαγές στα κοτόπουλα εκτροφής στο στάδιο της ωοτοκίας μπορούν να αυξήσουν τα ποσοστά μόλυνσης. Στη μελέτη τους, αναγνώρισαν 13 διαφορετικούς ορότυπους *Salmonella* από τα αυγά. Οι τέσσερις κορυφαίοι ορότυποι ήταν οι *S. Typhimurium*, *S. Indiana*, *S. Thompson* και *S. Enteritidis*, που συνδέονται και με τα περισσότερα προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων. Επιπλέον, τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι οι επικρατέστεροι ορότυποι της σαλμονέλας στα αυγά διέφεραν μεταξύ των αγορών λιανικής και των πτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, κάτι που σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχουν και ενδιάμεσα στάδια επιμόλυνσης.

Μια άλλη παράμετρος που αξίζει να ληφθεί υπόψη είναι η ανίχνευση των βακτηρίων *Salmonella* σε σωρούς περιττωμάτων που προορίζονται για κοπριά ως κομπόστ. Οι Dunn *et al.* (2022), προσδιόρισαν τον επιπολασμό, την ποικιλομορφία και τη συγκέντρωση της σαλμονέλας στα απορρίμματα πουλερικών που λαμβάνονται μέσω δειγματοληψίας από φάρμες στις νοτιοανατολικές ΗΠΑ. Διαπίστωσαν ότι όταν απομονώθηκαν από τα περιττώματα αυτά, οι συγκεντρώσεις σαλμονέλας ήταν μεταβλητές. Η διακύμανση στην ανίχνευσή τους θα μπορούσε να αποδοθεί σε πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών συνθηκών, των πρακτικών εκτροφής (π.χ. εμβολιασμός σμηγνών ή χρήση αντιβιοτικών), τη δειγματοληψία στους

σωρούς συλλογής ή τις εργαστηριακές μεθοδολογίες, την ηλικία των περιττωμάτων ή την επεξεργασία τους (π.χ. κομποστοποίηση). Ανεξάρτητα από την αιτία, η διακύμανση του επιπολασμού μεταξύ των εκμεταλλεύσεων και των τοποθεσιών δειγματοληψίας υποδεικνύει ότι οι στρατηγικές μετριασμού του κινδύνου θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την πιθανή μόλυνση σε όλες τις μη επεξεργασμένες γέννες.

Ο χρόνος παραμονής των περιττωμάτων στον σωρό της κοπριάς επηρέασε σημαντικά την επιβίωση της σαλμονέλας και στην έρευνά τους δεν βρέθηκαν βακτήρια σαλμονέλας σε περιττώματα που είχαν παραμείνει στους σωρούς περισσότερες από 21 ημέρες. Αυτό συμφωνεί και με άλλες μελέτες που αποδεικνύουν ότι η σαλμονέλα στην κοπριά επιβιώνει για λιγότερο από ένα μήνα σε σωρούς, εάν οι θερμοκρασίες φτάσουν τους 55°C. Καθώς όμως συχνά χρησιμοποιούνται νωρίτερα, φάνηκε στην εργασία τους ότι δείγματα που λήφθηκαν σε πέντε από τις έξι κτηνοτροφικές μονάδες ήταν θετικές κάποια στιγμή για περισσότερους από έναν οροτύπους, συμπεριλαμβανομένων ορισμένων που σχετίζονται με την εμφάνιση προβλημάτων υγείας στους ανθρώπους.

Αλλά και στην τελική διάθεση των σφάγιων κοτόπουλων υπάρχει σημαντική εμφάνιση του γένους *Salmonella*. Ο Kanaan (2023), διερεύνησε τη συχνότητα εμφάνισης των οροτύπων *Salmonella enterica* Enteritidis και Typhimurium (*S. Enteritidis* και *S. Typhimurium*), της ανθεκτικότητάς τους στα αντιβιοτικά και της επικράτησης πολλαπλής ανθεκτικότητας μεταξύ των απομονωθέντων *S. Enteritidis* και *S. Typhimurium*, από κρέας κοτόπουλων που προμηθεύτηκε από την λιανική αγορά. Διαπίστωσε ότι το 12,7% του κρέατος κοτόπουλου λιανικής ήταν θετικό για *Salmonella* spp., με ποσοστά απομόνωσης 16% και 11% στο ωμό και κατεψυγμένο κρέας κοτόπουλου, αντίστοιχα. Επίσης, φαίνεται στην μελέτη του ότι η χρήση κρύου νερού στα καταστήματα λιανικής επηρεάζει σημαντικά

τον επιπολασμό της *Salmonella* spp., με αξιοσημείωτα μεγαλύτερη συχνότητα των *Salmonella* spp. (66,7%) σε σφάγια που προέρχονται από αγορές που κατανάλωναν κρύο νερό σε σύγκριση με καταστήματα που δεν χρησιμοποιούσαν κρύο νερό (25,7%).

Επιπλέον, ισχυρίζεται στην έρευνά του ότι η επιβίωση της *Salmonella* spp. σε διάφορα σημεία των μονάδων επεξεργασίας μπορεί να αποδοθεί στον σχηματισμό ενός βιοφίλμ από τα κύτταρα αυτού του γένους, οδηγώντας στην ευρεία διάδοσή τους σε ολόκληρο το περιβάλλον των εγκαταστάσεων. Τα αποτελέσματα του αποκάλυψαν μια σημαντική εκδήλωση της σαλμονέλας στο ωμό κρέας κοτόπουλου σε σύγκριση με το κατεψυγμένο κρέας. Η περιορισμένη βακτηριακή ανάπτυξη σε μη επιλεγμένα και εκλεκτικά μέσα μπορεί να οφείλεται στη βακτηριοστατική επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών, η οποία θεωρείται ότι λειτουργεί τραυματίζοντας το βακτηριακό κυτταρικό τοίχωμα.

Τα αποτελέσματα της μελέτης του αποκάλυψαν ότι τα περισσότερα στελέχη εμφάνισαν αντοχή σε τρία τουλάχιστον αντιβιοτικά με επιπολασμό από 63,2% έως 73,7%. Τα ανθεκτικά στα αντιβιοτικά βακτήρια έχουν γίνει πιο κοινά στην κτηνιατρική και την ανθρώπινη ιατρική λόγω της υπερβολικής χρήσης αντιβιοτικών β-λακτάμης για τη θεραπεία λοιμώξεων από σαλμονέλα. Παρά την απαγόρευση των φαρμακευτικών προϊόντων στις ζωοτροφές, η εκτεταμένη χρήση αντιβιοτικών στην εκτροφή κοτόπουλων εξακολουθεί να οφείλεται σε γενόσημα φάρμακα για χρήση σε τρόφιμα και νερό που είναι σημαντικά πιο φθηνά από τα βασικά προϊόντα. Η παραγωγή βιοφίλμ είναι ο μηχανισμός και για την επίτευξη ανθεκτικότητας και σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων, καθώς εξαπλώνεται σε όλους τους οροτύπους *S. enterica* λόγω της οριζόντιας μεταφοράς γονιδίων μεταξύ ανθεκτικών πλασμιδίων και βακτηριακών

χρωμοσωμάτων. Ένα από τα πιο αξιοσημείωτα ευρήματα αυτής της μελέτης ήταν ότι το 63,2% των απομονώσεων ανέπτυξε αντοχή σε τουλάχιστον τρία αντιμικροβιακά φάρμακα, με το 47,4% να παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε τουλάχιστον έξι φάρμακα.

Η εξάπλωση της σαλμονέλας δεν περιορίζεται μόνο στα κοτόπουλα αλλά και στις πάπιες. Οι Kang *et al.* (2022), διερεύνησαν τον επιπολασμό της σαλμονέλας στους πληθυσμούς πάπιας, προσδιόρισαν την ανθεκτικότητά τους στα αντιβιοτικά και ταυτοποίησαν τους σημαντικότερους ορότυπους που ανίχνευσαν. *Salmonella* spp. ανακτήθηκαν από όλα τα στάδια της αλυσίδας παραγωγής πάπιας, με συνολικό επιπολασμό 25,7%, υποδηλώνοντας ότι η μόλυνση από σαλμονέλα σε αυτή είναι σχετικά σοβαρή. Το υψηλότερο ποσοστό απομόνωσης της σαλμονέλας (35,7%) παρατηρήθηκε στο στάδιο του εκκολαπτηρίου, υποδεικνύοντας ότι αποτελεί πιθανή απειλή για την αλυσίδα παραγωγής πάπιας.

Το ποσοστό απομόνωσης στο τμήμα της αγοράς (29,2%) ήταν σημαντικά υψηλότερο από αυτό στο σφαγείο ($P < 0,05$). Μεταξύ αυτών, τα δείγματα κρέατος πάπιας σούπερ μάρκετ είχαν το υψηλότερο ποσοστό απομόνωσης (42,5%), το οποίο μπορεί να οφείλεται στη διασταυρούμενη μόλυνση από σαλμονέλα κατά την παραγωγή, αποθήκευση, μεταφορά και τις πωλήσεις. Από τους εννέα οροτύπους που εντοπίστηκαν στην μελέτη τους, οι κυρίαρχοι ήταν οι *S. Typhimurium*, *S. Anatum* και *S. Enteritidis*, με τον πρώτο να ήταν το ο διαδεδομένος. Η εκτεταμένη χρήση αντιμικροβιακών παραγόντων έχει συμβάλει στην ανάπτυξη της ταυτόχρονης ανθεκτικότητας σε πολλά φάρμακα (πολυανθεκτικότητα) στη σαλμονέλα. Το *S. Typhimurium* που εντόπισαν στην έρευνά τους ήταν πολυανθεκτικό. Έτσι, μπορεί να εξαπλωθεί κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής και τελικά να εισρεύσει στην αγορά, αποτελώντας μια πιθανή απειλή για την

ανθρώπινη υγεία. Επειδή το εκκολαπτήριο, το αγρόκτημα και το σφαγείο και η αγορά βρίσκονταν σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, οι ερευνητές προτείνουν ότι το *S. Typhimurium* μπορεί να εξαπλωθεί μεταξύ διαφορετικών περιοχών της αλυσίδας παραγωγής. Στο εύρημα αυτό κατέληξε και η έρευνα των Miller *et al.* (2020), οι οποίοι προσδιόρισαν την εμφάνιση, τη γενετική ταυτοποίηση και τη φυλογενετική θέση ενός νέου ιδιαίτερα παθογόνου ορότυπου *Salmonella enterica* Reading σε προϊόντα γαλοπούλας. Τα δραματικά αυξημένα ποσοστά απομόνωσης του *S. Reading* στην εμπορική παραγωγή γαλοπούλας βρέθηκαν ανεξάρτητα από την εταιρεία παραγωγής τους ή την γεωγραφική περιοχή προέλευσης των προϊόντων. Δεδομένων αυτών των γεγονότων, είναι πολύ πιθανό ότι η εισαγωγή αυτής της ομάδας να έγινε στην εμπορική παραγωγή γαλοπούλας γρήγορα και ομοιόμορφα. Η πιο φειδωλή εξήγηση είναι ότι εισήχθη κάθετα από μια κοινή πηγή, πιθανότατα μέσω πτηνών τροφοδοσίας στην κορυφή της πυραμίδας γενετικής αναπαραγωγής.

4.2. Για τα είδη *Campylobacter*

Τα βακτήρια του γένους *Campylobacter* έχουν ευρεία εξάπλωση στα πουλερικά και μπορούν να περάσουν εύκολα στους ανθρώπους. Φαίνεται ότι οι άνθρωποι και τα κοτόπουλα, παρά τις τεράστιες βιολογικές διαφορές τους, μοιράζονται πολλά είδη τέτοιων βακτηρίων. Τα *Campylobacter* spp. έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις ανάπτυξης, όσον αφορά τη θερμοκρασία και αυτό το γεγονός μπορεί να είναι περιοριστικός παράγοντας για την επιβίωσή τους εκτός θερμόαιμων ζώων, αλλά φαίνεται ότι δεν είναι ικανός να αποτρέψει την εξάπλωσή τους. Στις εργασίες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση μπορούν να βρεθούν έρευνες προσδιορισμού του επιπολασμού, των χαρακτηριστικών και

της γενετικής σύστασης των βακτηρίων *Campylobacter* σε όλο το φάσμα τρόπων παραγωγής, επεξεργασίας και διάθεσης των προϊόντων κοτόπουλου.

Οι Reichelt *et al.* (2022), διερεύνησαν εντατικά τρεις εκμεταλλεύσεις κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής για 3 χρόνια, σε μια ημι-ποσοτική προσέγγιση για την εκτίμηση των επιπέδων μόλυνσης από βακτήρια του γένους *Campylobacter*, καθώς και την αλληλουχία ολόκληρου του γονιδιώματός τους, ώστε να προσδιοριστούν πιθανές κατευθύνσεις της μετάδοσής τους. Οι ερευνητές έλαβαν δείγματα από τα εκτροφεία κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής, τόσο από περιττώματα και δείγματα επιφανειών εσωτερικά και εξωτερικά των εγκαταστάσεων, όσο και το ευρύτερο περιβάλλον (νερό, έδαφος αέρας). Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν συχνή ανίχνευση (59,6%) και υψηλές συγκεντρώσεις (6,4 log₁₀MPN/g) του *Campylobacter* spp. σε ομαδοποιημένα κόπρανα από το εσωτερικό των εκτροφείων. Αντίθετα, τα ευρήματα στην ευρύτερη περιοχή των εκμεταλλεύσεων ήταν σποραδικά και έδειξαν σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις.

Η εντατική δειγματοληψία στο εσωτερικό του αχυρώνα όπου αναπτύσσονται τα κοτόπουλα έδειξε, ότι οι θηλές και οι δίσκοι ποτίσματος, οι γούρνες, το φυσικό φράγμα εξόδου (σανίδα) και οι αεραγωγοί/ανεμιστήρες ήταν συχνά μολυσμένοι με *Campylobacter*, αν και σε χαμηλά επίπεδα. Οι επιφάνειες του προαναφερθέντος εξοπλισμού είναι συχνά μολυσμένες με περιττώματα κοτόπουλου και μολυσμένα απορρίμματα. Αντίθετα, τα βακτήρια δεν εντοπίστηκαν σε κανένα από τα δείγματα σκόνης, κάτι που πιθανώς εξηγείται από την ευαισθησία του σε ξηρό περιβάλλον.

Τα επιχρίσματα από τα συστήματα αερισμού που βρέθηκαν θετικά με *Campylobacter* υποδεικνύουν ότι κυκλοφορούν τα βακτήρια συνδεδεμένα με αερομεταφερόμενα σωματίδια κοπράνων. Αντίθετα, δεν ανιχνεύτηκε καλλιεργήσιμο

Campylobacter σε δείγματα αέρα έξω από τους αχυρώνες. Μια πιθανή εξήγηση για αυτό, θα μπορούσε να είναι το ισχυρό αποτέλεσμα αραίωσης στον αέρα του περιβάλλοντος, το οποίο οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης κάτω από το όριο ανίχνευσης. Στα κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής έχει περιγραφεί μια ξεχωριστή εποχικότητα με κορυφές επικράτησης για το *Campylobacter* το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Αντίστοιχα, στην έρευνα αναφέρονται διακριτές παραλλαγές στα ποσοστά ανίχνευσης και κατανομής του *Campylobacter* spp. στα αγροκτήματα που εξετάστηκαν το καλοκαίρι και τον χειμώνα.

Ο επιπολασμός και η εξάπλωση των βακτηρίων του γένους *Campylobacter* φαίνεται ότι επηρεάζονται από τον τρόπο εκτροφής και επεξεργασίας των πουλερικών. Σε μια συγκριτική μελέτη οι Royden *et al.* (2021), προσδιόρισαν τον επιπολασμό και τη συγκέντρωση ειδών του γένους *Campylobacter* που ανιχνεύονται στο κρέας κοτόπουλου που παράγεται για την αγορά Halal στην Αγγλία, σε σύγκριση με τα συμβατικά κοτόπουλα. Σε αυτή τη μελέτη, ο επιπολασμός του βακτηρίου στα κοτόπουλα Halal που παράγεται στο Ηνωμένο Βασίλειο ήταν 65,4% (95% CI: 60,8 έως 70,1%). Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, συνάδουν με ευρήματα άλλων μελετών που αποδεικνύουν υψηλότερα επίπεδα μόλυνσης στα κοτόπουλα Halal από ότι στα συμβατικά κοτόπουλα. Στη συγκεκριμένη έρευνα, ο επιπολασμός των θετικών σε *Campylobacter* δειγμάτων δέρματος λαιμού κοτόπουλου ήταν 65,4% και το 13,8% των δειγμάτων είχε το υψηλότερο επίπεδο μόλυνσης (0,1 CFU/g). Αυτή η διαφορά πιθανόν να προκύπτει σε ένα ή περισσότερα στάδια παραγωγής ή/και λιανικής πώλησης, συμπεριλαμβανομένης της εκτροφής, της επεξεργασίας και μεταποίησης ή του σημείου πώλησης. Στις υποθέσεις που έκαναν οι ερευνητές για τις διαφορές που εντοπίστηκαν, περιλαμβάνονται ο αυξημένος αριθμός τεχνικών μερικού αποπληθυσμού ή αραίωσης των κοπαδιών (και επομένως πιθανές

παραβιάσεις της βιοασφάλειας) σε φάρμες κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής Halal. Η αραίωση ή η μερική μείωση του πληθυσμού χρησιμοποιείται από τους παραγωγούς πουλερικών για τη μεγιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης και αναφέρεται και σε άλλη έρευνα ως παράγοντας κινδύνου στον αποικισμό πτηνών από *Campylobacter* (Emanowicz, et al., 2021).

Μια άλλη παράμετρος που κέντρισε την προσοχή των ερευνητών ήταν και οι διαφορές στον τρόπο πώλησης του κρέατος, συμπεριλαμβανομένης της λιγότερο πλαστικής συσκευασίας, που μπορεί μειώνουν την επιβίωση του *Campylobacter* στο κρέας κοτόπουλου αλλά αυξάνουν τη διασταυρούμενη μόλυνση μεταξύ των κοτόπουλων. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος διασταυρούμενης επιμόλυνσης είναι χαμηλότερος μεταξύ συσκευασμένων κοτόπουλων που αγοράζονται σε σούπερ μάρκετ και από διαδικτυακούς λιανοπωλητές, υπό την προϋπόθεση ότι η διαδικασία με την οποία συσκευάζονται ελαχιστοποιεί τη διασταυρούμενη μόλυνση.

Το φαινόμενο αυτό για την τελική διάθεση των προϊόντων αποτυπώνεται πολύ χαρακτηριστικά στην έρευνα των Neogi *et al.* (2020), οι οποίοι ανίχνευσαν πολυανθεκτικά στελέχη *Campylobacter* spp. και την υπολειμματικότητα των αντιμικροβιακών φαρμάκων σε πτηνοτροφεία και αγορές ζωντανών πτηνών στο Μπαγκλαντές. Σε σύγκριση με τα κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής που συσκευάζονται πριν να διατεθούν στην αγορά, η μεγαλύτερη εμφάνιση *Campylobacter* spp. σε δείγματα κρέατος από το εμπόριο ζωντανών πτηνών πιθανότατα συνδέεται με μεγάλης κλίμακας μόλυνση του πόσιμου νερού και του περιβάλλοντος δαπέδου, διευκολύνοντας την ευρεία δευτερογενή μετάδοση αυτού του ζωονοσογόνου παθογόνου. Η μεγαλύτερη εμφάνιση τέτοιας μόλυνσης στον ιστό του

ήπατος σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δείγματα κρέατος είναι σύμφωνη με το βιολογικό ρόλο των οργάνων.

Ανάλογα αποτελέσματα εμφανίζονται και σε οικιακές εκτροφές κοτόπουλων. Σε μια διεξοδική έρευνα οι Dermatas *et al.* (2023), διερεύνησαν την αφθονία και τον επιπολασμό βακτηρίων του γένους *Campylobacter* σε κοτόπουλα οικιακής εκτροφής ελεύθερης βοσκής, καθώς και την πιθανή συσχέτιση του με ορισμένους επιδημιολογικούς παράγοντες (μέγεθος του σμήνους, παρουσία άλλων ειδών πουλερικών, παρουσία μικρών μηρυκαστικών, συμπτκνώματα διατροφής ή υπολείμματα). Τα δείγματα λήφθηκαν από δέρμα κοτόπουλου, θωρακικό μυ, επιχρίσματα της σπλαχνικής κοιλότητας με ένα στυλεό και το αντίστοιχο συκώτι. Δεκαοκτώ είδη του γένους *Campylobacter* απομονώθηκαν από τα κοτόπουλα ελεύθερης βόσκησης στο αγροτικό περιβάλλον, μια εντυπωσιακή αφθονία που υποδηλώνει ότι αυτό το γένος μπορεί να επιβιώσει σε περισσότερες οικολογικές κόγχες από ότι πιστεύεται.

Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το πλήθος των πτηνών στο κοπάδι των κοτόπουλων ήταν ο πιο αποφασιστικός παράγοντας που επηρέασε τον επιπολασμό των περισσότερων ειδών *Campylobacter*. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται, επίσης, ότι οι ποιοτικές μέθοδοι ήταν πιο πολλαπλασιαστικές στην απομόνωση των βακτηρίων, ειδικά στους 42 °C. Όμως, οι πρακτικές εκτροφής και σφαγής μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών νοικοκυριών. Είναι πρακτικά αδύνατο να ταξινομηθούν λεπτομερώς όλοι οι διαφορετικοί παράγοντες που εμπλέκονται. Για παράδειγμα, στις αγροτικές περιοχές, τα πουλιά βόσκουν ελεύθερα και αποκτούν ό,τι χρειάζονται από το φυσικό περιβάλλον του κτήματος που ζουν, και αυτό φαίνεται να εξισώνει τις διαφορές στις πρακτικές διατροφής.

Όσον αφορά την παρουσία άλλων ειδών πουλερικών, φαίνεται ότι τα πουλιά που μοιράζονται τον ίδιο βιότοπο ανεξάρτητα από το είδος τους, φέρουν παρόμοια μικροβιώματα και έτσι οι ίδιοι μικροοργανισμοί κυκλοφορούν ανάμεσά τους. Σε όλες τις μετρήσεις της έρευνας, το *C. jejuni* βρέθηκε να είναι το πιο διαδεδομένο από όλα τα είδη *Campylobacter*, εύρημα που συμφωνεί με τα αποτελέσματα όλων των σχετικών ερευνών της ανασκόπησης, αλλά και σε άλλες ανασκοπήσεις που αναφέρουν ότι αυτό το είδος είναι το πιο κυρίαρχο και τα πουλερικά θεωρούνται ως η κύρια δεξαμενή του (Dimitrakopoulou & Vantarakis, 2022; Gonçalves-Tenório, et al., 2018). Η κατανομή των στελεχών *C. jejuni* βρέθηκε σημαντικά αυξημένη στο δέρμα σε σύγκριση με αυτή στον θωρακικό μυ, με την ποιοτική μέθοδο στους 42 °C ($\chi^2 = 10,6162$, $p = 0,004851$), ένα εύρημα που δηλώνει ότι η μόλυνση πιθανόν να προέρχεται από το περιβάλλον.

Εκτός από την διαδικασία της εκτροφής, σημαντική πηγή κινδύνων για την εξάπλωση των βακτηρίων αποτελούν τα σφαγεία και άλλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας των πουλερικών. Οι Emanowicz *et al.* (2021) υπολόγισαν τον επιπολασμό και τη συγκέντρωση ειδών *Campylobacter* στο τυφλό έντερο και στα σφάγια κατά τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής σε βασικά στάδια της επεξεργασίας τους και τη σχέση μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους δείχνουν ότι το εντερικό περιεχόμενο μπορεί να είναι πηγή μόλυνσης όταν τα σπλάχνα διαρρηγνύονται κατά την επεξεργασία. Οι υψηλότερες μετρήσεις βακτηρίων παρατηρήθηκαν μετά το στάδιο της επεξεργασίας του εκσπλαχνισμού, παρατήρηση που συμφωνεί και με άλλες έρευνες.

Ένα άλλο στάδιο επεξεργασίας που αναγνωρίστηκε ως υψηλού κινδύνου είναι το μάδημα, λόγω πιθανής μόλυνσης από διαρροή κοπράνων. Επιπλέον, μπορεί να συμβεί

διασταυρούμενη μόλυνση μεταξύ των σφάγιων κατά την επεξεργασία, για παράδειγμα κατά την ψύξη τους. Στην έρευνα αναφέρεται ότι ορισμένα στελέχη βακτηρίων παραμένουν στο περιβάλλον επεξεργασίας ακόμη και μετά τον καθαρισμό του, γεγονός που θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε διασταυρούμενη μόλυνση. Η αραιώση τέλος, που έχει υποστεί το κοπάδι μπορεί να αυξήσει τον αριθμό των θετικών σμηνών στην ηλικία σφαγής, γεγονός που θα οδηγήσει σε μεγαλύτερο αριθμό θετικών σφάγιων. Σε αυτή τη μελέτη η μείωση του πληθυσμού είχε επίσης σημαντική επίδραση στον επιπολασμό του *Campylobacter* και στο επίπεδο μόλυνσης, τόσο στο έντερο όσο και στο δέρμα του λαιμού. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μέσες μετρήσεις των *Campylobacter* ήταν αυξημένες σε κοτόπουλα μετά τη τελική αραιώση του κοπαδιού, σε σύγκριση με την πρώτη ($p < 0,05$).

Έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον υπάρχει επίσης για την ανθεκτικότητα που αναπτύσσουν τα βακτήρια του γένους *Campylobacter* στα αντιβιοτικά. Οι Lazo-Láscarez *et al.* (2021), προσδιόρισαν τη συχνότητα και το προφίλ ανθεκτικότητας σε έξι αντιβιοτικά, καθώς και τη γενετική ποικιλότητα στελεχών του γένους *Campylobacter* που απομονώθηκαν από κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής σε τρία επίπεδα της αλυσίδας παραγωγής πουλερικών στην Κόστα Ρίκα. Τα δείγματα λήφθηκαν από το παχύ έντερο κοτόπουλων στο πτηνοτροφείο, από ξέπλυμα σφάγιων μετά την ψύξη στο σφαγείο και ξέπλυμα ολόκληρου κοτόπουλου από κατάσταση λιανικής πώλησης. Ένα σημαντικό εύρημα της έρευνάς τους είναι οι διαφορές στην ευαισθησία στα αντιβιοτικά που εμφανίζουν τα βακτήρια ανάλογα με το σημείο της αλυσίδας παραγωγής πουλερικών. Για παράδειγμα, όταν τα σφάγια διατηρούνται μαζί σε κρύο νερό κατά τη διαδικασία ψύξης στα σφαγεία, παρατηρείται διασταυρούμενη μόλυνση με στελέχη *Campylobacter* spp. μεταξύ διαφορετικών παρτίδων πτηνών, ακόμη και όταν λαμβάνονται προληπτικά μέτρα,

όπως η χρήση χλωριωμένου νερού και υπεροξικού οξέος. Ως μέρος αυτής της μελέτης, τα αποτελέσματα του επιπολασμού και των παραγόντων κινδύνου έδειξαν θετική συσχέτιση μεταξύ του μη φυσικού διαχωρισμού των κρεάτων από διαφορετικά ζώα και της παρουσίας *Campylobacter* spp. στα κοτόπουλα που διατίθενται στο λιανικό εμπόριο.

Τα αποτελέσματα επίσης, δείχνουν μια υψηλή συχνότητα στελεχών ανθεκτικών στα αντιβιοτικά, ειδικά στις κινολόνες και στοιχεία κατανομής, επιλογής και κυκλοφορίας ανθεκτικών στελεχών κατά μήκος της αλυσίδας των πουλερικών από τις φάρμες στους καταναλωτές. Η διασταυρούμενη μόλυνση φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στη διάδοση αυτών των στελεχών σε συγκεκριμένα σημεία της πτηνοτροφικής αλυσίδας, ακόμη και όταν υπάρχουν ορισμένα μέτρα ελέγχου. Δεδομένου αυτού του σεναρίου, η καθιέρωση αποτελεσματικών στρατηγικών επιτήρησης και ελέγχου για την πρόληψη της διάδοσης του *Campylobacter* κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής αντιπροσωπεύει ένα ουσιαστικό εργαλείο για τον μετριασμό των τροφιμογενών ασθενειών.

Το ζήτημα της εξάπλωσης ανθεκτικών στελεχών *Campylobacter* spp. στα αντιβιοτικά απασχολεί έντονα την επιστημονική κοινότητα και αυτό αποτυπώνεται στις ερευνητικές μελέτες. Στην μελέτη τους οι Royden *et al.* (2021) ανέλυσαν τα στελέχη *Campylobacter* που απομονώθηκαν από κοτόπουλα τύπου Hilal και διαπίστωσαν ότι ένας υψηλός επιπολασμός βακτηρίων ανθεκτικών στη σιπροφλοξασίνη (φθοριοκινολόνη) (42,0%) βρέθηκε μεταξύ αυτών που απομονώθηκαν. Ωστόσο, η ανθεκτικότητα όλων των σειρών βακτηρίων σε άλλα αντιβιοτικά ήταν χαμηλή, για παράδειγμα μόλις το 2,5% των δειγμάτων δέρματος λαιμού κοτόπουλου εμφάνισε ανθεκτικότητα στην ερυθρομυκίνη. Σε μια αντίστοιχη έρευνα οι Natsos *et al.* (2021) διερεύνησαν την ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά και τη μοριακή επιδημιολογία στελεχών *Campylobacter* που προέρχονται από

ελληνικά κοπάδια που σφάχθηκαν σε τρία διαφορετικά σφαγεία της Ελλάδας. Δείγματα συλλέχθηκαν από το τυφλό έντερο των πτηνών κατά τον εκσπλαχνισμό στο σφαγείο και από λαιμό κοτόπουλων στην γραμμή παραγωγής μετά την ψύξη. Η έρευνα τους έδειξε ότι τα στελέχη που απομόνωσαν εμφάνισαν υψηλή αντοχή στις φθοριοκινολόνες και την τετρακυκλίνη και χαμηλή ανθεκτικότητα σε μακρολίδες και αμινογλυκοσίδες. Διαπιστώθηκε επίσης, υψηλή γενετική ποικιλομορφία, ενώ ορισμένοι συγκεκριμένοι τύποι *flaA* βρέθηκαν να μοιράζονται παρόμοια πρότυπα μικροβιακής ανθεκτικότητας.

Η φυλογενετική ανάλυση των απομονώσεων αποκάλυψε οκτώ ομάδες *C. jejuni* και τρεις ομάδες *C. coli*. Ορισμένες απομονώσεις που συγκεντρώθηκαν μαζί προήλθαν από τα ίδια ή γειτονικά αγροκτήματα, υποδεικνύοντας τη μετάδοση μέσω προσωπικού ή κοινόχρηστου εξοπλισμού. Δεν βρέθηκε όμως, σαφής σύνδεση μεταξύ των ακολουθιών αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν και των απομονώσεων της μελέτης τους. Τα ευρήματα αυτά συμπλέουν με τα αποτελέσματα των Neogi *et al.* (2020), οι οποίοι παρατήρησαν ότι σε σύγκριση με την οξυτετρακυκλίνη, η λιγότερο συχνά παρατηρούμενη μόλυνση από σιπροφλοξασίνη/ενροφλοξασίνη μπορεί να σχετίζεται με τη σχετική χρήση τους σε πτηνοτροφεία. Οι ερευνητές προτείνουν ότι λαμβάνοντας υπόψη τις πτυχές της ασφάλειας των τροφίμων, η γνώση για τις επιβλαβείς επιπτώσεις των αντιμικροβιακών υπολειμμάτων πάνω από το επίπεδο αποδοχής στους ιστούς των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής, συμπεριλαμβανομένου του ήπατος, πρέπει να μεταφερθεί τόσο στους παραγωγούς πουλερικών όσο και στους καταναλωτές.

Σε μια πιο εξειδικευμένη έρευνα οι Yang *et al.* (2023), διερεύνησαν τον επιπολασμό, την ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά και το γονίδιο της λοιμογόνου δράσης του *Campylobacter jejuni* σε κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής. Στην έρευνα αυτή από την

ανάλυση δειγμάτων από περιττώματα από κοτόπουλα, εκτιμήθηκε ο πληθυσμός, η δομή του *C. jejuni* και οι γενετικές εξελικτικές του σχέσεις με στελέχη που απομονώθηκαν σε άλλες περιοχές. Οδηγήθηκαν στην εκτίμηση ότι τα σφάγια κοτόπουλου μολύνονται εύκολα κατά τη σφαγή, προκαλώντας έτσι μόλυνση και στον άνθρωπο. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας έδειξε διαφορές στα ποσοστά θετικότητας των επιχρισμάτων περιττωμάτων μεταξύ διαφορετικών εκμεταλλεύσεων κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής σε διαφορετικές περιοχές.

Ωστόσο, όλα τα στελέχη του *C. jejuni* που απομόνωσαν φαίνεται ότι γίνονται ολοένα και πιο ανθεκτικά σε κλινικά σημαντικά αντιβιοτικά. Τα στελέχη που γίνονται ανθεκτικά στα φάρμακα μπορούν να μεταδοθούν στον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας, δημιουργώντας ένα μείζον πρόβλημα δημόσιας υγείας. Τα στελέχη του *C. jejuni* που απομονώθηκαν από κοτόπουλα σε αυτή την έρευνα, είχαν υψηλή ανθεκτικότητα στις κινολόνες και στις β-λακτάμες σε ποσοστά περίπου 80%. Αντίθετα, τα περισσότερα στελέχη εξακολουθούσαν να είναι ευαίσθητα στη γενταμυκίνη και την ερυθρομυκίνη. Το ποσοστό πολυανθεκτικότητας σε τρεις τουλάχιστον κατηγορίες αντιβιοτικών που προσδιορίστηκε μέσω του τεστ ευαισθησίας σε αντιμικροβιακά φάρμακα βρέθηκε 88,6%. Οι τύποι αλληλουχίας όλων των απομονωμένων στελεχών αποκάλυψαν ότι εκτός από τα κοτόπουλα, οι άνθρωποι, οι πάπιες και οι σκύλοι ήταν οι πηγές του *C. jejuni* και ήταν ενδεικτικοί της ποικιλομορφίας της μετάδοσης της μόλυνσης από τα βακτήρια αυτά.

4.3. Για τα υπόλοιπα είδη μικροοργανισμών

Ένας σημαντικός αριθμός αναφορών μπορεί να βρεθεί στη βιβλιογραφία για παθογόνους μικροοργανισμούς εκτός των *Salmonella* spp. και *Campylobacter* spp., που

ανιχνεύονται στα πουλερικά και μπορούν να περάσουν και να δημιουργήσουν προβλήματα στους ανθρώπους. Επτά μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση εξέτασαν κάποιους από αυτούς που ανιχνεύτηκαν είτε κατά την πρωτογενή ανάλυση δειγμάτων, είτε από δευτερογενή ανάλυση για την ανίχνευση μικροοργανισμών που δεν είχαν εντοπιστεί την πρώτη φορά. Στη δεύτερη περίπτωση, οι Abdullaeva *et al.* (2021), προσδιόρισαν τον επιπολασμό και τη συχνότητα, την εποχικότητα και το επίπεδο μικροβιακής μόλυνσης των βιομηχανικών προϊόντων πουλερικών, καθώς και εντόπισαν βιώσιμα αλλά μη καλλιεργήσιμα βακτήρια (VBNC) σε εμπορικά προϊόντα πουλερικών. Τα βακτήρια VBNC που δεν ανιχνεύονται σε παραδοσιακά θρεπτικά μέσα, υπάρχουν στο υπόστρωμα του κρέατος και υπό ευνοϊκές συνθήκες, μπορούν να περάσουν σε πολλαπλασιαστική κατάσταση. Αυτό προκαλεί πραγματικό κίνδυνο μόλυνσης στον άνθρωπο όταν το σώμα μολύνεται με τέτοιους λανθάνοντες μικροοργανισμούς και, ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη να μελετηθεί αυτό το πρόβλημα.

Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η βελτίωση της ασφάλειας των προϊόντων διατροφής από κρέας πουλερικών που παράγεται από τη βιομηχανία επεξεργασίας κρέατος, είναι απαραίτητο να συνδέεται με αποτελεσματικό μικροβιολογικό έλεγχο. Λόγω του γεγονότος ότι η μικροβιακή μόλυνση των προϊόντων διατροφής εμφανίζεται τόσο κατά την εκτροφή (γονότυπος πτηνών, συνθήκες διατήρησης) όσο και μετά τη σφαγή (επεξεργασία, αποθήκευση), το ευπαθές κρέας πουλερικών και τα ημικατεργασμένα προϊόντα από αυτό θα πρέπει να ελέγχονται σε όλα τα στάδια της παραγωγής, αποθήκευσης και πώλησης.

Στην έρευνα αυτή, τα δείγματα από προϊόντα πουλερικών που λήφθηκαν, αναλύθηκαν ως προς το μικροβιακό τους περιεχόμενο και την ποσότητα των μικροοργανισμών και αποθηκεύτηκαν στο ψυγείο για 5 ημέρες. Στη συνέχεια, οι μετρήσεις

επαναλήφθηκαν και συγκρίθηκαν με τις αρχικές. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η μόλυνση των δειγμάτων με μικροοργανισμούς αυξανόταν συνεχώς. Συγκεκριμένα, υπολόγισαν ότι ο αριθμός των θετικών δειγμάτων για είδη σαλμονέλας και παθογόνων σταφυλόκοκκων είχε διπλασιαστεί. Η ίδια τάση σημειώθηκε στην περιεκτικότητα σε κλωστρίδια που μειώνουν τα θειώδη. Σε σύγκριση με το αρχικό περιεχόμενο, ο αριθμός των κλωστριδιακών κυττάρων αυξήθηκε κατά 6,7%. Ο αριθμός των δειγμάτων με *E. coli* και *Proteus spp.* αυξήθηκε κατά 20% σε σύγκριση με την αρχική τους περιεκτικότητα.

Σε μια πιο λεπτομερή ανάλυση των δειγμάτων, ανακάλυψαν ότι υπήρχαν βακτήρια που δεν είχαν εντοπιστεί στις αρχικές καλλιέργειες και με τη μορφή ενδοσπορίων εξακολουθούσαν να ήταν βιώσιμα. Έτσι, συμπέραναν ότι είναι πολύ πιθανό ακόμη και υπό συνθήκες ψύξης, το εναπομείναν μη καλλιεργήσιμο (ασήμαντο) μέρος του μικροβιακού πληθυσμού να πολλαπλασιάστηκε και, επιπλέον, τα ενδοσπόρια να επανήλθαν στην ενεργό κατάσταση και να πολλαπλασιάστηκαν. Ως εκ τούτου, οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι δυνητικά επικίνδυνοι, καθώς δεν ανιχνεύθηκε αύξηση στον αριθμό των νεκρών ή αδρανοποιημένων κυττάρων στο υλικό. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα VBNC που εισέρχονται σε προϊόντα διατροφής ή αποτελούν μέρος της υπολειμματικής μικροχλωρίδας πάνω από την επιτρεπόμενη κανονιστική τεκμηρίωση μπορεί να είναι επικίνδυνα, καθώς υπό ορισμένες συνθήκες μπορούν να αναπτυχθούν, να πολλαπλασιαστούν και να προκαλέσουν τροφιμογενείς ασθένειες.

Στην δική του έρευνα ο Al-Asbahi (2022) προσδιόρισε τον επιπολασμό και ανίχνευσε ένα πλήθος Gram- αρνητικών ειδών μικροοργανισμών σε κρέας πουλερικών, λαμβάνοντας δείγματα επιδερμικού κρέατος από κότες από την τοπική αγορά. Από τα περισσότερα από αυτά τα προϊόντα απομόνωσε παθογόνους μικροοργανισμούς,

αποδεικνύοντας ότι το κρέας κοτόπουλου είναι μια κοινή πηγή τροφιμογενούς μόλυνσης, ειδικότερα σε αναπτυσσόμενα κράτη, όπως η Υεμένη. Κατά τις αναλύσεις του, απομόνωσε βακτήρια από έξι κυρίως γένη παθογόνων μικροοργανισμών και εστίασε σε αυτά που βρέθηκαν σε μεγαλύτερα ποσοστά. Έτσι αναφέρει ότι εντοπίστηκαν 14 είδη του γένους *Citrobacter*. Τα είδη αυτά ανιχνεύτηκαν σε μια ποικιλία οικοτόπων, συμπεριλαμβανομένου του εδάφους και του νερού, καθώς και στη μικροχλωρίδα του εντέρου των ζώων, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου εντέρου. Οι περισσότερες περιπτώσεις μόλυνσης από *Citrobacter* στον άνθρωπο προκαλούνται από *C. freundii* και *C. koseri*. Τα *Citrobacter* spp. θεωρούνται βακτήρια χαμηλής μολυσματικότητας και επομένως μπορεί να παραμείνουν στον οργανισμό του ξενιστή τους για μεγάλες περιόδους. Συσσωρεύουν όμως παράγοντες ανθεκτικότητας με την πάροδο του χρόνου και μπορεί να εξελιχθούν σε περισσότερο λοιμογόνους οργανισμούς.

Μια άλλη κατηγορία παθογόνων που ανιχνεύτηκαν, ήταν τα στελέχη των *Proteus* spp. που θεωρούνται δείκτες μόλυνσης του κρέατος των πουλερικών, κατά τη διάρκεια οποιωνδήποτε σταδίων επεξεργασίας, χειρισμού και αποθήκευσης. Σε περίπτωση που οι πληθυσμοί τους ξεπεράσουν κάποιο επίπεδο, προκαλούν τυπικές περιπτώσεις τροφικής δηλητηρίασης, ουρολοίμωξης και άλλων ανθρώπινων ασθενειών που σχετίζονται με τον γρήγορο πολλαπλασιασμό του παθογόνου. Επίσης, τα βακτήρια *Klebsiella* spp. είναι παθογόνα που αποικίζουν ανθρώπους και ζώα και είναι ένα κοινός μικροοργανισμός του κρέατος πουλερικών λιανικής. Τα βακτήρια αυτά όμως, όπως και τα *E.coli* και *Shigella* spp. δεν μελετήθηκαν διεξοδικότερα.

Αντίθετα, οι Kalanjatia *et al.* (2022), ανίχνευσαν και ταυτοποίησαν τρία είδη εντεροβακτηρίων (*Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, και *Kluyvera* spp.) που παράγουν

β-λακταμάσες (*ESBL/AmpC*) και εμφανίζουν ανθεκτικότητες σε πολλά αντιβιοτικά. Στην έρευνά τους πήραν δείγματα από διάφορα σημεία σφαγείων κοτόπουλων πριν την σφαγή τους. Τα δεδομένα έδειξαν ότι το *Escherichia coli* και η *Klebsiella oxytoca* είναι βακτήρια που εμφανίζονται συχνά σε δείγματα από το εσωτερικό περιβάλλον των σφαγείων. Με την εμφάνιση ανθεκτικών βακτηρίων σε μεγάλη συχνότητα σε αυτά τα σημεία, πιθανώς λόγω της συχνής επαφής με τα εσωτερικά όργανα ή με τα κόπρανα των κοτόπουλων και την έλλειψη καθαριότητας στην περιοχή, αυτό θα αποτελούσε παράγοντα υψηλού κινδύνου για μόλυνση του σφαγείου. Στελέχη *Kluyvera* spp. βρέθηκαν επίσης, σε αυτή την έρευνα να εμφανίζουν πολλαπλή ανθεκτικότητα σε ένα μεγάλο εύρος 12 αντιβιοτικών. Αυτό αποτελεί ένα αρκετά ανησυχητικό εύρημα λόγω της δυνατότητας μεταφοράς και εξάπλωσης ανθεκτικών γονιδίων σε παθογόνα και μη βακτήρια γύρω από το περιβάλλον του σφαγείου. Η εύρεση πολυανθεκτικών στελεχών *K. oxytoca* και *Kluyvera* spp. που παράγουν *ESBL/AmpC* στο περιβάλλον του σφαγείου, αυξάνει επίσης τον κίνδυνο μετάδοσης των γονιδίων αυτών από μη παθογόνα σε παθογόνα βακτήρια.

Ανθεκτικό σε αντιβιοτικά εντεροβακτήριο που παράγει *ESBL/AmpC* και συγκεκριμένα το *Escherichia coli* μελετήθηκε και στην έρευνα των Athanasakopoulou *et al.* (2021), στην οποία ανιχνεύθηκαν ανθεκτικά σε αντιβιοτικά στελέχη *Escherichia coli* σε κοτόπουλα και άγρια πτηνά, καθώς και σε άλλα οικόσιτα ζώα. Σε αυτή τη μελέτη, στελέχη *E. coli* που παράγουν *pAmpC* ανιχνεύθηκαν στο 7,5% των κοτόπουλων και στο 0,6% των άγριων πτηνών, ενώ δεν εντοπίστηκαν σε δείγματα βοοειδών και χοίρων. Η υψηλότερη συχνότητα των απομονώσεων *pAmpC* μεταξύ των πουλερικών, σε σύγκριση με άλλα είδη, ήταν σύμφωνη και με προηγούμενα δημοσιευμένα δεδομένα. Οι ερευνητές, λαμβάνοντας υπόψη την ευρωπαϊκή απαγόρευση της χρήσης κεφαλοσπορινών στα

πουλερικά, θεωρούν ότι η εμφάνιση των Enterobacteriaceae που παράγουν *ESBL/pAmpC* μπορεί να αποδοθεί στη θεραπεία αυγών ή/και κοτόπουλων μιας ημέρας σε προγονικά σμήνη, μαζί με τις τρέχουσες πρακτικές διαχείρισής τους. Έχει αποδειχθεί ότι τα κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής μπορούν να διατηρήσουν το *pAmpC E. coli* που εισάγεται στο κοπάδι μέσω νεοσσών μιας ημέρας ή ζώων αναπαραγωγής, ακόμη και απουσία επιλεκτικής πίεσης αντιβιοτικών. Αυτό μπορεί να αντικατοπτρίζεται στο κρέας πουλερικών, εγείροντας ανησυχία για τη ζωνοσογόνο ικανότητα των απομονώσεων *pAmpC*. Επιπρόσθετα, ανιχνεύτηκε ένα στέλεχος *E. coli* που παράγει *pAmpC* σε μια ευρασιατική κίσσα (*Pica pica*) που αποτελεί την πρώτη ταυτοποίηση του γονιδίου τύπου CMY-2 σε ένα είδος άγριου πτηνού από την Ελλάδα.

Σε μια προγενέστερη έρευνα στις Η.Π.Α. οι Navarro-Gonzalez *et al.* (2020) μελέτησαν την εξάπλωση τριών τύπων παθογόνων βακτηρίων [*Salmonella* spp., *E. coli* (STEC) και *Escherichia coli* O157:H7] σε άγρια πτηνά που ενδημούν κοντά σε αγροτική περιοχή, όπου εκτρέφονται ζώα. Τα βακτήρια αυτά απομονώθηκαν σε μεγαλύτερη συχνότητα σε άγρια πτηνά που ζούσαν σε περιοχές όπου εκτρέφονταν κοτόπουλα, παρά σε πιο φυσικές περιοχές. Το γεγονός ότι τα *E. coli* STEC (εντεροβακτήρια που παράγουν βεροτοξίνες) απομονώθηκαν από το εξωτερικό (πόδια/φτερά) άγριων πτηνών εγείρει περαιτέρω ερωτήματα σχετικά με τη μετάδοση και τη μόλυνση του STEC. Τα φτερά και τα πόδια των άγριων πτηνών μπορούν να φιλοξενούν μια ποικιλία βακτηρίων, καθώς έρχονται συχνά σε επαφή με το περιβάλλον. Στο σύνολο των δειγμάτων, ο συνολικός επιπολασμός των πτηνών που έφεραν STEC στα κόπρανα ήταν χαμηλός και ήταν πολύ σπάνιος στα πόδια/φτερά. Ωστόσο, βρέθηκαν ορισμένοι ορότυποι STEC που είναι εξαιρετικά σημαντικοί για τη δημόσια υγεία: Οι O26 και O103 είναι ο δεύτερος και τρίτος

πιο συχνά ανιχνεύσιμος ορότυπος από ανθρώπινα κρούσματα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι στην Καλιφόρνια ειδικότερα, το O26 είναι μακράν ο πιο συχνά αναφερόμενος ορότυπος, με το O103 να είναι ο τρίτος πιο κοινός.

Ομοίως, η ανίχνευση του ορότυπου *E. coli* O157:H7 σε δείγματα από δύο πτηνά του ίδιου είδους, που ελήφθησαν στην ίδια τοποθεσία με διαφορά μίας εβδομάδας, υποδηλώνει μια κοινή πηγή μόλυνσης στο περιβάλλον. Μερικοί από τους λόγους που οι ερευνητές προτείνουν, για να εξηγήσουν αυτά τα αποτελέσματα που θεωρούν ότι συνδέονται μεταξύ τους, μπορεί να είναι η διακοπόμενη και/ή εποχιακή αποβολή από τα πουλιά στα κόπρανα τους αυτών των στελεχών, να συμβαίνουν επεισόδια υψηλότερης μόλυνσης του περιβάλλοντος ή μεγαλύτερη έκθεση των πτηνών σε παθογόνους παράγοντες λόγω αλλαγής συμπεριφοράς.

Ένα άλλο είδος βακτηρίου που μελετήθηκε από τους Şanlıbaba *et al.* (2020), είναι και το *Listeria monocytogenes*. Οι ερευνητές προσδιόρισαν τον επιπολασμό ειδών του γένους *Listeria* spp. γενικότερα, και του *L. monocytogenes* ειδικότερα, σε δείγματα ωμού κρέατος κοτόπουλου που πωλούνται στην αγορά της Τουρκίας. Στη συνέχεια, ταυτοποίησαν τα στελέχη που ανίχνευσαν με φαινοτυπικές και γονοτυπικές μεθόδους, και αξιολόγησαν την ανθεκτικότητά τους σε 34 διαφορετικά αντιβιοτικά. Αναφέρουν ότι το *L. monocytogenes* μπορεί να βρεθεί φυσικά στο περιβάλλον (έδαφος, λύματα, περιττώματα ζώων και νερό) και σε τρόφιμα. Συγκεκριμένα, τα πουλικά μπορεί να είναι ασυμπτωματικοί φορείς αυτού του παθογόνου και να εισάγουν μόλυνση στα σφαγεία. Αυτό προκαλεί μεγάλη ανησυχία σε βιομηχανικό επίπεδο, επειδή αυτό το παθογόνο έχει την ικανότητα να αντέχει και να προσαρμόζεται σε διάφορες περιβαλλοντικές πιέσεις: μπορεί να πολλαπλασιαστεί σε χαμηλές θερμοκρασίες και να σχηματίσει βιοφίλμ σε

εξοπλισμό επεξεργασίας τροφίμων και επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, προκαλώντας διασταυρούμενη μόλυνση στο κρέας των κοτόπουλων και τα παράγωγά τους. Με τον τρόπο αυτό καθιστά ένα ευρύ φάσμα τροφίμων επιρρεπή σε μόλυνση, κάτι που είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό για τα φαγητά με κοτόπουλο που δεν μαγειρεύονται ή επαναθερμαίνονται. Ο σχηματισμός αυτών των βιοφίλμ μπορεί να είναι η αιτία για τις υψηλές τιμές επιπολασμού του *L. monocytogenes* σε προϊόντα που βρίσκονται στο στάδιο της τελικής επεξεργασίας και στο επίπεδο λιανικής πώλησης.

Στην ανασκόπηση συμπεριλήφθηκε και μια μελέτη της εξάπλωσης του πρωτόζωου *Toxoplasma gondii* στα κοτόπουλα. Οι Andreopoulou *et al.* (2023) πραγματοποίησαν μια οροεπιδημιολογική έρευνα διαφορετικών τύπων εκτροφής κοτόπουλων (ελευθέρως βοσκής, βιολογικά και συμβατικά) για την αξιολόγηση του επιπολασμού των λοιμώξεων από *Toxoplasma gondii* και τον εντοπισμό πιθανών παραγόντων κινδύνου για τη μόλυνση από αυτό. Ανέλυσαν δείγματα αίματος από κοτόπουλα τόσο στο εκτροφείο όσο και στο σφαγείο, όπου λήφθηκαν και οι καρδιές των ζώων, όπως και δείγματα από κόπρανα ή κομπόστ. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διακυμάνσεις στις αναλογίες των οροθετικών κοτόπουλων ανά τύπο πουλερικών (κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής, ωοπαραγωγής, πουλερικά αυλής). Αναλύοντας τα αποτελέσματα της οροθετικότητας, βρέθηκε ο υψηλότερος οροθετικός επιπολασμός στα κοτόπουλα της αυλής (41,2% των πτηνών της αυλής και 92,9% των οικιακών κοτετσιών).

Όλοι οι οροί που συλλέχθηκαν από κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής βραδείας ανάπτυξης, ελεύθερης βοσκής ή βιολογικής εκτροφής ήταν αρνητικοί στην έρευνά. Φαίνεται εύλογο ότι η παρατεταμένη επαφή με το έδαφος ή τα απορρίμματα καθώς και η πρόσβαση στον εξωτερικό χώρο, συμπεριλαμβανομένων των πρακτικών ελεύθερης

βόσκησης που συνήθως παρατηρούνται στη βιολογική και ελευθέρως βοσκής εκτροφή κοτόπουλων, αυξάνει την πιθανότητα μόλυνσης από *T. gondii*. Η εξάπλωση του πρωτόζωου, οι ερευνητές αναφέρουν, ότι καθορίστηκε μάλλον από τον τύπο της φάρμας, το σύστημα παραγωγής και την εκτροφή, καθώς μικρότερα κοπάδια (συνήθως αυλής, βιολογικά, ελευθέρως βοσκής) φαίνεται να συσχετίζονται με υψηλότερα ποσοστά οροθετικότητας *T. gondii*. Κατά συνέπεια, η οικιακή εκτροφή και η εμπορική βιολογική γεωργία θεωρήθηκαν ως παράγοντες κινδύνου στη μελέτη αυτή.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο επιπολασμός των παθογόνων μικροοργανισμών στα πουλερικά δημιουργεί σημαντική ανησυχία και ταυτόχρονα έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον, λόγω των πιθανών κινδύνων που ενέχει για την ανθρώπινη υγεία. Καθώς ο γαστρεντερικός σωλήνας των πτηνών και οι εγκαταστάσεις σφαγής προσδιορίζονται ως οι κύριες δεξαμενές μολυσματικών ουσιών από το κρέας πουλερικών (Dimitrakopoulou & Vantarakis, 2022), είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν προληπτικά και διορθωτικά μέτρα σε διάφορα στάδια, αλλά κυρίως στο αγρόκτημα για τη μείωση των αρχικών επιπέδων μόλυνσης που εισέρχονται στη διαδικασία (Reichelt, et al., 2022). Περισσότερα από δέκα γένη μικροοργανισμών μπήκαν στο στόχαστρο των ερευνητών στις μελέτες που περιλαμβάνει η παρούσα συστηματική ανασκόπηση. Αυτές διερευνούν την εμφάνιση και τον επιπολασμό παθογόνων βακτηρίων στο κρέας πουλερικών, με κυριότερα αυτά των *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Escherichia coli* και *Staphylococcus aureus*.

Η παθογόνος επιμόλυνση των πουλερικών μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε επίπεδο: στο αρχικό περιβάλλον παραγωγής (Belachew, et al., 2021; Neogi, et al., 2020), μέσω κάθετης μετάδοσης από τα αυγά που προκαλεί τη γέννηση μολυσμένων νεοσσών (Li, et al., 2020; Jibril, et al., 2023), μέσω οριζόντιας μετάδοσης που προκαλείται από μολυσμένο περιβάλλον ή ζωοτροφή (Reichelt, et al., 2022; Athanasakopoulou, et al., 2021; Navarro-Gonzalez, et al., 2020), κατά τη διαδικασία σφαγής (Emanowicz, et al., 2021; Lazo-Láscarez, et al., 2021; Natsos, et al., 2021). Από τους περισσότερους ερευνητές, ο γαστρεντερικός σωλήνας των πτηνών και οι εγκαταστάσεις σφαγής προσδιορίζονται ως οι κύριες δεξαμενές μολυσματικών ουσιών στο κρέας πουλερικών.

Έτσι, είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν προληπτικά και διορθωτικά μέτρα σε διάφορα στάδια, αλλά κυρίως στο αγρόκτημα, για τη μείωση των αρχικών επιπέδων μόλυνσης που εισέρχονται στη διαδικασία. Καθώς κάθε στάδιο των συστημάτων παραγωγής και επεξεργασίας κρέατος πουλερικών έχει τις δικές του μοναδικές προκλήσεις σχετικά με τη μόλυνση και τον έλεγχο των παθογόνων, μια πολυεπίπεδη προσέγγιση είναι πιθανό να είναι η καλύτερη στρατηγική για τη μείωση και την εξάλειψη των παθογόνων (Gonçalves-Tenório, et al., 2018). Η κατανόηση των οδών μόλυνσης σε αυτούς τους τύπους περιβαλλόντων επεξεργασίας πουλερικών είναι πολύ σημαντική για τη μείωση του κινδύνου διασταυρούμενης μόλυνσης και την εμφάνιση παθογόνων μικροοργανισμών στο τελικό προϊόν. Ο περιορισμός της έκθεσης των πτηνών στον μικροοργανισμό πριν από την επεξεργασία τους, θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου εισόδου των μικροοργανισμών σε περιβάλλοντα επεξεργασίας (Golden, et al., 2021).

Πολλές έρευνες (Bubendir, *et al.*, 2021; Belachew, et al., 2021; Neogi, et al., 2020), δείχνουν ότι η κατάσταση της υγείας των εισερχόμενων πτηνών είναι ο κύριος παράγοντας για τη μόλυνση του τελικού προϊόντος. Αλλά και μέσα στο σφαγείο από τα αποτελέσματα των ερευνών (Dimitrakopoulou & Vantarakis, 2022; Emanowicz, et al., 2021; Kanaan, 2023) φαίνεται η σημασία τόσο των σταδίων εμβάπτισης σε νερό όσο και της ψύξης σε ξηρό αέρα για τον έλεγχο των μικροοργανισμών στα σφάγια κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής και υπογραμμίζουν τη σημασία του σχεδιασμού και των χαρακτηριστικών του συστήματος ψύξης εμβάπτισης στο νερό στην τελική κατάσταση σφάγιου. Η αναγνώριση ορισμένων στελεχών μικροοργανισμών που παραμένουν στις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό των σφαγείων ακόμα και μετά τον καθαρισμό τους, είναι κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε σχέδιο διαχείρισης της επεξεργασίας των

προϊόντων πουλερικών (Bubendir, *et al.*, 2021). Ακόμη και με καλές πρακτικές εκτροφής και υγειονομικές παρεμβάσεις, η συχνή μόλυνση των προϊόντων πουλερικών από βακτήρια στα σφαγεία εξακολουθεί να αποτελεί κύρια αιτία τροφιμογενών ασθενειών στις ανεπτυγμένες χώρες της Ευρώπης (Neogi, *et al.*, 2020).

Μια άλλη παράμετρος που τίθεται στις έρευνες της ανασκόπησης, αφορά την διαχείριση των απορριμμάτων των εγκαταστάσεων. Βελτιστοποιημένη διαχείριση απορριμμάτων μέσα από την επεξεργασία τους, την προστασία του νερού από αυτά, την έγκαιρη απομάκρυνσή τους από τα σημεία εκτροφής και τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας τους, μπορεί να μειώσει την εμφάνιση *Campylobacter*, γεγονός που μειώνει τη συνολική αερομεταφερόμενη μετάδοση των βακτηρίων (Reichelt, *et al.*, 2022). Αλλά και ο επιπολασμός και η συγκέντρωση της σαλμονέλας επηρεάζεται από τη σωστή κομποστοποίηση των οργανικών απορριμμάτων και μπορεί να οδηγήσει στη μείωση των κινδύνων για την ασφάλεια των τροφίμων από τη σαλμονέλα και άλλα παθογόνα που βρίσκονται στην κοπριά πουλερικών (Dunn, *et al.*, 2022).

Παρά τη συστηματική προσέγγιση, συχνά αποδεικνύεται δύσκολο να εντοπιστούν οι πηγές μετάδοσης των μικροοργανισμών και ο τρόπος αποικισμού κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής. Για παράδειγμα στην έρευνα των Reichelt *et al.* (2022) φαίνεται ότι οι μεταδόσεις *Campylobacter* μέσω μολυσμένων απορριμμάτων μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό «δεξαμενών» μικροοργανισμών, για παράδειγμα, σε λακκούβες ή ίχνη τροχών στο περιβάλλον των εκτροφείων κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής. Τα μολυσμένα υδάτινα σώματα μπορεί επίσης, να χρησιμεύσουν ως πιθανή πηγή μόλυνσης για τα άγρια ζώα, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να αποικίσουν

γειτονικά σμήνη κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής ενεργώντας ως οριζόντιοι φορείς (Navarro-Gonzalez, et al., 2020).

Οι παρατηρήσεις των ερευνητών υποδεικνύουν ότι οι πηγές και οι οδοί μετάδοσης των μικροοργανισμών μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ διαφορετικών εκμεταλλεύσεων κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής ή ωοπαραγωγής, ως προς τον τύπο λειτουργίας, το μικροκλίμα, τον τύπο αερισμού, τη διαχείριση της υγιεινής και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (απόσταση από υδάτινα σώματα ή άλλα αγροκτήματα). Ακόμα πιο δύσκολο να ελεγχθούν είναι οι συνθήκες σε οικιακές αγροτικές εγκαταστάσεις εκτροφής κοτόπουλων. Οι πρακτικές εκτροφής κοτόπουλων στα αγροτικά νοικοκυριά είναι πολύ διαφορετικές και προσαρμόζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα σε σύγκριση με τα πιο σταθερά βιομηχανικά. Η παρουσία μικρών μηρυκαστικών και η παρουσία άλλων ειδών πουλερικών, όπως και η πρακτική σίτισης στο ίδιο νοικοκυριό επηρεάζει σημαντικά τον επιπολασμό ορισμένων ειδών μικροοργανισμών όπως το *C. fetus* (Dermatas, et al., 2023). Αντίστοιχα είναι και τα δεδομένα και για την παραγωγή άλλων ειδών πουλερικών όπως για παράδειγμα στην εκτροφή πάπιας (Kang, et al., 2022) ή σε είδη άγριων πτηνών (Athanasakopoulou, et al., 2021; Navarro-Gonzalez, et al., 2020).

Το γενικό συμπέρασμα που μπορεί να προκύψει από την ανάλυση των εργασιών της ανασκόπησης, είναι ότι η πρόληψη της μόλυνσης από τα παθογόνα βακτήρια στα προϊόντα διατροφής δεν θα πρέπει να επικεντρώνεται μόνο στα στάδια προς την αγορά, αλλά και στις στρατηγικές ελέγχου στα αρχικά στάδια, συμπεριλαμβανομένων των εκκολαπτηρίων, των αγροκτημάτων και των σφαγείων, για να σταματήσει η εξάπλωση τους κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής. Ο έλεγχος τους σε ολόκληρη την αλυσίδα παραγωγής πουλερικών βελτιώνει αποτελεσματικά την ασφάλεια των τροφίμων των

τελικών προϊόντων λιανικής και μειώνει τον κίνδυνο μετάδοσης στον άνθρωπο. Επιπλέον, η αλυσίδα διάθεσης των προϊόντων πρέπει να λειτουργεί με ασφαλή τρόπο, όπως φάνηκε στις έρευνες των Li *et al.* (2020), που προτείνουν ότι εκτός από τη βελτίωση των συνθηκών υγιεινής κατά τη παραγωγή αυγών και πουλερικών, θα πρέπει να εφαρμοστούν αποτελεσματικά μέτρα για τη μείωση της έκθεσης και της επιφανειακής επαφής τους κατά τη μεταφορά και το χειρισμό, προκειμένου να αποφευχθεί η μόλυνση από τροφιμογενή παθογόνα, συμπεριλαμβανομένης της σαλμονέλας. Οι Royden *et al.* (2021), αναδεικνύουν τον ρόλο της συσκευασίας στην υγιεινή των τελικών προϊόντων. Όπως αναφέρουν, οι συσκευασίες κοτόπουλου που πωλούνται χύμα, όπως από πάγκο κρεοπωλείου, ήταν πιο πιθανό να έχουν μολυνθεί με *Campylobacter* από ότι οι συσκευασίες κοτόπουλου προσυσκευασμένων σε πλαστικό. Οι καταναλωτές θα πρέπει να γνωρίζουν αυτόν τον αυξημένο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και θα πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων του κοτόπουλου στο επίπεδο της συσκευασίας.

Ολοένα και περισσότεροι ερευνητές φαίνεται να αποκτούν μια πιο διευρυμένη σκέψη στην αναζήτηση των επιπτώσεων των μικροοργανισμών στην παραγωγή και επεξεργασία προϊόντων πουλερικών. Στις περισσότερες εργασίες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση, οι ερευνητές εστίασαν το ενδιαφέρον τους και σε στοιχεία του περιβάλλοντος της παραγωγής, της ποιότητας των εισροών, καθώς και την ασφάλεια των εκροών. Υιοθετούν στρατηγικές που συνάδουν με την προσέγγιση για την Ενιαία Υγεία (One Health approach) που έχουν θέσει ως προτεραιότητα οι διεθνείς οργανισμοί (WHO Europe, 2022).

Σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται και η διεύρυνση των περισσότερων ερευνών στην ανίχνευση και διερεύνηση της ανθεκτικότητας των μικροοργανισμών στα αντιβιοτικά,

καθώς ο επιπολασμός των πολυανθεκτικών βακτηρίων στο κρέας πουλερικών προκαλεί αυξανόμενη ανησυχία. Η χρήση αντιβιοτικών στην παραγωγή πουλερικών έχει αναγνωριστεί ως παράγοντας που συμβάλλει στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά στα βακτήρια. Τα ανθεκτικά βακτήρια μπορούν να μεταφερθούν από τα προϊόντα πουλερικών σε άλλα είδη άγριας ζωής και στον άνθρωπο μέσω της κατανάλωσης ή του χειρισμού μολυσμένου κρέατος. Αυτή η μεταφορά ανθεκτικών γονιδίων μπορεί να θέσει σε κίνδυνο μελλοντικές θεραπείες λοιμώξεων που προκαλούνται από αυτούς τους οργανισμούς.

Σε αυτό το πλαίσιο, το πρόβλημα των μικροοργανισμών που είναι ανθεκτικοί στα αντιβιοτικά στην παραγωγή πουλερικών εξετάζεται στις έρευνες από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες: (i) την εμφάνιση και τη διάδοση ζωνοσογόνων παθογόνων μικροοργανισμών ανθεκτικών στα αντιμικροβιακά φάρμακα που αποτελούν άμεσο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και (ii) την εμφάνιση και τη διάδοση των κοινών βακτηρίων που φέρουν γονίδια ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά σε κινητά γενετικά στοιχεία (π.χ. πλασμίδια) που μπορούν περαιτέρω να συνεισφέρουν ως πηγή σημαντικών γονιδίων αντίστασης που δυνητικά μεταφέρονται σε παθογόνα βακτήρια εντός ενός δεδομένου ξενιστή ή στο περιβάλλον. Αυτό εξηγεί την υψηλή πολυπλοκότητα της μετάδοσης των μικροοργανισμών με πολλαπλές ανθεκτικότητες στα αντιβιοτικά στη βιομηχανία πουλερικών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.



Εικόνα 5: Πιθανές οδοί μετάδοσης βακτηρίων ανθεκτικών στα αντιβιοτικά και γονιδίων μικροβιακής αντοχής στο πεδίο της πτηνοτροφικής βιομηχανίας (Saraiva, et al., 2022)

Η εμφάνιση τέτοιας ανθεκτικότητας σε διάφορα αντιβιοτικά που χρησιμοποιούνται συνήθως σε ιατρικές πρακτικές ή προληπτικά στις φάρμες εκτροφής πουλερικών έχει σημαντικές επιπτώσεις για τη δημόσια υγεία. Η συνεχής χρήση των ίδιων αντιμικροβιακών θα μπορούσε να ασκήσει πίεση επιλογής σε ανθεκτικά βακτήρια, ευνοώντας την παγκόσμια κατανομή τους. Η παρουσία εκτεταμένης μικροβιακής αντοχής μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τη δημόσια υγεία, καθώς η θεραπεία της ασθένειας γίνεται δύσκολη.

Όπως και σε άλλους τομείς, η εμφάνιση και η διάδοση της μικροβιακής ανθεκτικότητας μεταξύ αυτών των βακτηρίων αποτελεί σοβαρή απειλή για ολόκληρη την κοινωνία, συμπεριλαμβανομένης της ίδιας της βιομηχανίας, επειδή:

1) Οι ασθένειες των πτηνών που προκαλούνται από ανθεκτικά στα φάρμακα βακτήρια είναι πιο δύσκολο να αντιμετωπιστούν, οδηγώντας σε επιβαρυντικές οικονομικές απώλειες. Επιπλέον, τα προϊόντα ζωικής προέλευσης έχουν τη δυνατότητα να φέρουν κοινά βακτήρια που φιλοξενούν σημαντικά γονίδια μικροβιακής αντοχής. Τα

επίπεδα των γονιδίων ανθεκτικότητας ή των ανθεκτικών βακτηρίων μέσα στα τρόφιμα μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς στις χώρες εξαγωγής.

2) Μερικά από αυτά τα βακτήρια είναι ζωνοσογόνα παθογόνα, αυξάνοντας τον κίνδυνο για τους καταναλωτές ή τους εργαζομένους να αποκτήσουν επίσης λοιμώξεις που θεραπεύονται δύσκολα, γεγονός που συνιστά επιβάρυνση για τη δημόσια υγεία.

Η μικροβιακή αντοχή αντιπροσωπεύει ένα μακροπρόθεσμο και πολύ περίπλοκο βιολογικό πρόβλημα. Επομένως, απαιτούνται συντονισμένες και ακριβείς ενέργειες προκειμένου να μειωθεί ο αντίκτυπος της στο παρόν και το μέλλον του ανθρώπινου πολιτισμού. Τέτοια μέτρα πρέπει να εκτελούνται βάσει γνώσης που βασίζεται στην επιστήμη, προκειμένου να διατηρηθεί η οικονομική αποδοτικότητα του κλάδου μαζί με την προαγωγή της δημόσιας υγείας. Υπό αυτή την έννοια, οι ολοκληρωμένες πρωτοβουλίες Περιβαλλοντικής, Κοινωνικής Διακυβέρνησης (ESG) στον κλάδο των πουλερικών ενθαρρύνονται να υιοθετήσουν τις αρχές της προσέγγισης της Ενιαίας Υγείας (One Health approach) (Abdullaeva, et al., 2021; Abreu, et al., 2023; Saraiva, et al., 2022).

5.1. Εκτίμηση του κινδύνου μεροληψίας

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση αξιοποίησε μελέτες που εντοπίστηκαν στις βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων, καθώς και κάποιες που εντοπίστηκαν από τις βιβλιογραφικές αναφορές εκθέσεων διεθνών οργανισμών. Δεν απέφυγε με αυτόν τον τρόπο μια παράμετρο της μεροληψίας επιλογής, που είναι η μεροληψία δημοσίευσης. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι μόνο οι μισές από τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν δημοσιεύονται, καθώς τα στατιστικά σημαντικά ευρήματα είναι πιο πιθανό να δημοσιευτούν και δημοσιεύονται ένα χρόνο νωρίτερα, κατά μέσο όρο, από μελέτες με μη

σημαντικά ευρήματα. Η εξαίρεση αδημοσίευτων, στατιστικά μη σημαντικών δεδομένων στρέφει την συστηματική ανασκόπηση προς τα θετικά ευρήματα. Κατά γενικό κανόνα, η ακρίβεια μιας εκτίμησης επίδρασης αυξάνεται (και το διάστημα εμπιστοσύνης της μειώνεται) καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος. Ως αποτέλεσμα, αναμένεται αυξημένη μεταβλητότητα μεταξύ των μελετών στις εκτιμήσεις επιδράσεων μεταξύ μικρότερων μελετών (Drucker, et al., 2016).

Δεδομένου ότι οι συστηματικές ανασκοπήσεις βασίζονται σε δεδομένα από άλλες μελέτες, τα στοιχεία σε μια συστηματική ανασκόπηση είναι εξίσου καλά ή απαλλαγμένα από μεροληψία με τις πρωτογενείς πηγές δεδομένων. Ως εκ τούτου, κάθε μεμονωμένη μελέτη που περιλαμβάνεται σε μια συστηματική ανασκόπηση θα πρέπει να αξιολογείται για βασικές πηγές μεροληψίας. Οι μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν στην ανασκόπηση εξετάστηκαν για τον κίνδυνο για πέντε τομείς μεροληψίας. Αρχικά, εκτιμήθηκε η μεροληψία επιλογής, που αναφέρεται στην ύπαρξη συστηματικών διαφορών στα βασικά χαρακτηριστικά μεταξύ των ομάδων που συγκρίθηκαν σε κάθε μελέτη. Τα αποτελέσματα από την εκτίμηση αυτή συμπληρώθηκαν στον τομέα D1 του εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε για την οπτικοποίηση τους.

Στη συνέχεια έγινε μια προσπάθεια να εκτιμηθεί η μεροληψία ανίχνευσης, δηλαδή να εντοπιστούν διαφορές στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων λόγω της γνώσης επιμολύνσεων από τους ερευνητές που διατυπώθηκε σε 3 μελέτες. Με βάση την εκτίμηση σε αυτόν τον τομέα συμπληρώθηκε η στήλη D2. Η εκτίμηση της μεροληψίας τριβής πραγματοποιήθηκε με τον εντοπισμό συστηματικών διαφορών μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας και ως προς τον τρόπο δειγματοληψίας σε κάθε σημείο (D3). Η εκτίμηση της μεροληψίας που προκύπτει για την παθητική ανίχνευση των αποτελεσμάτων λόγω της

επίγνωσης των στόχων της έρευνας που διεξάγουν. Οι εκτιμήσεις αυτές καταγράφηκαν στον τομέα D4. Τέλος, η μεροληψία αναφοράς αποτελεσμάτων εξετάστηκε μέσα από την εκτίμηση ότι κάποιες μελέτες ανέφεραν επιλεκτικά μόνο ένα υποσύνολο μετρούμενων αποτελεσμάτων και όχι το σύνολό τους. Με τον τρόπο αυτό συμπληρώθηκε ο τομέας D5. Η συνολική εκτίμηση του κινδύνου μεροληψίας συμπληρώθηκε στην τελευταία στήλη. Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων αυτών δημιουργήθηκε ένας πίνακας με τη μορφή «φαναριού» που παρουσιάζεται στον Πίνακα 11.

Για κάθε μελέτη της ανασκόπησης έγινε μια εκτίμηση στο κατά πόσο ικανοποιούσε τις απαιτήσεις του κάθε τομέα μεροληψίας και χαρακτηρίστηκε ως «χαμηλής μεροληψίας», «υψηλής μεροληψίας», «κάποιας ανησυχίας» ή «χωρίς πληροφορίες» για τον αντίστοιχο τομέα. Οι 11 από τις 23 μελέτες ήταν χαμηλής μεροληψίας στο σύνολό τους, ενώ οι 8 από αυτές έλαβαν την ίδια αξιολόγηση σε όλους τους τομείς που εξετάστηκαν. Γενικότερα, σε όλες τις μελέτες υπήρχαν δύο ή περισσότεροι τομείς με χαμηλή μεροληψία. Ακόμα όμως και αυτές που εμφάνισαν υψηλή μεροληψία σε κάποιους από τους τομείς που εξετάστηκαν, έχουν να προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες και τα αποτελέσματά τους ήταν αξιόπιστα. Για παράδειγμα στην έρευνα των Lazo-Láscarez *et al.* (2021), παρότι δεν έγινε σαφής αναφορά για τον τρόπο επιλογής των δειγμάτων και εμφανίζεται ισχυρή μεροληψία λόγω των αποκλίσεων στα προσδοκώμενα αποτελέσματα και την επιλογή των αποτελεσμάτων που αναφέρουν, μπορούν να βρεθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τον τρόπο και τα σημεία της παραγωγικής αλυσίδας που είναι επικίνδυνα για διασταυρούμενες μολύνσεις.

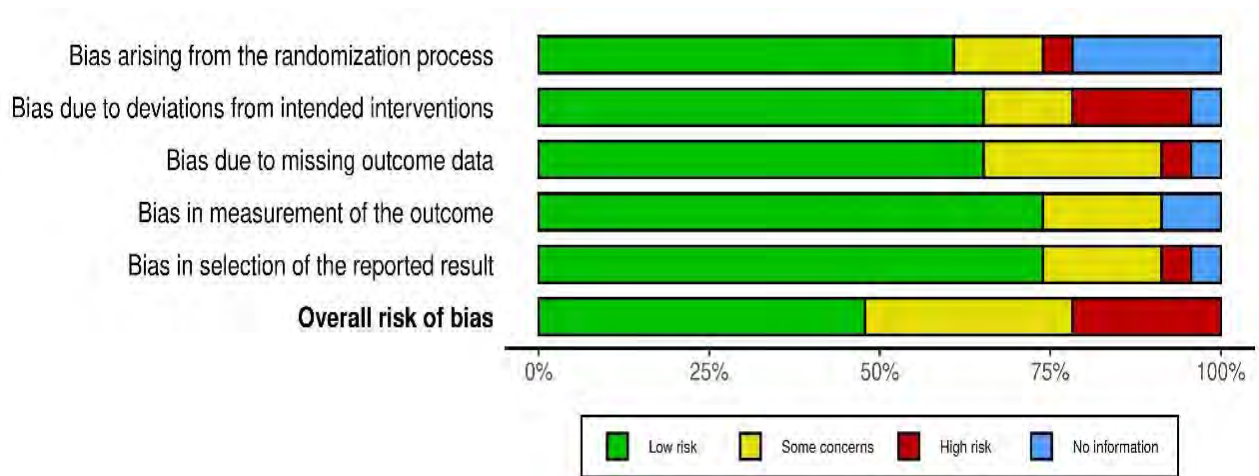
Πίνακας 11: Εκτίμηση του κινδύνου διάφορων τύπων μεροληψίας στις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση.

		Risk of bias domains					
		D1	D2	D3	D4	D5	Overall
Study	Study 1	+	+	+	+	+	+
	Study 2	-	X	+	-	+	X
	Study 3	+	-	-	+	+	-
	Study 4	X	+	X	+	+	X
	Study 5	+	+	+	+	+	+
	Study 6	+	X	-	-	+	X
	Study 7	-	?	-	+	+	-
	Study 8	-	+	-	+	-	-
	Study 9	+	+	+	+	+	+
	Study 10	+	+	+	+	+	+
	Study 11	?	X	+	-	X	X
	Study 12	?	+	+	+	+	+
	Study 13	+	+	-	?	-	-
	Study 14	?	X	+	+	+	X
	Study 15	+	+	+	+	+	+
	Study 16	?	+	-	+	-	-
	Study 17	+	+	+	+	+	+
	Study 18	+	-	+	+	+	+
	Study 19	+	+	+	+	+	+
	Study 20	?	+	+	-	-	-
	Study 21	+	+	?	+	+	+
	Study 22	+	-	+	?	?	-
	Study 23	+	+	+	+	+	+

Domains:
D1: Bias arising from the randomization process.
D2: Bias due to deviations from intended intervention.
D3: Bias due to missing outcome data.
D4: Bias in measurement of the outcome.
D5: Bias in selection of the reported result.

Judgement
X High
- Some concerns
+ Low
? No information

Για την καλύτερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων αυτών, δημιουργήθηκε μια σταθμισμένη γραφική παράσταση ράβδων, η οποία δείχνει την αναλογία πληροφοριών με κάθε κρίση για κάθε τομέα όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 9. Παρ' ότι σε κάθε ξεχωριστό τομέα, η πλειοψηφία των μελετών εκτιμήθηκε με χαμηλό κίνδυνο μεροληψίας, μόνο οι μισές μελέτες κρίθηκαν στο σύνολό τους ότι ανήκαν σε αυτή την κατηγορία, καθώς το 30% εμφάνισαν κάποιες αμφιβολίες και το 20% εκτιμήθηκε ότι εμφάνισε υψηλό επίπεδο. Στην τελευταία αυτή κατηγορία, τοποθετήθηκαν μελέτες οι οποίες εστίασαν τα αποτελέσματά τους περισσότερο στον εντοπισμό γενετικών παραμέτρων των μικροβίων που εξέτασαν και της εξελικτικής τους σχέσης.



Σχήμα 9: Αναλογία μελετών που ταξινομήθηκαν σε κάθε επίπεδο μεροληψίας.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdullaeva, A. M. et al., 2021. The Use Of Retrospective Analysis Of Microbial Poultry Products Contamination And Detection Of Viable Non-Culturable Bacterial Contaminants For Food Infection Combating. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 41, pp. 31-38.
- Abreu, R., Semedo-Lemsaddek, T., Cunha, E. & Tavares, L., 2023. Antimicrobial Drug Resistance in Poultry Production: Current Status and Innovative Strategies for Bacterial Control. *Microorganisms* 11, p. 953. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040953>.
- Al-Asbahi, A. A., 2022. Prevalence and Bacteriological Study of Gram-negative bacteria especially *Citrobacter* spp. in Poultry meat from Maeen Area- Sana'a, Yemen. *Journal of Applied Veterinary Sciences*, 7 (4), pp. 62-66.
- Ali, S. & Alsayeqh, A. F., 2022. Review of major meat-borne zoonotic bacterial pathogens. *Front. Public Health*, 10, pp. 1-17. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1045599>.
- Andreopoulou, M. et al., 2023. Prevalence and molecular characterization of *Toxoplasma gondii* in different types of poultry in Greece, associated risk factors and co-existence with *Eimeria* spp.. *Parasitology Research* 122, pp. 97–111. <https://doi.org/10.1007/s00436-022-07701-6>.
- Athanasakopoulou, Z. et al., 2021. Poultry and Wild Birds as a Reservoir of CMY-2 Producing *Escherichia coli*: The First Large-Scale Study in Greece. *Antibiotics* 10, p. 235. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10030235>.

- Basaran Kahraman, B., Issa, G. & Kahraman, T., 2019. Prevalence, Antimicrobial Resistance and Molecular Characterization of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* Isolated from Chicken Carcass. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 24 (5), pp. 775-779. DOI: 10.9775/kvfd.2018.19754.
- Bastidas-Caldes, C. et al., 2022. Worldwide Prevalence of mcr-mediated Colistin-Resistance *Escherichia coli* in Isolates of Clinical Samples, Healthy Humans, and Livestock—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pathogens* 11, p. 659. <https://doi.org/10.3390/pathogens11060659>.
- Belachew, T. et al., 2021. Prevalence and Antimicrobial-Susceptibility Profiles of *Salmonella* in Smallhold Broiler Supply Chains in Central Ethiopia. *Infection and Drug Resistance*, pp. 4047-4055. doi: 10.2147/IDR.S331249. eCollection 2021.
- Borji, S. et al., 2023. Global prevalence of *Clostridioides difficile* in 17,148 food samples from 2009 to 2019: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Health, Population and Nutrition* 42(36), pp. 1-17. <https://doi.org/10.1186/s41043-023-00369-3>.
- Boubendir, S. et al., 2021. *Salmonella* Contamination of Broiler Chicken Carcasses at Critical Steps of the Slaughter Process and in the Environment of Two Slaughter Plants: Prevalence, Genetic Profiles, and Association with the Final Carcass Status. *Journal of Food Protection* 84(2), pp. 321–332. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-250>.
- Da Silva , J. L. et al., 2022. *Salmonella* Behavior in Meat during Cool Storage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Animals* 12, p. 2902. <https://doi.org/10.3390/ani12212902>.

- Dermatas, A. et al., 2023. Biodiversity Dynamics of *Campylobacter* Species in Chicken Tissues in Rural Households in Region Epirus, Greece. *Appl. Sci.* 13, p. 6073. <https://doi.org/10.3390/app13106073>.
- Dimitrakopoulou, M.-E. & Vantarakis, A., 2022. Microbiological Factors of Food Quality for Risk Assessments in Europe: A Systematic Review. *Food Science and Quality Management* 113, pp. 24-42. DOI: 10.7176/FSQM/113-03.
- Drucker, A. M., Fleming, P. & Chan, A.-W., 2016. Research Techniques Made Simple: Assessing Risk of Bias in Systematic Reviews. *Journal of Investigative Dermatology* 136, p. e109ee114. doi:10.1016/j.jid.2016.08.021.
- Dunn, L. L. et al., 2022. The prevalence and concentration of *Salmonella enterica* in poultry litter in the southern United States. *PLoS ONE* 17(5), p. e0268231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268231>.
- EFSA, 2021. *The European Union One Health 2020 Zoonoses Report*, Brussels. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6971: European Food Safety Authority.
- Emanowicz, M. et al., 2021. The impact of key processing stages and flock variables on the prevalence and levels of *Campylobacter* on broiler carcasses. *Food Microbiology* 95, p. 103688. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103688>.
- EuroStat, 2022. *Agricultural Production—Livestock and Meat*. Available online: [Ηλεκτρονικό] Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agricultural_production_-_livestock_and_meat [Πρόσβαση 08 06 2023].

FAO, 2020. *Gateway to Poultry Production and Products*. Available online:.

[Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/en/> [Πρόσβαση 08 06 2023].

Frandsen, T. F., Nielsen, M. F. B., Lindhardt, C. L. & Eriksen, M. B., 2020. Using the full PICO model as a search tool for systematic reviews resulted in lower recall for some PICO elements. *Journal of Clinical Epidemiology* 127(3), pp. 69-75. doi:10.1016/j.jclinepi.2020.07.005.

Freitas, J. K. G. R. et al., 2023. Prevalence of staphylococcal toxin in food contaminated by *Staphylococcus* spp.: Protocol for a systematic review with meta-analysis. *PLoS ONE* 18(2), p. e0282111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282111>.

Golden, C. E., Rothrock Jr, M. J. & Mishra, A., 2021. Mapping foodborne pathogen contamination throughout the conventional and alternative poultry supply chains. *Poultry Science* 100, p. 101157. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101157>.

Gonçalves-Tenório, A. et al., 2018. Prevalence of Pathogens in Poultry Meat: A Meta-Analysis of European Published Surveys. *Foods* 7, p. 69. doi:10.3390/foods7050069.

Habib, M. et al., 2023. Investigation Of Food Borne Pathogens, Coliforms And Fecal Coliforms In Raw Meat Samples Of Beef, Chicken And Fish. *Journal of Pharmaceutical Negative Results* 14(3), pp. 4044-4054. <https://doi.org/10.47750/pnr.2023.14.03.510>.

Hamidiyana, N. et al., 2018. The prevalence of *Listeria* spp. food contamination in Iran: A systematic review and meta-analysis. *Food Research International* 107, p. 437–450. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.038>.

- Hessel, C. T. et al., 2022. A systematic review and Bayesian meta-analysis about *Salmonella* spp. prevalence on raw chicken meat. *Microbial Risk Analysis* 21, p. 100205. <https://doi.org/10.1016/j.mran.2022.100205>.
- Jibril, A. H., Okeke, I. N., Dalsgaard, A. & Olsen, J. E., 2023. Prevalence and whole genome phylogenetic analysis reveal genetic relatedness between antibiotic resistance *Salmonella* in hatchlings and older chickens from farms in Nigeria. *Poultry Science* 102(3), p. 102427. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102427>.
- Kalanjatia, W. W., Lukman, D. W. & Sudarwanto, M., 2022. The occurrence of multidrug-resistance organisms of ESBL/AmpC-producing *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, and *Kluyvera* spp. isolated from the environment of chicken slaughterhouses in Pondok Rumpit, Bogor, Indonesia. *JPSL* 12(3), pp. 472-477. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.12.3.472-477>.
- Kanaan, M. H. G., 2023. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* enterica serovars Enteritidis and Typhimurium isolated from retail chicken meat in Wasit markets, Iraq. *Veterinary World*, 16(3), pp. 455–463. doi: www.doi.org/10.14202/vetworld.2023.455-463.
- Kang, X. et al., 2022. Prevalence and whole-genome sequencing analysis of *Salmonella* reveal its spread along the duck production chain. *Poultry Science* 101, p. 101993. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101993>.
- Lazo-Láscarez, S., Gutiérrez, L. Z., Duarte-Martínez, Juan José Romero Zúñiga, F. & María Laura Arias Echandi, Lohendy Muñoz-Vargas, 2021. Antimicrobial Resistance and Genetic Diversity of *Campylobacter* spp. Isolated from Broiler Chicken at Three

Levels of the Poultry Production Chain in Costa Rica. *Journal of Food Protection* 84(12), pp. 2143-2150. <https://doi.org/10.4315/JFP-21-111>.

Lianou, A., Raftopoulou, O., Spyrelli, E. & Nychas, G.-J. E., 2021. Growth of *Listeria monocytogenes* in Partially Cooked Battered Chicken Nuggets as a Function of Storage Temperature. *Foods* 10 , p. 533. <https://doi.org/10.3390/foods10030533>.

Li, W. et al., 2020. Prevalence, Serotype, Antibiotic Susceptibility, and Genotype of *Salmonella* in Eggs From Poultry Farms and Marketplaces in Yangling, Shaanxi Province, China.. *Front. Microbiol.* 11:1482, pp. 1-11. doi: 10.3389/fmicb.2020.01482.

Lu, C. et al., 2020. Use of AMSTAR-2 in the methodological assessment of systematic reviews: protocol for a methodological study. *Ann Transl Med.* 8(10), pp. 652. <http://dx.doi.org/10.21037/atm-20-392a>.

McGuinness, L. & Higgins, J., 2020. Risk-of-bias VISualization (robvis): An R package and Shiny web app for visualizing risk-of-bias assessments. *Res Syn Meth.* , pp. 1- 7. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1411> .

Miller, E. A. et al., 2020. Emergence of a Novel *Salmonella* enterica Serotype Reading Clonal Group Is Linked to Its Expansion in Commercial Turkey Production, Resulting in Unanticipated Human Illness in North America. *mSphere* 5(2), pp. e00056-20. <https://doi.org/10.1128/mSphere.00056-20>.

Natsos, G. et al., 2021. Antimicrobial Resistance, FlaA Sequencing, and Phylogenetic Analysis of *Campylobacter* Isolates from Broiler Chicken Flocks in Greece. *Vet. Sci.* 8, p. 68. <https://doi.org/10.3390/vetsci8050068>.

- Navarro-Gonzalez, N. et al., 2020. Carriage and Subtypes of Foodborne Pathogens Identified in Wild Birds Residing near Agricultural Lands in California: a Repeated Cross-Sectional Study. *Appl Environ Microbiol* 86(3), pp. 86:e01678-19. <https://doi.org/10.1128/AEM.01678-19..>
- Neogi, S. B. et al., 2020. Risk of multi-drug resistant *Campylobacter* spp. and residual antimicrobials at poultry farms and live bird markets in Bangladesh. *BMC Infectious Diseases* 20, pp. 278. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-05006-6>.
- OECD/FAO, 2020. *Meat. In: OECD-FAO agricultural outlook 2020-2029*, 10.1787/1112c23b-en: OECD Publishing.
- Page, M. J. et al., 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews* 10, pp. 89. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>.
- Reichelt, B. et al., 2022. Transmission pathways of *Campylobacter* spp. at broiler farms and their environment in Brandenburg, Germany. *Front Microbiol.* 13, p. 982693. doi: 10.3389/fmicb.2022.982693.
- Royden, A. et al., 2021. *Campylobacter* Contamination at Retail of Halal Chicken Produced in the United Kingdom. *Journal of Food Protection* 84(8), pp. 1433-1445. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-428>.
- Şanlıbaba, P. et al., 2020. Occurrence of *Listeria* spp. and antibiotic resistance profiles of *Listeria monocytogenes* from raw meat at retail in Turkey. *Italian Journal of Food Science*, 32(1), pp. 234-249. DOI <https://doi.org/10.14674/IJFS-1617>.

- Saraiva, M. d. M. S. et al., 2022. Antimicrobial resistance in the globalized food chain: a One Health perspective applied to the poultry industry. *Brazilian Journal of Microbiology* 53, pp. 465–486. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00635-8>.
- Sawicka-Durkalec, A., Tomczyk, G., Gerilovych, I. & Kurska, O., 2023. Molecular Detection and Phylogenetic Analysis of *Riemerella anatipestifer* in Poultry and Wild Geese in Poland. *Pathogens* 12(256), pp. 1-8. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020256>.
- Serbessa, T. A., Gemechu, Y. & Geleta Ifa Obsa Terfa, 2023. Review on diseases and health management of poultry and swine. *Int J Avian & Wildlife Biol.* 7(1), p. 27–38. DOI: 10.15406/ijawb.2023.07.00187.
- Souza, M. d. M. et al., 2022. Antimicrobial resistance in the globalized food chain: a One Health perspective applied to the poultry industry. *Brazilian Journal of Microbiology* 53, pp. 465–486. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00635-8>.
- Sterne, J. et al., 2019. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* 366, p. 14898. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.14898>.
- Sun, T. et al., 2021. The Prevalence and Epidemiology of *Salmonella* in Retail Raw Poultry Meat in China: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Foods* 10, p. 2757. <https://doi.org/10.3390/foods10112757>.
- Wang, J. et al., 2023. A systematic review and meta-analysis of the sources of *Salmonella* in poultry production (pre-harvest) and their relative contributions to the microbial risk of poultry meat. *Poultry Science* 102, p. 102566. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102566>.

WHO Europe, 2022. *A health perspective on the role of the environment in One Health*, WHO/EURO:2022-5290-45054-64214: World Health Organization, Europe.

WHO, 2015. *WHO estimates of the global burden of foodborne diseases. Foodborne disease burden epidemiology reference group 2007–2015*, Geneva: World Health Organization .

WHO, 2022. *Global strategy for food safety 2022–2030: towards stronger food safety systems and global*, Geneva. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO: World Health Organization.

WHO, 2023. *Estimating the burden of foodborne diseases*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.who.int/activities/estimating-the-burden-of-foodborne-diseases> [Πρόσβαση 05 July 2023].

Yang, H. et al., 2023. Prevalence, drug resistance spectrum and virulence gene analysis of *Campylobacter jejuni* in broiler farms in central Shanxi, China. *Poultry Science* 102, p. 102419. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102419>.

Zelalem, A. et al., 2019. The prevalence and antimicrobial resistance profiles of bacterial isolates from meat and meat products in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Food Contamination* 6(1), pp. 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40550-019-0071-z>.

7. ABSTRACT

In recent years, poultry has been one of the most consumed meat worldwide. Consequently, there has been a global shift towards intensive farming systems in which infections, including zoonoses, are more easily transmitted, affecting animal health and productivity. In addition, the major and ongoing changes occurring in the poultry industry dictate the continuous recording and monitoring of developments in scientific research.

In this context, the purpose of this paper is to systematically investigate the modern literature on the prevalence and concentration of pathogenic microorganisms in poultry and their products, to identify the newest research data under the new conditions of production management. In addition, the aim was to compare, synthesize and classify the current information on the spread of pathogenic microorganisms in units operating with the modern production concept, as presented in the relevant surveys.

From an analysis of the studies retrieved from the literature database search, 23 primary research papers were selected. In these works, investigated pathogenic species belonging to more than ten genera of microorganisms, which showed significant prevalence and strong resistance to antimicrobial drugs. The main species mentioned belong to: *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp., *Shigella* spp., *Kluyvera* spp., *Listeria* spp., *Toxoplasma gondii*.

In parallel with the spread of pathogenic microorganisms there is a strong research interest in the detection and investigation of resistance of microorganisms to antibiotics, as the prevalence of multi-resistant bacteria in poultry meat is of increasing concern. Resistant bacteria can be transferred from poultry products to other wildlife and humans through

eating or handling contaminated meat. This transfer of resistance genes may jeopardize future treatments of infections caused by these organisms.

Antimicrobial resistance represents a long-term and very complex biological problem. Therefore, concerted and precise actions are required in order to reduce its impact on the present and future of human civilization. Such measures must be performed according to science-based knowledge in order to maintain the economic efficiency of the industry while promoting public health. In this sense, comprehensive Environmental, Social Governance (ESG) initiatives in the poultry industry are encouraged to adopt the principles of the One Health approach.

The general conclusion that can be drawn from the investigation is that the prevention of contamination by pathogenic bacteria in food products should not only focus on the market stages, but also on control strategies at the initial stages, including hatcheries, farms and slaughterhouses, to stop their spread along the production chain.

Key words: Prevalence, pathogens, poultry, multidrug resistance