

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ΜΕΤΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ
ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΤΟ ΒΡΩΣΙΜΟ
ΕΝΤΟΜΟ ΤΕΝΕΒΡΙΟ ΜΟΛΙΤΟΡ”

ΚΟΥΣΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2025

UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES

DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND
AQUALITIC ENVIRONMENT

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND
NUTRITION

POSTGRADUATE DIPLOMATIC THESIS

“DATA META-ANALYSIS OF BIOLOGICAL
HAZARDS OCCURRENCE OF THE EDIBLE INSECT
TENEBRIO MOLITOR”

KOUSIS VASILEIOS

VOLOS 2025

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Ελένη Μαλισσιόβα, Αν. Καθηγήτρια, Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής Π.Θ., **Επιβλέπουσα**
2. Αθανάσιος Μανούρας, Καθηγητής, Τμήμα Διαιτολογίας και Διατροφολογίας Π.Θ., **Μέλος**
3. Φωτεινή Παρλαπάνη, Επικ. Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος Π.Θ., **Μέλος**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου, κυρία Μαλισσιόβα Ελένη, τόσο, για τη διαρκή στήριξη και βοήθειά της καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, όσο και για το ουσιαστικό ενδιαφέρον της και τις εύστοχες υποδείξεις της, που με βοήθησαν να πετύχω το καλύτερο ερευνητικό αποτέλεσμα και να αξιοποιήσω το μέγιστο των δυνατοτήτων μου.

Επίσης, κρίνω απαραίτητο να ευχαριστήσω το σύνολο των Καθηγητών του μεταπτυχιακού προγράμματος, όπου συμμετείχα, για την προσπάθειά τους να μας μεταλαμπαδεύσουν τις γνώσεις τους και να μας καταρτίσουν όσο το δυνατόν καλύτερα στον κλάδο της Τεχνολογίας Τροφίμων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	Σελ.7
Abstract.....	Σελ.8
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	Σελ.9
1.1 Ανάγκη για καινοτόμες εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών.....	Σελ. 9
1.1.1 Παραδείγματα εναλλακτικών πηγών πρωτεϊνών.....	Σελ.10
1.2 Έντομα ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης.....	Σελ.12
1.2.1 Κατανάλωση εντόμων από τον άνθρωπο και τα ζώα.....	Σελ.13
1.2.2 Πλεονεκτήματα της εκτροφής εντόμων.....	Σελ.14
1.3 Εκτροφή εντόμων σε βιομηχανική κλίμακα.....	Σελ.16
1.3.1 Παραδείγματα τροφίμων με έντομα ως συστατικά.....	Σελ.16
1.3.2 Παραδείγματα επιχειρήσεων παραγωγής-εμπορίας εντόμων.....	Σελ.17
1.4 Νομοθετικό πλαίσιο για την εκτροφή εντόμων.....	Σελ.18
1.4.1 Κανόνες υγιεινής για την εκτροφή εντόμων.....	Σελ.19
1.5 <i>Tenebrio molitor</i> – Αλευροσκώληκας.....	Σελ.20
1.5.1 Κατανάλωση του <i>T. molitor</i> από τα ζώα και τον άνθρωπο.....	Σελ.21
1.5.2 Μορφολογία και βιολογικός κύκλος του <i>T. molitor</i>	Σελ.22
1.5.3 Εκτροφή του <i>T. molitor</i>	Σελ.23
1.6 Βιολογικοί κίνδυνοι στο <i>T. molitor</i>	Σελ.24
1.7 Σκοπός μελέτης.....	Σελ.25
Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία.....	Σελ.27
2.1 Αναζήτηση και επιλογή μελετών.....	Σελ.29
2.2 Κριτήρια επιλογής.....	Σελ.29
2.3 Στάδια ποιοτικής επιλογής.....	Σελ.29
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα.....	Σελ.31
3.1 Χαρακτηριστικά μελετών.....	Σελ.31
3.2 Βιολογικοί κίνδυνοι στο <i>T. molitor</i>	Σελ.32
3.2.1 Βακτήρια στο <i>T. molitor</i>	Σελ.34

3.2.2 Μύκητες στο <i>T. molitor</i>	Σελ.36
3.2.3 Μυκοτοξίνες στο <i>T. molitor</i>	Σελ.37
3.2.4 Ιοί στο <i>T. molitor</i>	Σελ.37
3.2.5 Παράσιτα στο <i>T. molitor</i>	Σελ 38
Κεφάλαιο 4: Συζήτηση.....	Σελ.39
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	Σελ.47
Βιβλιογραφία.....	Σελ.49
Παράρτημα.....	Σελ.57

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Χωροταξικός διαχωρισμός μελετών.....	Σελ.32
Γράφημα 2: Χρονικός διαχωρισμός μελετών.....	Σελ.32
Γράφημα 3: Βιολογικοί κίνδυνοι στο <i>T. molitor</i>	Σελ.33
Γράφημα 4: Συχνότητα εμφάνισης βακτηρίων στο <i>T. molitor</i>	Σελ.35
Γραφημα 5: Συχνότητα εμφάνισης ζυμών και μυκήτων στο <i>T. molitor</i>	Σελ.36
Γράφημα 6: Συχνότητα εμφάνισης μυκοτοξινών του <i>T. molitor</i>	Σελ.37
Γράφημα 7: Συχνότητα εμφάνισης ιών στο <i>T. molitor</i>	Σελ.39
Γράφημα 8: Συχνότητα εμφάνισης παράσιτων στο <i>T. molitor</i>	Σελ.40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 :Διάγραμμα ροής επιλογής βιβλιογραφίας.....	Σελ.28
--	--------

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αναζήτηση εναλλακτικών πηγών πρωτεϊνών απασχολεί τα τελευταία χρόνια την επιστημονική κοινότητα, κυρίως λόγω δημογραφικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών αιτιών. Οι πιο διαδεδομένες εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών είναι τα φύκη, τα προϊόντα ζύμωσης, το κρέας εργαστηρίου, φυτικά υποκατάστατα και τα βρώσιμα έντομα. Τα εδώδιμα έντομα, αν και καταναλώνονται παραδοσιακά από πολλούς λαούς ανά τον κόσμο, εξαπλώνονται παγκοσμίως ως μια ακμάζουσα σύγχρονη διατροφική τάση για τον άνθρωπο, αλλά και ως ζωοτροφή σε αγροτικά ζώα και ζώα συντροφιάς, διότι είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και άλλα θρεπτικά συστατικά. Η παραγωγή και η κατανάλωσή τους διέπεται από σειρά νομοθετικών κειμένων στην Ε.Ε, ενώ παράλληλα μελέτες σχετικά με την ασφάλειά τους πραγματοποιούνται συνεχώς. Σε βιομηχανικό επίπεδο, προσφέρονται στον καταναλωτή, είτε αυτούσια, είτε ως επιμέρους συστατικό σε ποικίλλα προϊόντα, όπως διάφορα είδη σνακ. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μετα-ανάλυση δεδομένων σχετικά με τους βιολογικούς κινδύνους του *T. molitor*. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε συστηματική ανασκόπηση, μέσω άντλησης στοιχείων από επιστημονικές βάσεις δεδομένων, χρησιμοποιώντας κριτήρια ένταξης και απόρριψης των μελετών. Στη συνέχεια έγινε ποιοτική μετα-ανάλυση δεδομένων, για την αποτύπωση τάσεων. Συνολικά στην μετά-ανάλυση συμπεριλήφθηκαν, από ένα αρχικό πλαίσιο 162 ερευνών, 32 μελέτες, από τις οποίες προέκυψε ότι, οι βιολογικοί κίνδυνοι του εντόμου *T. molitor*, αφορούν ιεραρχικά βακτήρια, ζύμες και μύκητες, ιούς και παράσιτα, ενώ αναφέρονται και οι μυκοτοξίνες, ως μεταβολικό προϊόν των μυκήτων. Ως η πολυπληθέστερη κατηγορία βιολογικών κινδύνων καταγράφονται τα βακτήρια. Η έρευνα κατέδειξε κυρίως παθογόνα βακτήρια, όπως τα *S. aureus*, *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *C. perfringens*, *B. thuringiensis*, *S. marcescens*, *Enterobacter spp*, *Clostridium spp* και *Bacillus spp*, ενώ, αναφέρονται και ορισμένα ωφέλιμα βακτήρια, όπως τα LAB, και βακτήρια της φυσιολογικής μικροχλωρίδας του εντόμου, όπως τα *Enterococcus spp*. Σχετικά με τους μύκητες αναφέρθηκε κατά βάση το γένος *Fusarium spp*, καθώς και κάποιοι εντομοπαθογόνοι μύκητες. Σε επίπεδο μυκοτοξινών εντοπίστηκαν κυρίως η Ζεαραλενόνη, η Δεσοξυνιβαλενόλη και η Φουμονισίνη B1, που παράγονται από μύκητες του γένους *Fusarium spp.*, ταυτόχρονα με κάποιες επίσης εντομοπαθογόνες μυκοτοξίνες. Τέλος, τα παράσιτα και οι ιοί παρατηρούνται με πολύ μικρότερη συχνότητα. Κατά την μετά-ανάλυση, τα δεδομένα διασταυρώθηκαν και συγκρίθηκαν με δεδομένα αντίστοιχων ερευνών από λοιπά τρόφιμα, όπως το κρέας. Τα συμπεράσματα, που λήφθηκαν, υπέδειξαν περιορισμούς στην υφιστάμενη κατάσταση, καταλήγοντας σε προτάσεις για μελλοντική περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις κλειδιά: *Tenebrio molitor*, βιολογικοί κίνδυνοι, εδώδιμα έντομα

ABSTRACT

The search for alternative sources of proteins has occupied the scientific community in recent years, mainly due to demographic, economic and environmental reasons. The most common alternative sources of protein are algae, fermentation products, laboratory meat, plant substitutes and edible insects. Edible insects, although traditionally consumed by many peoples around the world, are spreading worldwide as a thriving modern food trend for humans, but also as feed for farm animals and pets because they are rich in protein and other nutrients. Their production and consumption is governed by a series of legislative texts in the EU, while at the same time studies regarding their safety are constantly carried out. At an industrial level, they are offered to the consumer, either as whole, or as an individual ingredient in a variety of products, such as various types of snacks. The purpose of this thesis is the meta-analysis of data on the biological risks of *T. molitor*. For this purpose, a systematic review was carried out, by extracting data from scientific databases, using inclusion and exclusion criteria of the studies. Qualitative data meta-analysis was then performed to identify trends. In total, 32 studies were included in the meta-analysis, from an initial framework of 162 studies, from which it emerged that the biological risks of the *T. molitor* insect, concern hierarchical bacteria, yeasts and fungi, viruses and parasites, while mycotoxins are also mentioned, as a fungal metabolic product. Bacteria are listed as the most numerous category of biological hazards. The research showed mainly pathogenic bacteria, such as *S. aureus*, , *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *C. perfringens*, *B. thuringiensis*, *S. marcescens*, *Enterobacter spp*, *Clostridium spp* *καi Bacillus spp*, while some beneficial bacteria are also mentioned, such as *LAB* and bacteria of the insect's normal microflora, such as *Enterococcus spp*. Regarding fungi, the genus *Fusarium spp* was mentioned, as well as some Entomopathogenic fungi. At the level of mycotoxins, mainly *Zearalenone*, *Deoxynivalenol* and *Fumonisin B1* were identified. Finally, parasites and viruses are observed with much less frequency. In post-analysis, the data were cross-referenced and compared with data from studies of other foods, such as meat. The conclusions drawn indicated limitations in the existing situation, leading to proposals for future further research.

Keywords: Tenebrio molitor, edible insects, biological hazards, biological risks

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Σήμερα, ένας από τους σύγχρονους προβληματισμούς των επιστημόνων, αλλά και της ανθρωπότητας γενικότερα, αποτελεί η εύρεση ποιοτικών λύσεων για την αντικατάσταση των ζωικών πρωτεϊνών με νέες αξιόπιστες εναλλακτικές πηγές. (Zέρβα et al, 2004)

Το κρέας, τα αβγά, τα γαλακτοκομικά προϊόντα και τα ψάρια αφορούν τις κυριότερες πηγές πρωτεϊνών ζωικής πρωτεΐνης. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο έχει παρατηρηθεί η αύξηση της προτίμησης των καταναλωτών και για άλλες εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών, με παρόμοια διατροφική αξία με τις παραδοσιακές επιλογές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της συγκεκριμένης καταναλωτικής τάσης θεωρείται το γεγονός, ότι την δεκαετία 2010 - 2020 στην Ε.Ε. σημειώθηκε αύξηση στην ζήτηση τέτοιων προϊόντων κατά 10% (Πάσσιου, 2021).

Τα αίτια, που οδήγησαν στην επιθυμία για αναζήτηση επιπλέον εναλλακτικών πηγών πρωτεϊνών, ποικίλλουν. Αρχικά, η τεράστια αύξηση του πληθυσμού παγκοσμίως, σε συνδυασμό με την μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμών σε μεγαλουπόλεις, κατέστησαν σχεδόν απαραίτητη την ανακάλυψη καινοτόμων λύσεων για την αντιμετώπιση κρίσιμων επισιτιστικών ζητημάτων. Επιπρόσθετα, περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου ή η ρύπανση της ατμόσφαιρας και των υδάτων, συνδέθηκαν άρρηκτα με την εντατικοποίηση της κτηνοτροφίας, ωθώντας έτσι μεγάλη μερίδα του καταναλωτικού κοινού να υποστηρίξουν την αξιοποίηση εναλλακτικών επιλογών. Επίσης, η ενίσχυση της οικολογικής συνείδησης και της πεποίθησης υπέρ της ευζωίας για τα εκτρεφόμενα ζώα κέρδισαν την καθολική αποδοχή της πλειοψηφίας των καταναλωτών. Τέλος, το ακριβό κόστος των ζωοτροφών και η παρατεταμένη αποψίλωση δασικών εκτάσεων για καλλιεργητική χρήση έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της καταναλωτικής συνείδησης. (Looy et al, 2013)

Συνεπώς, η νέα καταναλωτική ζήτηση οδήγησε στην αναζήτηση και τη διάθεση ενός μεγάλου αριθμού καινοτόμων προϊόντων, πλούσια σε πρωτεΐνες (Admassu et al, 2020). Οι εναλλακτικές αυτές τροφές χαρακτηρίζονται για την θρεπτικότητα, τη βιωσιμότητα και τη γευστικότητά τους, ενώ ανταγωνίζονται επάξια τα συμβατικά ζωικά τρόφιμα., προσελκύοντας το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας. Οι εναλλακτικές πηγές συνολικά αγγίζουν το 2% της αγοράς κρέατος παγκοσμίως, ποσοστό που μπορεί δυνητικά να φτάσει ως και το 10% μέχρι το 2035 (Πάσσιου, 2021). Οι πιο δημοφιλείς επιλογές θεωρούνται τα φύκη και διάφορα βρώσιμα έντομα, προϊόντα ζύμωσης, κρέας εργαστηρίου και φυτικά υποκατάστατα (Bashi et al, 2019).

1.1.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Έχει αποδειχθεί, ότι αρκετά είδη μικροφυκών και μακροφυκών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αξιόπιστες, διαθέσιμες επιλογές, για την παροχή εναλλακτικών πρωτεϊνών, τόσο για πρόσληψη από τον άνθρωπο, όσο και για ζωοτροφές (Πάσσιου, 2021). Ιδιαίτερα, τα μικροφύκη αποτελούν μικροοργανισμούς, με ταχεία ανάπτυξη σε βιομάζα με μεγάλη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και πρωτεΐνες. Για παράδειγμα, διαδεδομένη είναι η χρήση της σπιρουλίνας, η οποία παρουσιάζει περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη της τάξεως του 70% της ξηρής μάζας της, ενώ σε ορισμένα είδη η εν λόγω περιεκτικότητα προσεγγίζει αυτή της σόγιας. Τα φύκη *Arthrospira spp*, *Chlorella spp* και το *Dunaliella salina* επίσης προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση στην Ε.Ε. και σε ασιατικές χώρες (Becker, 2007). Οι πρωτεΐνες των φυκών αποδείχθηκε, ότι είναι αρκετά εύπεπτες και συγκρίσιμες με την καζεΐνη, ενώ το γλουταμινικό οξύ, που περιέχουν σε μεγάλη ποσότητα, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στην γεύση τους (Kunz et al, 1990). Αξίζει να σημειωθεί επιπλέον, ότι η χρήση τους πληρεί τους κανόνες της κυκλικής οικονομίας, διότι μπορούν να αναπτύσσονται σε λύματα, σε συνδυασμό με τροφοδοσία οργανικών αποβλήτων. Σήμερα, τουλάχιστον 30 χώρες παγκοσμίως ασχολούνται ενεργά με την παραγωγή μικροφυκών (Πάσσιου, 2021). Με μοναδικό προβληματισμό να αφορά την ανάγκη για χαμηλότερο κόστος παραγωγής και ενεργειακές απαιτήσεις, καθώς και την μείωση της αλμυρής γεύσης και του έντονου χρώματος, σε συνδυασμό με την πιθανή παρουσία μικροβίων, βαρέων μετάλλων, φυτοφαρμάκων, υπερβολικού ιωδίου και τοξινών. (Van der Spiegel et al, 2013; Henchion et al, 2017; Birch et al, 2019)

Η ζύμωση βιομάζας και η ζύμωση ακριβείας, δύο τεχνικές παρόμοιες με την κλασσική εφαρμοσμένη ζύμωση, αποτελούν ακόμη μια πιθανή εναλλακτική πηγή πρωτεϊνών (Πάσσιου, 2021). Η ζύμωση της βιομάζας σχετίζεται με την γρήγορη ανάπτυξη διάφορων μικροοργανισμών, όπως ζυμομύκητες και νηματοειδείς μύκητες, που διακρίνονται για την μεγάλη περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες, με σκοπό την εντατική παραγωγή πρωτεϊνών. Η παραγόμενη βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανθρώπινη διατροφή, αυτούσια ή σε συνδυασμό με άλλες τροφές (Πάσσιου, 2021). Αντίθετα, η ζύμωση ακριβείας στοχεύει στην εισαγωγή γονιδίων από ζωικές πρωτεΐνες σε συγκεκριμένους οργανισμούς, όπως οι ζύμες, με σκοπό την μαζική παραγωγή επιθυμητών πρωτεϊνών. Στη συνέχεια, οι παραγόμενες πρωτεΐνες συνδυάζονται με άλλα συστατικά, για την παραγωγή προϊόντων μη ζωικής προέλευσης. Η συγκεκριμένη τεχνική ακολουθείται από αρκετές εταιρείες τροφίμων σε Ευρώπη και Αμερική (Πάσσιου, 2021). Οι μικροβιακές πρωτεΐνες, οι πρωτεΐνες δηλαδή, που προκύπτουν από αυτούσια ή συνδυαστική καλλιέργεια βακτηρίων, μυκήτων και ζυμών θεωρούνται ιδανικές για κατανάλωση και προορίζονται ως συστατικό ή υποκατάστατο πηγών πρωτεϊνών (Upadhyaya et al, 2020) Οι τεχνικές

αυτές πλεονεκτούν ως προς τις ινώδεις υφές, που δημιουργούν, παρόμοιες με εκείνες του κρέατος. Υστερούν όμως στο υψηλό κόστος και το μικρό προς το παρόν όγκο παραγωγής. (Finnigan T.J.A et al, 2017)

Το εργαστηριακό κρέας προκύπτει από βλαστοκύτταρα ζώων, τα οποία μετά τη συλλογή τους, μέσω βιοψίας, χωρίς απαραίτητη θανάτωση του ζώου, και βαθιάς κατάψυξης στους -196οC, που τους επιτρέπει να διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα, τοποθετούνται σε θρεπτικό υπόστρωμα, όπου στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται και σχηματίζουν μυϊκούς ιστούς. Η καλλιέργεια των βλαστοκυττάρων διαρκεί 2 εβδομάδες. Το τελικό αποτέλεσμα θυμίζει κιμά, ενώ δεν περιέχει λίπος, οστά, τρίχες και δέρμα (Henchion et al, 2017; Bhat et al, 2015). Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορες ονομασίες για το παραγόμενο κρέας in vitro, όπως καθαρό κρέας, υγιεινό κρέας, κρέας χωρίς σφαγή, κρέας εργαστηρίου, κρέας σε δοκιμαστικό σωλήνα και κρέας με βάση τα κύτταρα (Van Loo et al, 2020; Henchion et al, 2017). Η πρώτη εφαρμογή πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Μάαστριχτ το 2013 από τον Mark Post, παράγοντας το πρώτο χάμπουργκερ από εργαστηριακό κρέας. Ήδη όμως πολλά παρόμοια προϊόντα διατίθενται στην αγορά προς πώληση, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την εταιρεία “Eat Just”, η οποία προμηθεύει πλήθος εστιατορίων στην Σιγκαπούρη με κοτομπουκιές από κρέας εργαστηρίου (Carrington, 2020). Αυτός ο τρόπος παρουσιάζει μια πιο οικολογική πλευρά, καθώς παραμερίζει τη διαδικασία εκτροφής των ζώων. Ως μειονεκτήματα θεωρούνται η δαπανηρή οικονομικά και ενεργειακά διαδικασία παραγωγής, το μικρό εύρος παραγωγής, η γεύση και η υφή των παραγόμενων προϊόντων και η ευρύτερη αποδοχή των καταναλωτών (Πάσσιου, 2021).

Ως υποκατάστατα κρέατος και γαλακτοκομικών φυτικής προέλευσης χαρακτηρίζονται τα τρόφιμα, που περιέχουν κυρίως όσπρια, σπόρους, ξηρούς καρπούς και δημητριακά. (Πάσσιου, 2021; Amagliani et al, 2017). Για παράδειγμα ως εναλλακτική του γάλακτος μπορεί να χρησιμοποιηθεί γάλα σόγιας, γάλα αμυγδάλου, γάλα κάσιους, γάλα καρύδας, γάλα ρυζιού και γάλα βρόμης (Ismail et al., 2019). Αντίστοιχα ως υποκατάστατα κρέατος χρησιμοποιούνται το τόφου, το τεμπέ (κέικ σόγιας), πρωτεΐνες από σόγια ή μπιζέλια, γλουτένη σιταριού, μπιφτέκια λαχανικών, και μανιτάρια (Migala et al, 2019). Τα δημητριακά χρησιμοποιούνται ευρέως για την παροχή πρωτεϊνών φυτικής προέλευσης, τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για τα ζώα (Anderson, 2009). Τα όσπρια καλλιεργούνται σήμερα σε μεγάλες ποσότητες και φημίζονται για την ικανοποιητική περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες, βιταμίνες, μέταλλα, φυτικές ίνες και υδατάνθρακες, με την σόγια και τα προϊόντα αυτής, όπως το σογιέλαιο και το σογιάλευρο, να προσελκύουν έντονο πλέον ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτη (Sa, A.G.A. et al, 2019; Frias et al, 2011). Το κεχρί και τα υποπροϊόντα του αναδεικνύονται ως μια θαυμάσια πηγή πρωτεϊνών και αμινοξέων (Mohamed et al, 2009). Τα ψευδοδημητριακά, καθώς και διάφορα είδη σπόρων, ξηρών καρπών και ελαιούχων σπερμάτων κερδίζουν συνεχώς πρόσφορο έδαφος, χάρη στις βιταμίνες, τα μέταλλα, τις πρωτεΐνες, τα αμινοξέα, τις φυτικές ίνες, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα και τις φαινολικές ουσίες, που διαθέτουν (Aguilar et al 2015;

Lopez et al, 2015). Η μέθοδος αυτή θεωρείται πιο φιλική προς το περιβάλλον, διότι απαιτεί λιγότερους φυσικούς πόρους για την παραγωγή τους. Παράλληλα, διακρίνεται για την καλύτερη αντιμετώπιση από την κοινή γνώμη σε σύγκριση με άλλες εναλλακτικές μεθόδους. Από την άλλη πλευρά, δεν εξασφαλίζεται πάντα, ότι τα φυτικά προϊόντα είναι κατά κανόνα πιο υγιεινά, επειδή μερικά μπορεί να διαθέτουν μεγάλες ποσότητες αλατιού ή κορεσμένων λιπών ή ορισμένα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, που περιλαμβάνονται στα ζωικά τρόφιμα (Πάσιου, 2021)

Τα βρώσιμα έντομα, ανήκουν επίσης στην κατηγορία των εναλλακτικών πηγών πρωτεϊνών, προκαλώντας το ενδιαφέρον τόσο των ακαδημαϊκής κοινότητας όσο και των παραγωγών και των καταναλωτών, όπως αναλυτικά παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

1.2 ENTOMA ΩΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Ως εντομοφαγία ορίζεται η διαδικασία κατανάλωσης εντόμων από τους ανθρώπους ως μέρος της διατροφής τους (Gahukar, 2011). Θεωρείται μια αρκετά διαδεδομένη τακτική σε πολλούς πολιτισμούς ανά τον κόσμο ήδη από αρχαιοτάτων χρόνων, λόγω των θρεπτικών και γευστικών ιδιοτήτων των εντόμων (Ramos-Elorduy, 2009). Προϊστορικά, πριν την εξέλιξη της καλλιέργειας και του κυνηγιού οι άνθρωποι επιδίδονταν στην αναζήτηση εδώδιμων εντόμων (Kouřimská & Adámková, 2016). Σημειώνεται επίσης, ότι ως πρακτική καταγράφεται στην πλειοψηφία των θρησκειών, όπως ο Χριστιανισμός, ο Ισλαμισμός και Ιουδαϊσμός (Van Huis, Van Itterbeek & Klunder, 2014). Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι πρώτες αναφορές αποδίδονται στον Αριστοτέλη στο "Περί ζώων ιστορίας", όπου περιγράφεται η βρώση τζίτζικιών. Η κατανάλωση εντόμων διαδόθηκε επιτυχώς και επί ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, όμως μετά την πτώση της οι σχετικές αναφορές περιορίστηκαν (Payne et al., 2019).

Τα έντομα αποτελούν τους πιο πολυπληθείς πολυκύτταρους οργανισμούς στον πλανήτη και καλύπτουν σχεδόν τα 4/5 του ζωικού βασιλείου (Scaraffia & Miesfeld, 2012). Σε παγκόσμια κλίμακα, πάνω από 2100 διαφορετικά είδη εντόμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τροφή. (Γκινάλη, 2020). Τα έντομα χαίρουν ιδιαίτερης αποδοχής σε τουλάχιστον 113 χώρες, κυρίως σε Ασία, Αφρική και Ωκεανία., ξεχωρίζοντας η Κίνα, η Βραζιλία, το Μεξικό, η Ολλανδία, οι ΗΠΑ, η Ταϊλάνδη και η Γκάνα. Σύμφωνα με επίσημες καταγραφές περίπου το 30% της ανθρωπότητας τα εντάσσει στο διατροφολόγιό της (Rumpold & Schlüter, 2013). Από γαστρονομικής πλευράς, καταγράφεται σημαντικός αριθμός προϊόντων, που περιέχουν βρώσιμα έντομα ως συστατικό, ενώ παράλληλα διατίθενται προς κατανάλωση αυτούσια έντομα, σε οποιαδήποτε στάδιο, προνύμφες ή αβγά αυτών, αποξηραμένα, τηγανητά, αλλά και σε διάφορους επιπλέον συνδυασμούς (van Huis et al., 2013). Οι κυριότερες τάξεις εντόμων, που προτιμώνται για βρώση είναι τα κολεόπτερα, τα λεπιδόπτερα, τα υμενόπτερα, τα ορθόπτερα και τα ημίπτερα (Sun-Waterhouse, Waterhouse, & You, 2016; Yi, et al., 2013).

Εντούτοις, αν και τα βρώσιμα έντομα σε μερικές χώρες η κατανάλωσή τους συνδέονται με τις τοπικές παραδόσεις τους, στην Ευρώπη θεωρούνται ακόμα νέα ανερχόμενη διατροφική τάση, ενώ η διάθεσή τους στην ευρωπαϊκή αγορά απαιτεί σχετική έγκριση από αρμόδιους φορείς, όσον αφορά την καταλληλότητα και την ασφάλειά τους για κατανάλωση (Van Huis et al, 2014). Στην Ε.Ε. προς το παρόν πωλούνται νόμιμα για διατροφικούς σκοπούς lesser mealworms, yellow mealworms, σπιτικοί γρύλοι και μεταναστευτικές ακρίδες (Looy et al, 2013; Menozzi et al., 2017; Lensvelt et al., 2014).

Παρά τις αναμφισβήτητες προοπτικές τους ως τρόφιμο, η βρώση εντόμων στο δυτικό κόσμο βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, κυρίως εξαιτίας διάφορων προκαταλήψεων, κοινωνικών και πολιτιστικών ιδεολογιών (Mlcek et al, 2014; Verbeke, 2015). Η αστικοποίηση, ο σύγχρονος τρόπος ζωής, η επίδραση των ΜΜΕ, η στάση της σύγχρονης γεωργίας και ιατρικής, η αίσθηση αποστροφής και αηδίας, καθώς και η πεποίθηση, ότι η εντομοφαγία αποτελεί συνήθεια υποβαθμισμένων οικονομικά και πολιτισμικά λαών, αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες για την γρηγορότερη αποδοχή στη Δύση (Tang et al., 2019; Ρηγοπούλου, 2021; Γκινάλη, 2020).

Συνεπώς, η προσθήκη εδώδιμων εντόμων με τη μορφή σκόνης σε άλλα τρόφιμα, όπως σνακ, θα μπορούσε να πείσει ακόμη περισσότερους καταναλωτές να τα εντάξουν στη διατροφή τους. Με αυτόν τον τρόπο, προσδοκάται η δημιουργία και η διάθεση τροφίμων, ελκυστικών και οικείων προς τον μέσο καταναλωτή, μέσω των οποίων θα είναι εφικτή η αποκόμιση όλων των θρεπτικών στοιχείων, που περιέχουν τα έντομα (Yi et al., 2013).

1.2.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΤΑ ΖΩΑ

Τα τελευταία χρόνια η κατανάλωση βρώσιμων εντόμων προωθείται από μεγάλη μερίδα της επιστημονικής κοινότητας (Γκινάλη, 2020; Ρίζου, 2019). Η αδιαμφησβήτητη θρεπτική τους αξία και η υψηλή περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες τα καθιστά ως μια αξιόλογη πηγή πρωτεϊνών (Xiaoming, Ying, & Hong, 2010; Sun-Waterhouse et al., 2016). Υπενθυμίζεται όμως, ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ποικίλλει ως χαρακτηριστικό, τόσο μεταξύ των πολυάριθμων ειδών, που προορίζονται για κατανάλωση, όσο και μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης, την προέλευση και τη διατροφή τους (Finke & Oonincx, 2014). Χαρακτηριστικά, οι γρύλοι, ένα είδος που επιτρέπεται προς κατανάλωση από τη νομοθεσία της Ε.Ε., παρουσιάζουν μεγάλα ποσοστά πρωτεϊνών (55-60%), λιπών (24-29%), φυτικών ινών (3,5-7%) και μετάλλων (Γκινάλη, 2020). Επίσης, διαθέτουν αρκετή χιτίνη και χιτοζάνη, που χρησιμεύουν στην αναστολή των εντερικών παθογόνων. Όμως, το μεγάλο ποσοστό τους σε χιτίνη μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, όταν χρησιμοποιούνται ως σκόνη σε

τρόφιμα. (van Huis et al., 2013; Mlcek et al., 2014). Επιπλέον, οι αλευροσκώληκες (mealworms) διαθέτουν παραπλήσια διατροφική αξία με αρκετά είδη κρέατος. Παρουσιάζουν περίπου 46% πρωτεΐνες και 35% λίπη, ενώ τα αμινοξέα τους καλύπτουν επάξια τις διατροφικές απαιτήσεις σε ανθρώπους και ζώα (Rumpold & Schlüter, 2013). Επίσης, αναφέρεται η πιθανή ανοσοτροποποιητική, αντιοξειδωτική και αντι-υπερτασική δράση τους (Zielinska et al., 2015). Συμπληρωματικά, οι προνύμφες του μεταξοσκώληκα αναφέρεται, ότι μπορεί να συμβάλλουν στην πρόληψη ασθενειών, όπως διάφορες μορφές καρκίνου και καρδιαγγειακές νόσους, ενώ το ενζυμικό υδρόλυμά τους έχει βιοδραστική, αντιοξειδωτική, αντικαρκινική και ανοσοτροποποιητική δράση, ενώ δρα αι ενάντια στην υπερχοληστερολαιμία (Van Huis, 2020).

Αξιοσημείωτο επίσης είναι το γεγονός, ότι τα βρώσιμα έντομα ενσωματώνονται και σε ζωοτροφές εκτρεφόμενων ζώων (Ρηγοπούλου, 2021). Υπενθυμίζεται, ότι ανέκαθεν τα ζώα στην φύση κατανάλωναν έντομα (Makkar et al, 2014). Εξάλλου η αποδεδειγμένα μεγάλη περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες, σε συνδυασμό με το σημαντικό αριθμό εντόμων, που μπορούν να αξιοποιηθούν, προσφέρουν αξιόλογες προοπτικές και στον κλάδο του πρωτογενούς τομέα, εδραιώνοντάς τα ως μια αξιόπιστη βιώσιμη πηγή θρεπτικών συστατικών για τη διατροφή των ζώων (Van Huis, 2013).

Η ενσωμάτωση εντομάλευρων έχει ξεκινήσει ήδη να εφαρμόζεται στα σιτηρέσια ιχθυοκαλλιεργειών και σε πλήθος ακόμα εκτροφών χερσαίων ειδών, λόγω ακριβώς της υψηλής διατροφικής τους αξίας (Makkar et al., 2014; Gasco et al., 2016). Ήδη από τον Μάιο του 2017 η Ε.Ε. επέτρεψε την προσθήκη εντόμων σε ιχθυοτροφές, ενώ λίγο αργότερα από το 2021 το ελληνικό κράτος επέτρεψε την παρουσία εντόμων σε ιχθυοτροφές, και σε ζωοτροφές κι άλλων εκτρεφόμενων ειδών, όπως οι χοίροι και τα κοτόπουλα ("Insects As Feed EU Legislation – Aquaculture, Poultry & Pig Species", 2019).

Σημαντική συμβολή σε αυτόν τον τομέα έχει τα τελευταία δέκα χρόνια το Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με πρωτοποριακά ερευνητικά προγράμματα και ενημερωτικά σεμινάρια. ("Fishect", 2019).

1.2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΕΝΤΟΜΩΝ

Η εκτροφή βρώσιμων εντόμων παρουσιάζει μια σειρά χρήσιμων πλεονεκτημάτων έναντι της συμβατικής εκτροφής, ισχυροποιώντας με αυτόν τον τρόπο τη διαθεσιμότητά της για μελλοντικές εφαρμογές (Ρίζου, 2019; Γκινάλη, 2020). Τα έντομα διακρίνονται για τον γρήγορο ρυθμό αναπαραγωγής τους (Gahukar, 2011), τις απαιτήσεις τους για λιγότερη τροφή, νερό, ενεργειακούς πόρους και λιγότερο χώρο

για εγκαταστάσεις και εργατικό δυναμικό, την μικρότερη εκπομπή βλαβερών ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου και χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα (Kelemu et al., 2015), σε συνδυασμό με τη δυνατότητα, που προσφέρουν, για αξιοποίηση αποβλήτων, κοπριάς και υποπροϊόντων της βιομηχανίας τροφίμων (van Huis et al., 2013). Τέλος αξίζει να αναφερθεί, ότι η ένταξη των βρώσιμων εντόμων στο διαιτολόγιο των ανθρώπων, εκτός από μια οικολογική, φιλόδοξη και ελπιδοφόρα από πολλές πλευρές ενέργεια, θα μπορούσε να διαδραματίσει καθοριστικό παράγοντα στην εξομάλυνση των επισιτιστικών προβλημάτων σε χώρες του Τρίτου Κόσμου (Tian et al., 2016; Henschion et al., 2017). Συμπεραίνεται, ότι μια τέτοια επαγγελματική κίνηση συγκεντρώνει σημαντικά οικονομικά, περιβαλλοντικά, υγειονομικά και επισιτιστικά ωφέλη, καθιστώντας την εντέλει ελκυστική για μελλοντικές επενδύσεις και επιχειρηματικές συνεργασίες (Ρίζου, 2019; Γκινάλη, 2020).

Ακόμη, κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί η σύνδεση της εκτροφής εδώδιμων εντόμων με τις τακτικές και τις προϋποθέσεις της κυκλικής οικονομίας (Ρίζου, 2019). Σε θεωρητικό υπόβαθρο, η κυκλική οικονομία αποτελεί ένα σύγχρονο μοντέλο ανάπτυξης, που προσελκύει έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια από την Ε.Ε. και διάφορα παγκόσμια οικονομικά κέντρα.. Το οικονομικό αυτό μοντέλο αποσκοπεί στην παραγωγή προϊόντων και την παροχή υπηρεσιών, ενσωματώνοντας στην παραγωγική διαδικασία αξίες σχετικές με την εξοικονόμηση πόρων, την οικολογική συνείδηση, την ανακύκλωση, τη μείωση των αποβλήτων και την αξιοποίηση δευτερογενών υλών και αποβλήτων ("Circular economy-Εσωτερική Αγορά, Βιομηχανία, Επιχειρηματικότητα και ΜΜΕ-European Commission", 2019).

Πρακτικά, δίνεται η δυνατότητα πλήρους αξιοποίησης από οικιακά απορρίμματα, έως απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων, της ζυθοποιίας και της αρτοποιίας, τα οποία προορίζονται για την τροφοδοσία των εκτρεφόμενων εντόμων. Με τον τρόπο αυτόν, αξιοποιούνται φτηνά υποπροϊόντα, οδηγώντας στην ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών, με αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλής περιεκτικότητας πρωτεΐνης ζωικής προέλευσης (van Huis, 2016; Kelemu et al., 2015).

Εξάλλου αξίζει να σημειωθεί, ότι οι προνύμφες σκαθαριών έχουν την ικανότητα να βιοδιασπούν διογκωμένα πολυστερίνη (EPS), προσφέροντας μια χρήσιμη εναλλακτική πρόταση για τη διαχείριση πλαστικών αποβλήτων. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παίζει η χαμηλή απαίτηση μια τέτοιας εκτροφής σε ενεργειακούς πόρους, αλλά και η δυνατότητα παραγωγής βιολογικών λιπασμάτων και βιομάζας, πλούσιας σε φώσφορο (PIFF, 2019).

1.3 ΕΚΤΡΟΦΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Σήμερα, η απήχηση των βρώσιμων εντόμων στη βιομηχανία των τροφίμων παρουσιάζει ταχεία ανάπτυξη, κατέχοντας πλέον εξέχουσα θέση σε επιχειρηματικό πλαίσιο (Roncolini et al., 2019). Εκτός από αυτούσια, ψημένα ή αποξηραμένα, τα εδώδιμα έντομα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως επί μέρους ως συστατικά άλλων τροφίμων και ζωοτροφών (Ρηγοπούλου, 2021). Σταδιακά στην Α. Αφρική, αλλά και σε άλλες χώρες ανά τον κόσμο, έχει ξεκινήσει η εντατική εκτροφή τους, με τα αντίστοιχα κράτη να προωθούν την αξιοποίησή τους στη βιομηχανία, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο την ευκαιρία στους ενδιαφερόμενους παραγωγούς να πωλούν την παραγωγή τους απευθείας σε εργοστάσια τροφίμων και ζωοτροφών για πρώτη ύλη (Nyangena et al., 2020).

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, σε Ολλανδία και Βρετανία εκτός από εκτροφές, που εξειδικεύονται στην εκτροφή εδώδιμων εντόμων για ανθρώπινη κατανάλωση, μετά το 2015 μεγάλη αλυσίδα σουπερμάρκετ, διαθέτει προς πώληση προϊόντα με εντομάλευρο ως συστατικό (van Huis, 2016). Ακόμη και στις ΗΠΑ αναπτύσσεται ειδική αγορά, που αφορά τα βρώσιμα έντομα, με τον αριθμό των εκτροφών, των επιχειρήσεων, που πωλούν αντίστοιχα προϊόντα, και των εστιατορίων, που τα προμηθεύονται, να καταγράφει σταθερά ανοδική πορεία (Baker et al., 2018). Η νέα αυτή τάση οδήγησε στη συγκέντρωση αξιόλογων κεφαλαίων για την ίδρυση εταιρειών αντίστοιχου ενδιαφέροντος σε Ελβετία, Γαλλία, Ιταλία, Φιλανδία. Τέλος, στην Ελλάδα αποτελεί ένα νέο αναπτυσσόμενο κλάδο (Ρηγοπούλου, 2021).

1.3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΕΝΤΟΜΑ ΩΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Ένας τεράστιος αριθμός προϊόντων, που περιλαμβάνουν εντομάλευρο, κατακλύζουν την ευρωπαϊκή αγορά (Ρηγοπούλου, 2021; Γκινάλη, 2020). Ζυμαρικά, ψωμί και λοιπά αρτοσκευάσματα, αλλαντικά, σούπες, γλυκά, μπισκότα, σοκολάτες και λοιπά επιδόρπια, σνακ, σάλτσες, κρεατοσκευάσματα, μπάρες δημητριακών, επεξεργασμένα προϊόντα από πατάτα, λαχανικά και όσπρια και ενεργειακά ποτά είναι μερικά μόνο από τα πιο χαρακτηριστικά προϊόντα (Tan et al. 2015; Hartmann et al. 2018; Tang et al., 2019; Evans et al., 2017)

Επιπρόσθετα, αρκετά δημοφιλή θεωρούνται και τα τρόφιμα, που περιέχουν την κόκκινη χρωστική E120 ή αλλιώς κόκκινη καρμίνη, μια φυσική χρωστική, που παράγεται από τα αβγά και τα θηλυκά άτομα του είδους *Cochineal Dactylopius coccus Casta*. (food.ec.europa.eu).

Από την άλλη πλευρά, εξίσου δημοφιλή είναι και τα τρόφιμα, που περιέχουν την φυσική ρητίνη shellac / E940, δηλαδή η γομαλάκα, ή σελάκη, παραγόμενη από τα

θηλυκά άτομα του εντόμου Lac του είδους. Η φυσική αυτή ρητίνη παράγεται κυρίως στην Ταϊλάνδη και την Ινδία και διατίθεται προς πώληση στην αγορά σε στερεή ή υγρή μορφή ως χρωστική ουσία ή ως γλάσσο τροφίμων (food.ec.europa.eu).

Τέλος, η χιτίνη αφορά μια οργανική ουσία, που εντοπίζεται σε τοιχώματα μανιταριών και μυκήτων και τον εξωσκελετό εντόμων και καρκινοειδών. Συμπεριλαμβάνεται σε διάφορες εφαρμογές στον κλάδο των τροφίμων, όπως για παράδειγμα η επίστρωση σε φρούτα και λαχανικά, που συμβάλλει αποτελεσματικά στη διατήρησή τους μετά τη συγκομιδή, η επίστρωση σε χοιρινό κρέας, που βοηθά στη διατήρηση του χρώματος και των υπόλοιπων χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών. Ταυτόχρονα γίνονται προσπάθειες αξιοποίησης της χιτίνης και των αντιμικροβιακών της ιδιοτήτων σε ακόμα περισσότερα τρόφιμα, όπως ψάρια και γαλακτοκομικά προϊόντα (Τσαγγάρη, 2019).

1.3.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΒΡΩΣΙΜΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

Στα όρια της Ε.Ε. τα εδώδιμα έντομα αναγνωρίζονται ως μέρος μιας εξειδικευμένης αγοράς, με εξασφαλισμένες όμως οικονομικές και επιχειρηματικές προοπτικές σε βάθος χρόνου, παρά τις όποιες αντιφάσεις στην αντίληψη του μέσου καταναλωτή (Τηλιοπούλου, 2020). Με το πέρασμα των ετών, ιδρύονται σταδιακά νέες επιχειρήσεις, που εξειδικεύονται στην παραγωγή εντόμων ή ζωοτροφών και τροφίμων, που περιλαμβάνουν έντομα, καθώς επίσης και βιομηχανικές ενώσεις, που προασπίζονται την έρευνα σχετικά με την εν λόγω παραγωγή (Goumperis, 2019). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αφορούν η Διεθνής Πλατφόρμα για τα Έντομα ως Τρόφιμα και Ζωοτροφές (IPIFF), η οποία ήδη από το 2019 περιλαμβάνει 52 εταιρείες ως μέλη, η Ομοσπονδία Βελγικών Βιομηχανιών Εντόμων (BIIF) και η Ασιατική Ένωση εντόμων ως τρόφιμα και ζωοτροφές (AFFIA) (AFFIA, <https://affia.org/>; BIIF, <http://www.biif.org/>; IPIFF, <http://ipiff.org/>)

Στην Ελλάδα, μέχρι τώρα, όπου συντάσσεται η παρούσα διατριβή, στα Νέα Σίλατα της Χαλκιδικής υπάρχει το μοναδικό επίσημο οργανωμένο εκτροφείο βρώσιμων - εντόμων, με έτος ίδρυσης το 2007 και την ονομασία Bio-insecta (Τηλιοπούλου, 2020). Η εν λόγω εταιρία, δραστηριοποιείται στην εκτροφή εδωδιμων εντόμων και στην αντιμετώπιση εντόμων, που προσβάλλουν καλλιέργειες, που σχετίζονται με το αστικό και το περιαστικό πράσινο. Πάντα προσφέροντας καινοτόμες λύσεις και υψηλής ποιότητας προϊόντα (bio-insecta, 2019).

1.4 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΕΝΤΟΜΩΝ

Τα βρώσιμα έντομα αποτελούν ένα καινοτόμο διατροφικό μοντέλο, που εισάγει καινούριους όρους και πεδία προς μελέτη (Πανουργιάς, 2023).

Χάρη στο νέο κανονισμό για τα καινοτόμα τρόφιμα, όπου εντάσσονται και τα εδώδιμα έντομα, γίνονται καθοριστικά βήματα για την σταδιακή προώθηση και την αποδοχή τους από το καταναλωτικό κοινό της Ευρώπης (Τηλιοπούλου, 2010)

Η Ε.Ε. ορίζει ως νέα τρόφιμα τα τρόφιμα ή συστατικά αυτών, τα οποία δεν έχουν καταναλωθεί μαζί από τους ανθρώπους, θέτοντας ως χρονικό όριο τις 15 Μαΐου του 1997, όπου και συντάχθηκε ο πρώτος διεθνής κανονισμός των νέων τροφίμων. Στα όρια της Ε.Ε. εγκρίνεται για ελεύθερη διάθεση στην αγορά ο οικιακός γρύλος, η αποδημητική ακρίδα και το κίτρινο αλευροσκούληκο, ενώ από τον Ιανουάριο του 2023 δόθηκε η άδεια και για την πώληση του σκαθαριού *Alphitobius diaperionus*, όπως και αυτή του οικιακού γρύλου σε μορφή σκόνης, πάστας, καταψυγμένο και αποξηραμένο.

Με βάση το άρθρο. 2 του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 178/2002 , επεξεργασμένα ή νωπά τα έντομα, όπως ισχύει και για τα υπόλοιπα προς ανθρώπινη κατανάλωση εκτρεφόμενα ζώα, ακολουθούν όλες τις ισχύουσες διεθνείς και εθνικές νομοθεσίες σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων. Η αποθήκευση και η επεξεργασία τους υπάγονται στους ίδιους υγειονομικούς κανονισμούς με τα υπόλοιπα συμβατικά τρόφιμα, ενώ παράλληλα ακολουθούν όλες τις ρυθμιστικές προδιαγραφές των νέων τροφίμων. Το σύνολο των νέων τροφίμων με βάση την ασφάλειά τους υπάγονται στην κατηγορία «τρόφιμο που αποτελείται, απομονώνεται ή παράγεται από ζώα ή μέρη τους», όπως περιγράφεται στο άρθρο 3 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283.

Αντίθετα, σχετικά με αντίστοιχα τρόφιμα, που προέρχονται από τρίτες χώρες, το άρθρο 14 του κανονισμού για τα νέα τρόφιμα προβλέπει μια απλή διαδικασία ελέγχου για την πιστοποίησή τους, προκειμένου να μπορούν να εισαχθούν στην αγορά της Ε.Ε. με ασφάλεια. Η προθεσμία διαρκεί συνήθως 2 έτη, με προϋπόθεση να μην υπάρξει τυχόν έφεση από κάποιο κράτος μέλος ή την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA). Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), τα Πρότυπα Τροφίμων της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας (FSANZ), και ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των Ηνωμένων Πολιτειών (US FDA) εργάζεται πυρετωδώς για τη θέσπιση οδηγιών και κανονισμών για την χρήση εδώδιμων εντόμων.

Από τις αρχές του 2018, οι εκτροφείς των εντόμων υποχρεούνται να υποβάλλουν μια νέα ειδική αίτηση για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σχετικά με τον τύπο της εκτροφής, το χρονικό εύρος της συγκομιδής, τις μεθόδους εκτροφής και μεταποίησης και το προς χρήση υπόστρωμα. Η Αυστρία, το Βέλγιο, η Δανία, η Φινλανδία, η Αγγλία και οι Κάτω Χώρες επέτρεψαν την ελεύθερη παραγωγή και διάθεση στην αγορά

παρόμοιων προϊόντων, με βάση τους κανονισμούς ασφάλειας, που ισχύουν και για τα συμβατικά τρόφιμα. Σε Γερμανία και Γαλλία επετράπη μερικώς η παραγωγή και πώληση εδώδιμων εντόμων. Εκτός Ε.Ε., η Ελβετία και η Νορβηγία μόλις το 2017 αδειοδότησε ανάλογες εισαγωγές, κάτω από αυστηρά όμως πρωτόκολλα και περιοριστικές παραμέτρους (Τηλιοπούλου, 2020).

Παρ' όλα τα οφέλη από την χρήση εντόμων στη διατροφή του ανθρώπου, το νομοθετικό πλαίσιο γύρω από την βρώση εντόμων βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη, καθώς οι προτιμήσεις και οι τάσεις ποικίλλουν ανάλογα γεωγραφικών, ιδεολογικών, πολιτιστικών, θρησκευτικών και κοινωνικών παραγόντων. (Menozzi et al., 2017; Van Huis, Van Itterbeeck & Klunder, 2014). Η ανάγκη για περισσότερη εξειδίκευση της εσωτερικής νομοθεσίας και η διαφοροποίηση της νομοθεσίας σε κάθε χώρα θεωρούνται όμως ανασταλτικοί παράγοντες για την γρηγορότερη προσέλκυση του καταναλωτικού, επενδυτικού και επιχειρηματικού ενδιαφέροντος (Τηλιοπούλου, 2010; Sprecht et al., 2019).

1.4.1 ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΕΝΤΟΜΩΝ

Οι εκτροφείς εντόμων οφείλουν να ακολουθούν συγκεκριμένους κανόνες υγιεινής, όπως ισχύει και στα υπόλοιπα είδη εκτροφών και βιομηχανιών τροφίμων (European Union 2002). Τα εκτρεφόμενα έντομα λαμβάνονται από τους φυσικούς τους πληθυσμούς, με σκοπό την εκτροφή τους σε ειδικούς χώρους κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες διαβίωσης και διατροφής (European Union 2005). Η εκτροφή μπορεί να λάβει χώρα σε αγροτικές ή και αστικές περιοχές, σε διαφορετικά μεγέθη, από ένα απλό μεμονωμένο κλωβό, έως μαζικές αυτοματοποιημένες εκτροφές σε επίπεδα εργοστασίου (European Union 2009).

Σε νομοθετικό επίπεδο, η Ε.Ε. έχει θεσπίσει αυστηρούς κανονισμούς, που πρέπει να ακολουθούν ρητά όλες οι επιχειρήσεις παραγωγής εδώδιμων εντόμων, ώστε να εξασφαλίζεται κάθε επιθυμητό όριο ασφάλειας (Πανουργιάς, 2023). Στις 8 Οκτωβρίου 2015, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) στα πλαίσια της επιστημονικής έκθεσης Προφίλ κινδύνων σχετικά με την παραγωγή και την κατανάλωση εντόμων για τροφή και ζωοτροφή, οδηγήθηκε στο συμπέρασμα, ότι το είδος και η προέλευση του υποστρώματος στις εκτροφές εντόμων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση και τη διάδοση βιολογικών και χημικών κινδύνων. Με αποτέλεσμα, νέα είδη υποστρωμάτων να χρήζουν περαιτέρω αξιολόγησης (Pali-Schöll et al., 2018).

Σχετικά με το υπόστρωμα, η τροφοδοσία προβλέπεται να προέρχεται από φυτική ύλη. Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις, αφού επιτρέπονται πλέον και συστατικά ζωικής προέλευσης, όπως γάλα, αβγά και υποπροϊόντα αυτών, μέλι, υποπροϊόντα αίματος μη μηρυκαστικών και τηγμένο λίπος (European Union 2010; European Union 2011).

Επιπλέον, σύμφωνα με το νόμο αρ. 7670/ 2009 (Κανονισμός εμπορίας ζωοτροφών) υπαγορεύεται η τροφοδοσία εκτροφών με τροφές άριστης ποιότητας και υγιεινής. Το παράρτημα 3 του παραπάνω νόμου απαγορεύει ρητώς την προσθήκη στα σιτηρέσια κοπράνων και λοιπών περιεχομένων του πεπτικού συστήματος. Επίσης, ο κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα αντιτίθεται στην χορήγηση κοπριάς και αποβλήτων εστίασης. Ακόμη, ο κανονισμός αρ. 142/2011 απαγορεύει τα υποπροϊόντα ζωικής προέλευσης. Τέλος, ο κανονισμός αρ. 999/2001 απαγορεύει την χρήση επεξεργασμένων πρωτεϊνών ζωικής προέλευσης στα σιτηρέσια των εντόμων, με εξαίρεση μόνο τα ιχθυάλευρα.

Η Ε.Ε. στις αρχές της δεκαετίας του 2000 θέσπισε ειδικό νομικό πλαίσιο, ώστε οι ενδιαφερόμενες εταιρείες να μπορούν να παράγουν και να εμπορεύονται τα προϊόντα τους εντός της Ε.Ε. με απόλυτη ασφάλεια για τον τελικό καταναλωτή. Ειδικότερα, οι κανονισμοί αυτοί, που διασφαλίζουν τις προδιαγραφές ασφαλείας τροφίμων και ζωοτροφών περιέχονται στα «Γενικός νόμος για τα τρόφιμα» (178/2002) και «Δέσμη για την υγιεινή των ζωοτροφών» (183/2005). Στα νομοθετικά αυτά πλαίσια παραθέτονται όλες οι απαραίτητες οδηγίες και οι υποχρεώσεις, που απαιτείται να πληρούν οι εκτροφείς εντόμων, όπως και οποιαδήποτε άλλη επιχείρηση του κλάδου των τροφίμων και των ζωοτροφών, ώστε να είναι συνεπείς απέναντι στις δημόσιες αρχές και στα όρια, που έχουν οριστεί, σε επίπεδο ασφαλείας και ιχνηλασιμότητας.

Το άρθρο 10 του Νόμου 109 (Ι)/2001 περί υγείας των ζώων προασπίζει ουσιαστικά ζητήματα βιοασφάλειας για τις εγκαταστάσεις, τη διαχείριση και την διαβίωση των ζώων εκτροφής.

Σύμφωνα με το άρθρο 3 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283, κάθε νέο τρόφιμο υπάγεται, με βάση την ασφάλειά του, στην ενότητα «τρόφιμο που αποτελείται, απομονώνεται ή παράγεται από ζώα ή μέρη τους». Αντίστοιχα, όλες οι ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις τροφίμων υποχρεούνται να εφαρμόζουν ένα σύστημα βασισμένο στις αρχές του HACCP, που προϋποθέτει υποχρεωτικές δειγματοληψίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διαδικασία παραγωγής και τον ποιοτικό έλεγχο του τελικού προϊόντος, με βάση τα αποδεκτά μικροβιολογικά όρια. Οι αρχές Ορθής Βιομηχανικής Πρακτικής (GMP) και Ανάλυσης Κινδύνου και Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου (HACCP) και το πρότυπο ISO 22000: 2018 καθορίζουν σημαντικές προδιαγραφές ασφαλείας κατά την παραγωγή (Turck et al., 2021; Turck et al., 2022).

1.5 TENEBRIO MOLITOR – ΑΛΕΥΡΟΣΚΩΛΗΚΑΣ

Το σκαθάρι *T. molitor* ανήκει στην Τάξη Κολεόπτερα και στην Οικογένεια *Tenebrionidae*, με κοινή ονομασία αλευροσκούληκο, yellow mealworm, ή μαύρο σκαθάρι (Ρίζου, 2019). Προσβάλλει διάφορα αποθηκευμένα αγροτικά προϊόντα, ιδιαίτερα αμυλούχες τροφές, όπως πίτυρα, ζυμαρικά και αρτοσκευάσματα (Sprang, 2013). Διακρίνεται για τον γρήγορο ρυθμό ανάπτυξής του, καθώς επίσης και για την

έντονη αρνητική του παρουσία του σε αχυρώνες και αλευρόμυλους, ιδιαίτερα σε χώρες της εύκρατης ζώνης (Spang, 2013).

Το συγκριμένο έντομο είναι γνωστό για την υψηλή θρεπτική αξία του. Χαρακτηριστικά, οι προνύμφες του, το μοναδικό στάδιο, όπου είναι βρώσιμο, είναι πλούσια σε πρωτεΐνες (45-65%) και λίπη (31-43%) (Liya, 2015; Makkar et al, 2014; Siemianowska et al., 2013). Σε επίπεδο μικροστοιχείων, το *T. molitor* διαθέτει αρκετά από αυτά και κυρίως νάτριο 0,96 – 3,6mg/kg, κάλιο 6,4 – 19,3 mg/kg και μαγνήσιο 2 – 4,1 mg/kg, καθώς και πλήθος βιταμινών, όπως βιταμίνες Β και C, και μετάλλων (Finke, 2002). Σε επίπεδο λιπαρών οξέων, τα κυριότερα αυτών είναι το παλμιτικό (C16:0), το ελαϊκό (C18:1n-9) και το λινελαϊκό οξύ (C18:2n-6).

Στις προνύμφες τα συνολικά λίπη βρίσκονται κατά κανόνα σε σταθερή ποσότητα, χωρίς να επηρεάζονται από τη διατροφή τους. Όταν η διατροφή τους είναι περιορισμένη σε θρεπτική αξία είναι ικανές να εκμεταλλεύονται το ήδη υπάρχον λίπος τους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών (Bragd, 2017; Ravzanaadii et al., 2012). Επίσης, οι προνύμφες διακρίνονται για την αξιολογη περιεκτικότητά τους σε ισολευκίνη, αλανίνη, βαλίνη και τυροσίνη (Finke, 2002).

Σε σύγκριση με άλλες πηγές πρωτεϊνών ζωικής προέλευσης το *T. molitor* υπερτερεί σε λευκίνη και λυσίνη, απαραίτητα αμινοξέα, που δεν προσλαμβάνονται από φυτικής προέλευσης τροφές (Ρίζου, 2019). Ακόμη, είναι γνωστό για την πλούσια περιεκτικότητά του εξωσκελετού του (5-20%) σε χιτίνη (C₈H₁₃O₅N)_n (Spang, 2013; Kouřimská & Adámková, 2016; Mlcek et al., 2014).

1.5.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΟΥ *T. MOLITOR* ΑΠΟ ΤΑ ΖΩΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Η εκτροφή του *T. molitor* έχει εδραιωθεί σε μεγάλο αριθμό χωρών, όπως η Κίνα και διάφορα κράτη της Β. Αμερικής και της Ευρώπης, για ζωοτροφή πτηνών, ψαριών, αμφίβιων, ερπετών και άλλων οικόσιτων, αγροτικών και εκτρεφόμενων σε ζωολογικούς κήπους ζώων (Ebeling 1975; Gibson, 2009). Ακόμη, μεγάλη ζήτηση παρουσιάζει ως ζωοτροφή στις υδατοκαλλιέργειες (Ρίζου, 2019). Στο σιτηρέσιο των ψαριών υπολογίσιμο ποσοστό καταλαμβάνουν τα ιχθυάλευρα, που προέρχονται απευθείας από ψάρια ή από υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, που προορίζονται για τον άνθρωπο (Bubler et al., 2016). Εντούτοις, λόγω διάφορων παραγόντων, όπως η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών στα υπολείμματα των ψαριών, η περιβαλλοντική, η πληθυσμιακή και η οικονομική κρίση, η επιλογή του συγκεκριμένου εντόμου φαίνεται να είναι ιδανική. Επίσης έχει τεκμηριωθεί η ευεργετική επίδραση της αντικατάστασης ιχθυάλευρου με εντομάλευρο σε ανάλογα ποσοστά στο ευρωπαϊκό λαβράκι, το αφρικανικό γατόψαρο, την ιριδίζουσα πέστροφα, το φαγκρί, το μανδαρίνο και τα τιλάπια (Gasco et al. 2016). Από το 2017 η Ε.Ε. με τον κανονισμό 2017/893, επέτρεψε τη συγκεκριμένη αντικατάσταση.

Στον κλάδο της πτηνοτροφίας, οι προνύμφες χρησιμοποιούνται αντί σογιάλεου ή ιχθυάλεου, προσδίδοντας σημαντική ποσότητα πρωτεϊνών ζωικής προέλευσης και ασβεστίου, ενώ δεν προκαλεί ανεπιθύμητες παρενέργειες στα πτηνά (Biasato et al., 2016 ; Bovera et al., 2015).

Επιπρόσθετα, αρκετά διαδεδομένη είναι η χρήση του ως μέρος του σιτηρεσίου στην χοιροτροφία για χοιρίδια απογαλακισμού, αλλά και σε τρωκτικά, με σημαντικά οφέλη στην ανάπτυξη και το ανοσοποιητικό σύστημα των ζώων, σε συνδυασμό με την απουσία τοξικότητας. (Tang et al., 2012)

Όσον αφορά τον άνθρωπο, η προτίμηση στο παραπάνω έντομο για κατανάλωση αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς. Καταναλώνεται με ποικίλους συνδυασμούς και παραλλαγές, κυρίως όμως με την μορφή σκόνης - αλεύρου. (Aguilar-Miranda et al, 2002). Χάρη στη σημαντική περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες, στο μικρό κόστος εκτροφής και τις μεγάλες σε μέγεθος προνύμφες του, κέρδισε εξέχουσα θέση ως μια καινοτόμα εναλλακτική πηγή πρωτεϊνών και λοιπών θρεπτικών συστατικών, ενώ προτείνεται για κατανάλωση από τους αστροναύτες (Li et al, 2013).

Το εντομάλευρο διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και ω-3 λιπαρά οξέα, ενώ οι προνύμφες χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη γεύση και υφή. (Γκίναλη, 2020). Σήμερα χρησιμεύει και ως συστατικό σε τεράστιο εύρος τροφίμων, όπως αλλαντικά και λουκάνικα Φρανκφούρτης (Choi et al., 2017; Elhassan et al., 2019).

Επίσης, χαρακτηρίζεται για τη σημαντική του περιεκτικότητα σε πολυσακχαρίτες, αντιμικροβιακές ουσίες, πεπτίδια, αντιοξειδωτικές ουσίες, και συστατικά, που δρουν ενάντια σε φλεγμονές, σε προβλήματα το ήπατος, στην παχυσαρκία και τον διαβήτη. Τέλος, σε επίπεδο λιπαρών οξέων, άξια αναφοράς θεωρούνται το λαυρικό οξύ και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. (Γκίναλη, 2020).

1.5.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ **T. MOLITOR**

Μορφολογικά, τα ενήλικα άτομα του εντόμου κυμαίνονται μεταξύ 12 με 18 mm σε μήκος, χρώμα κόκκινο καφέ ως μαύρο και σχήμα επίπεδο επίμηκες (Rees, 2017; Μιχαήλ, 2020). Συγκριτικά με το συγγενικό τους είδος *T. obscurus* διαφέρουν ως προς τη γυαλάδα, που παρουσιάζουν. Οι προνύμφες έχουν μήκος 25 – 35 mm, βάρος 0,2 gr και καφέ χρωματισμό (Rees, 2017; Μιχαήλ, 2020). Τέλος, τα αβγά είναι κολλώδη, προκειμένου να προσκολλώνται πάνω σε επιφάνειες (Robinson, 2005)

Σε σχέση με τον βιολογικό κύκλο του εντόμου, χωρίζεται σε 4 στάδια, δηλαδή αβγό, προνύμφη, νύμφη και τέλειο έντομο (Hill, 2003). Για την εκκόλαψη απαιτούνται 30 – 35 oC για 6 μέρες κι έπειτα 15oC για 17 μέρες, με σχετική υγρασία 71% (Μιχαήλ, 2020). Μετά την αναπαραγωγή κάθε θηλυκό δύναται να γεννήσει τουλάχιστον 500 αβγά, τα οποία τοποθετούνται ξεχωριστά ή σε μικρές, κυκλικές, κολλώδεις, άσπρες

ομάδες (Ρίζου, 2019). Οι προνύμφες αναπτύσσονται πλήρως σε 1 με 2 χρόνια, μέσω 20 το ανώτερο προνυμφικών σταδίων (Robinson, 2005; Hill, 2003). Για το στάδιο της νύμφης απαιτείται 7 μέρες 25 – 35 οC και εν συνεχεία 48 μέρες 15 οC, κατά την διάρκεια του οποίου, οι προνύμφες μεταμορφώνονται, δηλαδή διακόπτουν την πρόσληψη τροφής, μετατρέπονται σε σχήμα σαν C και αποχωρίζονται τον εξωσκελετό τους (Robinson, 2005; Hill, 2003).

Οι προνύμφες έχουν την ικανότητα, είτε να μετατρέπονται σε νύμφες, είτε να παραμένουν στο στάδιο της προνύμφης, μέχρι να διαχειμάσουν, ενώ διακρίνονται επίσης για την ανθεκτικότητά τους σε ξηρασία και ασιλία μεγάλης διάρκειας (Hill, 2003) Τα νεαρά ώριμα άτομα έχουν μαλακό λευκό εξωσκελετό, ο οποίος βαθμιαία σκληραίνει και αποκτά μαύρο χρωματισμό (Ρίζου, 2019). Τέλος, τα τέλεια άτομα αναπτύσσουν ισχυρές πτέρυγες και ικανότητα φωτοτακτισμού (σ.σ. η κίνηση ενός ατόμου προς ή μακριά από το φως), γίνονται σεξουαλικά ώριμα και μπορούν να ωοτοκίσουν σε 3-4 μέρες, ενώ ζουν για 1-4 μήνες. (Morales-Ramos et al., 2011 ; Ribeiro, 2017 ; Spang, 2013).

1.5.3 ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ *T. MOLITOR*

Το *T. molitor*, ως δευτερεύων εχθρός, δεν διαθέτει τα επαρκή στοματικά μόρια, που θα του επέτρεπαν να διασπά την προστατευτική μεμβράνη σιτηρών. Συνεπώς, η διατροφή του περιλαμβάνει κατεστραμμένους σπόρους και καρπούς, στα οποία το προστατευτικό περίβλημα έχει καταστραφεί ήδη (Hill, 2003; Μιχαήλ, 2020). Επιπλέον, θεωρείται και ως θρηματοφάγο, επειδή τρέφεται με φρούτα και φύλλα σε αποσύνθεση, υπολείμματα φυτικής ύλης, περιττώματα ζώων και λοιπά υπολείμματα ζώων (Robinson, 2005. Μιχαήλ, 2020).

Γενικότερα, ανήκει στα παμφάγα, με το σιτηρέσιό του να περιλαμβάνει κυρίως πίτυρα δημητριακών, που του προσφέρουν το κυριότερο ποσοστό των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών. Ως συμπλήρωμα, πολλοί εκτροφείς ενισχύουν το σιτηρέσιο με πρωτεΐνη, προσθέτοντας σογιάλευρο, μαγιά ζυθοποιίας, αλβουμίνη, καζεΐνη, γάλα σε σκόνη, ή βοδινό κρέας (Μιχαήλ, 2020). Η πρωτεϊνική ενίσχυση του σιτηρεσίου συμβάλλει στην αύξηση του βάρους και την μετατρεψιμότητα της τροφής σε μυϊκή μάζα (Μιχαήλ, 2020).

Σε επίπεδο υγρασίας της τροφής, μπορεί άνετα να αξιοποιεί την υγρασία της τροφής ακόμη και της ξηράς τροφής, και της ατμόσφαιρας. Συνίσταται ωστόσο η επαρκής παροχή νερού, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο ένα ισορροπημένο σιτηρέσιο και κατ' επέκταση αποφυγή κανιβαλισμού και βελτίωση της παραγωγικότητας και της ανάπτυξης. (Hill et al, 2003)

Εξέχουσας σημασίας περιβαλλοντικές παράμετροι για την εκτροφή του εντόμου είναι η φωτοπερίοδος, το οξυγόνο, η σχετική υγρασία και η πυκνότητα του αντίστοιχου πληθυσμού (Ribeiro, 2017; Spang, 2013; Ρίζου, 2019). Αρχικά το *T. molitor*

θεωρείται μη φωτοτροπικό. Πιο συγκεκριμένα, τόσο οι προνύμφες, όσο και τα ενήλικα άτομα, επιλέγουν την επιφάνεια μόνο κατά τη διάρκεια του σκοταδιού, παραμένοντας εσωτερικά του υποστρώματος εκτροφής τους. (Ρίζου, 2019), Επίσης, η χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου λειτουργεί σαν ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξή του, οδηγώντας εντέλει στον θάνατο (Ribeiro, 2017; Spang, 2013). Βέλτιστη ζώνη σχετικής υγρασίας είναι 60 με 75%. Πάνω από το επιθυμητό όριο, το έντομο μπορεί να επιβιώσει και να αναπτυχθεί, όμως παρατηρείται η ανάπτυξη μυκήτων στο υπόστρωμα, που προσβάλλουν έπειτα και το ίδιο το έντομο. Αντίθετα, κάτω από το επιθυμητό όριο και μάλιστα μέχρι 13%, μπορεί να επιβιώσει, παραθέτοντας όμως βραδύτερη αύξηση μυϊκής μάζας, βραδύτερη ανάπτυξη και πιθανό κανιβαλισμό (Ribeiro, 2017; Spang, 2013). Τέλος, εκτρεφόμενος πληθυσμός μεγαλύτερης πυκνότητας οδηγεί σε κανιβαλισμό, γρηγορότερη μετατροπή των προνυμφών σε νύμφες, ώστε να προστατευτούν από τον κανιβαλισμό, και ελάττωση της ωοτοκίας. (Ribeiro, 2017; Spang, 2013).

1.6 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΟΥ TENEBRIO MOLITOR

Όπως σε όλα τα τρόφιμα, έτσι και στο *T. molitor* που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, απαιτείται προσοχή όσον αφορά διάφορους βιολογικούς, χημικούς και φυσικούς κινδύνους (Gonogushko, 2019). Ο βαθμός επικινδυνότητας αυτών των κινδύνων επηρεάζεται αντίστοιχα από το εκτρεφόμενο είδος, το βιολογικό στάδιο, το υπόστρωμα και τις μεθόδους εκτροφής και συλλογής (Imathiu, 2020).

Σχετικά με την μικροχλωρίδα του εξεταζόμενου εντόμου, το ενδιαφέρον κυρίως προσελκύει, τόσο η φυσιολογική μικροχλωρίδα του ίδιου του εντόμου, όσο και η μικροχλωρίδα, που σχετίζεται με την εκτροφή, την συντήρηση και την μεταποίηση (ΕΑΑΤ Επιστημονική Επιτροπή 2015; de Carvalho et al, 2019).

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται μέσω της διεθνούς βιβλιογραφίας στους πιθανούς βιολογικούς κινδύνους, που αποτελεί και το βασικό σκοπό υλοποίησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Αν και οι ερευνητικές προσπάθειες σχετικά με τον προσδιορισμό των μικροβιακών απειλών βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, αποτελεί πόλο έλξης αρκετών ερευνών (Τηλιοπούλου, 2020). Ως βιολογικοί κίνδυνοι ορίζονται οι κίνδυνοι, που προέρχονται από παθογόνους μικροοργανισμούς και τα προϊόντα του μεταβολισμού τους. Δηλαδή πιθανοί βιολογικοί κίνδυνοι θεωρούνται διάφορα είδη βακτηρίων, ιών, παρασίτων και μυκήτων. (Σκανδάμης, 2014; Τσάκνης Ι., 2008).

Ένας υπολογίσιμος αριθμός παθογόνων βακτηρίων μπορούν να μολύνουν τα βρώσιμα έντομα, συνεπώς και το *T. molitor*, κατ' επέκταση και τον άνθρωπο, προκαλώντας αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών. Οι πιο συνήθεις απειλές αφορούν βακτήρια των γενών *Salmonella*, *Clostridium*, *Staphylococcus*,

Bacillus, *Micrococcus* και *Shigella* (Klunder et al., 2012; Shackleton et al., 2004, Klunder et al., 2012; Grau et al., 2017).

Άλλος ένας πιθανός βιολογικός κίνδυνος των εδώδιμων εντόμων, που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, αφορά διάφορα είδη παρασίτων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα *D. dendriticum*, *E. histolytica*, *G. lamblia* και *Toxoplasma gondi*. (Imathiu, 2020; Belluco et al., 2015).

Επίσης, οι μύκητες *Fusarium*, *Aspergillus* και *Penicillium* αποτελούν βιολογικό κίνδυνο για το έντομο (Τηλιοπούλου, 2020). Οι παραπάνω μύκητες θεωρούνται υπεύθυνοι για την παραγωγή επικίνδυνων χημικών ουσιών, τις μυκοτοξίνες. Η παρουσία του εντοπίζεται συνήθως στο υπόστρωμα των εκτρεφόμενων εντόμων και οδηγούν σε αρνητικές επιπτώσεις, τόσο στα ίδια τα έντομα, όσο και μετέπειτα στους καταναλωτές, πλήττοντας με αυτόν τον τρόπο την ασφάλειά τους ως τρόφιμο (Imathiu, 2020)

Στην κατηγορία των βιολογικών κινδύνων ανήκουν και οι ιοί. Οι αρβοιοί, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για ασθένειες, όπως ο δάγγλιος πυρετός, ο αιμορραγικός πυρετός και η νόσος του Δ. Νείλου, αποδείχθηκε, ότι μπορούν να μεταδοθούν δια μέσω των αρθροπόδων και των εντόμων ξενιστών τους. Το γεγονός αυτό όμως δεν συνιστά αξιοσημείωτη απειλή για τα έντομα, που προορίζονται ως τρόφιμο ή ζωοτροφή. Παρ' όλα αυτά, συντρέχει κίνδυνος εμφάνισης ροταϊών, νοροϊών, και του ιού της ηπατίτιδας Α και της Ε (Τηλιοπούλου, 2020).

Η εμφάνιση βιολογικών κινδύνων στα έντομα θεωρείται αρκετά πιθανή, διότι τα έντομα αποτελούν ένα πολύ καλό υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, λόγω της περιεκτικότητάς τους σε υγρασία και θρεπτικά συστατικά (Τηλιοπούλου, 2020). Την επικινδυνότητά τους ως προς την παρουσία βιολογικών κινδύνων μπορεί να ενισχύσει και το γεγονός ότι συχνά μαζί με τον πεπτικό τους σωλήνα και κατά συνέπεια όλους τους μικροοργανισμούς του (Belluco et al., 2015; Klunder et al., 2012). Συνεπώς, επιβάλλεται να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη και να τηρούνται επακριβώς όλες οι οδηγίες, τα πρωτόκολλα, οι ορθές πρακτικές, τα μέτρα υγιεινής και οι κανονισμοί, που αφορούν την εκτροφή, την μεταποίηση, την θερμική και πάσης φύσεως επεξεργασία και τη συντήρηση των εδώδιμων εντόμων, όπως επίσης ουσιαστικές τεχνικές ορθής πρακτικής. (Miśniakiewicz & Popek, 2014)

1.7 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με βάση το αυξανόμενο ενδιαφέρον της ακαδημαϊκής κοινότητας, αλλά και των καταναλωτών και του παραγωγικού ιστού για την εκτροφή, μεταποίηση και κατανάλωση εντόμων, σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η ανάδειξη της σημασίας των βιολογικών κινδύνων για την ασφάλεια τους. Στο πλαίσιο αυτό, επιμέρους στόχοι της παρούσας διατριβής ήταν η συστηματική ανασκόπηση και η ποιοτική μετα-ανάλυση όλων των πιθανών βιολογικών κινδύνων, σχετικά με το

εδώδιμο έντομο *T. molitor* και η αποτύπωση τάσεων και προοπτικών στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής μελετήθηκαν και ακολουθήθηκαν πιστά όλες οι οδηγίες, όπως ορίζονται στα πρωτόκολλα της συστηματικής ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης. Εν συνεχεία, οι στόχοι, τα αποτελέσματα και τα κριτήρια, με τα οποία έγινε η τελική επιλογή των κειμένων, παρουσιάζονται εκτεταμένα, τηρώντας όλες τις εγκεκριμένες οδηγίες.

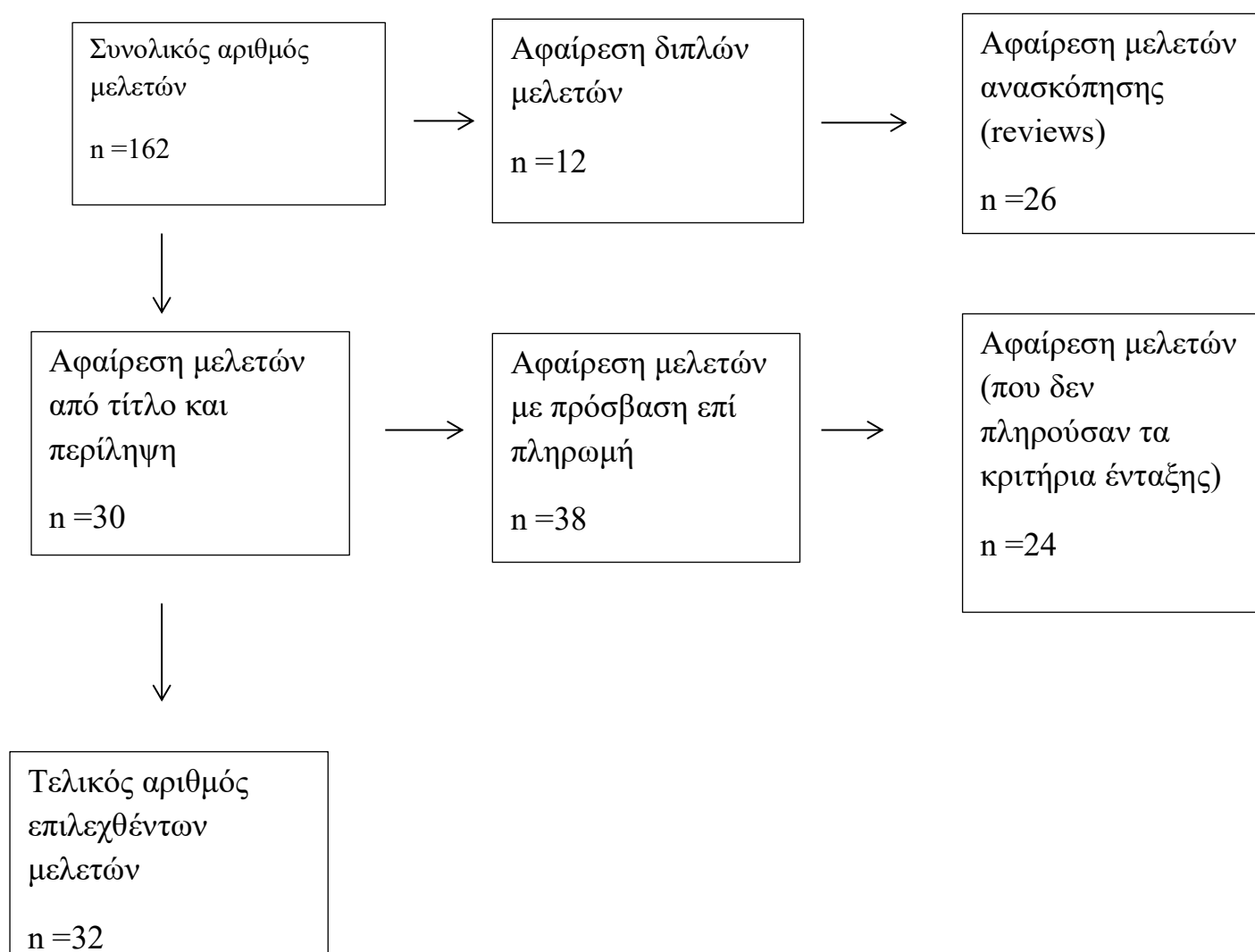
Ως συστηματική ανασκόπηση ορίζεται η συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας, κατά τη διάρκεια της οποίας εφαρμόστηκαν σαφείς, αναπαραγωγικές μέθοδοι σχετικά με τη σύνθεση, τη συστηματική αναζήτηση και την κριτική αξιολόγηση ενός συγκεκριμένου θέματος. Στα όρια αυτής συγκεντρώθηκαν τα αποτελέσματα από πολλαπλές πρωτογενείς μελέτες, σχετιζόμενες μεταξύ τους, χρησιμοποιώντας στρατηγικές, που μειώνουν τις προκαταλήψεις και τα λάθη. Ως μετα-ανάλυση ορίζεται η μέθοδος σύνθεσης ποιοτικών ή και ποσοτικών δεδομένων από πολλαπλές ανεξάρτητες μελέτες, που αντιμετωπίζουν ένα κοινό ερευνητικό ερώτημα. Κάθε μετα-ανάλυση ξεκινά με μια συστηματική ανασκόπηση και ολοκληρώνεται με στατιστική επεξεργασία ποσοτικών δεδομένων ή συγκέντρωση και αξιολόγηση ποιοτικών δεδομένων. Η ποιοτική μετα-ανάλυση είναι μια προσπάθεια διεξαγωγής μιας αυστηρής δευτερογενούς ποιοτικής ανάλυσης πρωτογενών ποιοτικών ευρημάτων, ενώ η ποσοτική μετά-ανάλυση αφορά στατιστικές τεχνικές, που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση των αποτελεσμάτων από πρωτογενείς μελέτες, που διερευνούν τις σχέσεις μεταξύ κοινών μεταβλητών. Η διαδικασία συνεπάγεται πρώτα την καταγραφή μεγεθών, που περιγράφουν αριθμητικά τη σχέση μεταξύ των σχετικών μεταβλητών σε κάθε πρωτογενή μελέτη. Τα κύρια χαρακτηριστικά της μελέτης μπορούν στη συνέχεια να διερευνηθούν ως πηγές μεταβλητότητας στις εκτιμήσεις του μεγέθους των επιπτώσεων μέσω της χρήσης μετα-αναλυτικών στατιστικών πρωτοκόλλων (Mittal et al, 2010; Urquhart C. 2010).

2.1 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΛΕΤΩΝ

Η άντληση των δεδομένων, σχετικά με τους βιολογικούς κινδύνους στο εδώδιμο έντομο *T. molitor*, έλαβε χώρα μέσω αναζήτησης σε εξειδικευμένες βάσεις δεδομένων. Από τις υπάρχουσες διαθέσιμες βάσεις δεδομένων, όπως τα: ScienceDirect, Web of Science και Scopus, χρησιμοποιήθηκαν τα: PUBMED και Google Scholar. Για πιο στοχευμένη και εξατομικευμένη αναζήτηση χρησιμοποιήθηκαν ως λέξεις κλειδιά τα: *Tenebrio molitor*, edible insects, biological hazards, biological risks. Το χρονικό εύρος των μελετών που αναζητήθηκαν, αφορά τις τελευταίες δύο δεκαετίες και ειδικότερα εκτείνεται κυρίως όμως από το 2014 έως και το 2024.

Κατά τη διαδικασία ανάκτησης των άρθρων εντοπίστηκαν συνολικά 162 μελέτες. Πιο συγκεκριμένα, στο PUBMED ανακτήθηκαν 54 αποτελέσματα και στο Google Scholar 108 αντίστοιχα. Σε δεύτερο στάδιο απορρίφθηκαν όλες οι κοινές μελέτες, 12 σε αριθμό, για να μην υπάρχουν διπλοεγγραφές. Στη συνέχεια, διαχωρίστηκαν όσα κείμενα ήταν άρθρα ανασκόπησης, συνολικά 26. Έπειτα, απορρίφθηκαν όσες μελέτες απαιτούσαν την καταβολή πληρωμής ή ειδικής συνδρομής – πρόσβασης μέσω τρίτων φορέων, συνολικά 38 σε αριθμό. Σε επόμενη φάση, οι μελέτες εξετάστηκαν σε επίπεδο τίτλου και περίληψης ως προς το βαθμό συσχέτισής τους με το ζητούμενο της παρούσας διατριβής, οδηγώντας στην απόρριψη ακόμη 30 αναφορών. Τέλος, τα υπόλοιπα άρθρα εξετάστηκαν λεπτομερώς, στο πλήρες κείμενο τους, και απορρίφθηκαν 24, που δεν πληρούσαν τα προκαθορισμένα κριτήρια ένταξης και απόρριψης. Τελικά, η μελέτη κατέληξε σε 32 άρθρα για περαιτέρω ανάλυση και αξιολόγηση.

Στην Εικόνα 1, παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των σταδίων επιλογής των άρθρων:



Εικόνα 1: Διάγραμμα ροής επιλογής βιβλιογραφίας

2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Οι βιβλιογραφικές πηγές, που αποτελούν τη βάση για την ποιοτική μετα-ανάλυση, επιλέχθηκαν με βάση, ώστε να συμφωνούν με συγκεκριμένα κριτήρια ένταξης και απόρριψης

Κριτήρια Ένταξης:

- εργασίες μετα-ανάλυσης ή πειραματικές εργασίες, που καταδεικνύουν ή επιβεβαιώνουν εξειδικευμένα διάφορους βιολογικούς κινδύνους στο ζητούμενο έντομο, καθώς και ποιοτικές μελέτες, που καλύπτουν επαρκώς τον κύριο άξονα της εργασίας.
- άρθρα στην αγγλική γλώσσα, σε μια παγκόσμια δηλαδή διαδεδομένη και αποδεκτή γλώσσα, ώστε να αποφευχθούν προβλήματα κατανόησης, παρερμηνειών ή λανθασμένων συμπερασμάτων
- άρθρα πρόσφατης συγγραφής, όπου τα βρώσιμα έντομα συγκεντρώνουν σταδιακά περισσότερο ενδιαφέρον από την επιστημονική κοινότητα

Κριτήρια Απόρριψης:

- κείμενα ανασκόπησης της υπάρχουσας βιβλιογραφίας,
- κείμενα δίχως πρωτογενή προσφορά στοιχείων
- κείμενα μη εξειδικευμένων φορέων
- κείμενα που δεν σχετίζονται με τη ζητούμενη θεματολογία ή που αναλώνονται στη γενική παρουσίαση των βιολογικών κινδύνων στο σύνολο των βρώσιμων εντόμων
- κείμενα χωρίς ελεύθερη πρόσβαση.

2.3 ΣΤΑΔΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για να πραγματοποιηθεί η ποιοτική μετα-ανάλυση με βάση τον ορισμό της, ήταν :

- Ομαδοποίηση και ποσοτικοποίηση άρθρων με βάση το έτος δημοσίευσης, ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχει αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον
- Ομαδοποίηση και ποσοτικοποίηση άρθρων με βάση τις χώρες που εκδόθηκαν μελέτες με βρώσιμα έντομα, ώστε να αποτυπωθεί σε ποιες χώρες υπάρχει ενδιαφέρον για τον συγκεκριμένο τομέα
- Ομαδοποίηση και ποσοτικοποίηση άρθρων ανάλογα με το είδος βιολογικού κινδύνου που εξετάζουν, ώστε να εντοπιστούν ιεραρχικά τα είδη κινδύνων

που απασχολούν την επιστημονική κοινότητα και που υπάρχει η ανάγκη περαιτέρω και σε βάθος διερεύνησης

- Ομαδοποίηση κινδύνων σε βακτήρια, ιούς, μύκητες και ποσοτικοποίηση των ευρημάτων, ώστε να αποτυπωθεί η ένταση του προβλήματος ανά είδος κινδύνου
- Εξαγωγή συμπερασμάτων και αποτύπωση πιθανών αδύναμων σημείων
- Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

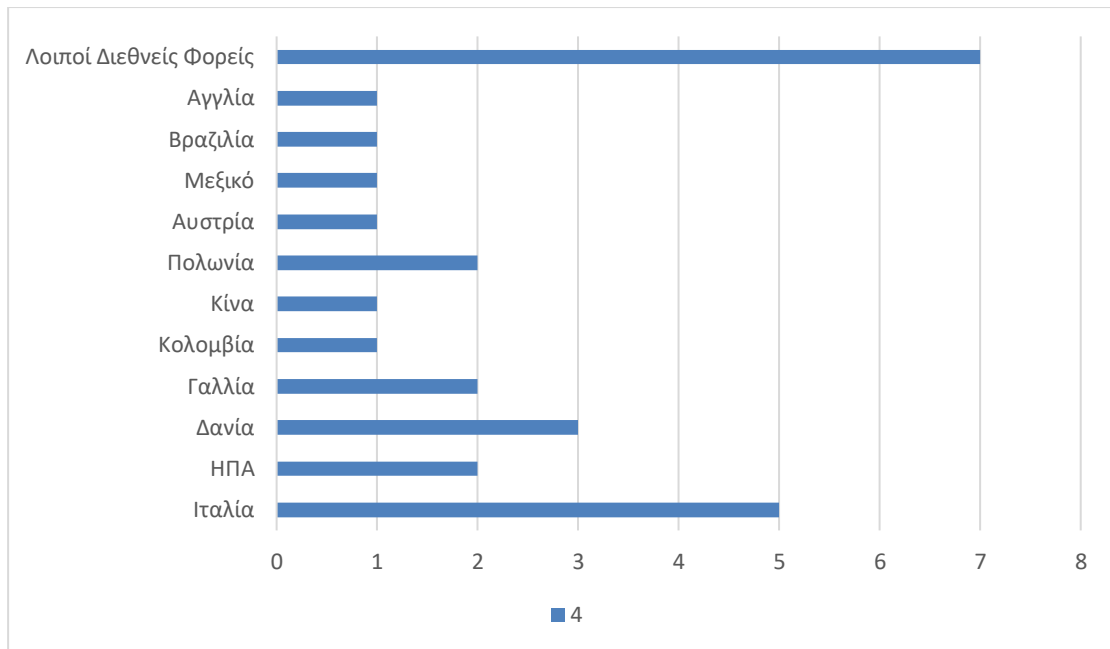
Συνολικά, οι συγκεντρωθείσες μελέτες επιλέχθηκαν υπό το πρίσμα ποιοτικής ανασκόπησης και μελέτης. Το πρόσφατο ενδιαφέρον για την ένταξη, τόσο του *T.molitor* ειδικότερα, όσο και λοιπών βρώσιμων εντόμων γενικότερα, στη διατροφή του ανθρώπου και των εκτρεφόμενων ζώων, και την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων τους, σε συνδυασμό με τον περιορισμένο αριθμό ερευνών μέχρι στιγμής, όπου συντάσσεται η διατριβή, δεν επιτρέπει την λήψη ποσοτικών δεδομένων σε επαρκή βαθμό. Παρ' όλα αυτά, τα κείμενα, που εντέλει συγκεντρώθηκαν μέσω της ποιοτικής αξιολογής, φροντίστηκε να εξασφαλίζουν διαφάνεια και ακεραιότητα στοιχείων, αμερόληπτη και ακριβή μεθοδολογία, όπως επίσης επιστημονική ορθότητα και συνοχή μεταξύ των διαδικασιών οριοθέτησης στόχων, λήψης δεδομένων, διεκπεραίωσης της ανάλυσης και εξαγωγής συμπερασμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη σαφώς, ότι καλύπτονται σε μέγιστο βαθμό τα κριτήρια, που ήδη έχουν τεθεί και αναφερθεί προηγουμένως, πετυχαίνοντας με αυτόν τον τρόπο τα μέγιστα ποσοστά βαθμολογίας και αποδοχής κατά περίπτωση.

Στο Παράρτημα I παρατίθενται αναλυτικά οι 32 μελέτες που συμπεριελήφθησαν στη παρούσα μελέτη, με εκτενή αναφορά σε τίτλους κειμένων, συγγραφείς και έτος έκδοσης, συνοδευτικά με μια συνοπτική αποτύπωση των βιολογικών κινδύνων που εξετάζουν και μια περιληπτική περιγραφή του άρθρου.

3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΛΕΤΩΝ

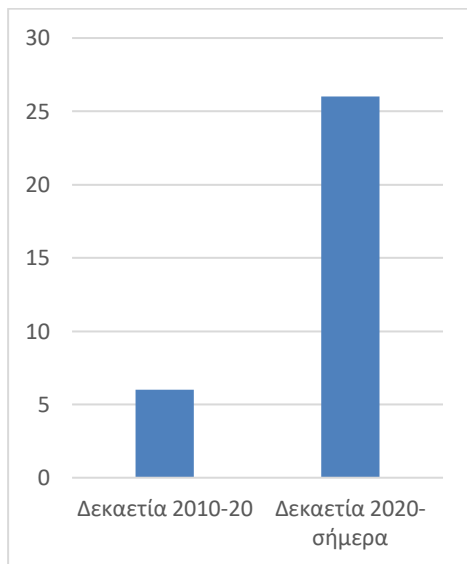
Κατά τη διάρκεια της αναζήτησης στις εξειδικευμένες πλατφόρμες δεδομένων, ξεχώρισαν 32 μελέτες, από σύνολο 162 συγγραφικών έργων. Από τον αρχικό αριθμό των μελετών, η τελική επιλογή των 32 άρθρων έγινε με βάση τα κριτήρια επιλογής, όπως έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι μελέτες αυτές αποτελούν τον κύριο κορμό της ποιοτικής μετα-ανάλυσης, όπως θα παρουσιαστεί στις υπόλοιπες υποενότητες.

Συγκεντρωτικά, οι 32 επιλεγμένες διατριβές θα μπορούσαν να διαχωρισθούν, με βάση τα κράτη προέλευσης, ως εξής:



Γράφημα 1: Χωροταξικός διαχωρισμός μελετών

Χρονικά, αν και η πλειοψηφία του ερευνητικού έργου σχετικά με την κατανάλωση του *T.molitor* εντάθηκε τις τελευταίες δεκαετίες, τα 32 επιστημονικά έργα θα μπορούσαν να χωριστούν χρονικά σε:

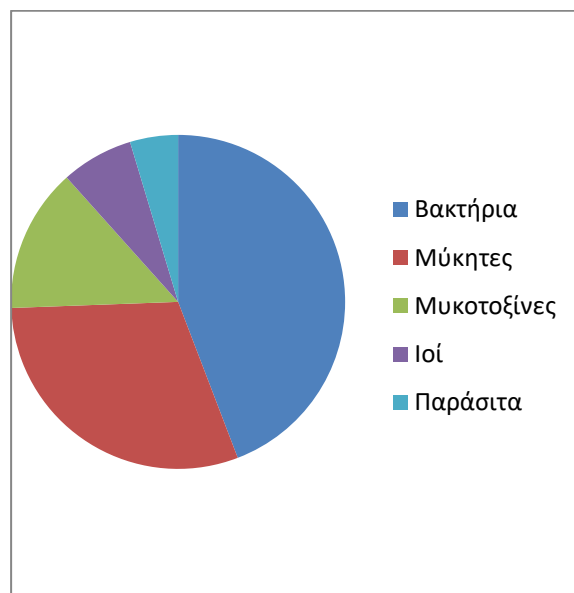


Γράφημα 2: Χρονικός διαχωρισμός μελετών

3.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΟ *T. MOLITOR*

Ως κύριο ερευνητικό ερώτημα, που αποτέλεσε το σκοπό της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, ορίστηκε η αναζήτηση των βιολογικών κινδύνων, που

σχετίζονται με το εδώδιμο έντομο *T.molitor*. Στο Γράφημα 3, παρουσιάζεται η κατανομή μελετών σε διάφορους τύπους βιολογικών κινδύνων (βακτήρια, ιοί μύκητες και παράσιτα).



Γράφημα 3: Βιολογικοί κίνδυνοι στο *T. molitor*

Η πλειοψηφία των ευρημάτων, δηλαδή τα 19 από τα 32 άρθρα, αφορά διάφορα είδη βακτηρίων, που εντοπίζονται στις προνύμφες, στα ενήλικα άτομα, στο εντομάλευρο ή σε οποιαδήποτε άλλη διαθέσιμη μορφή του εντόμου.

Οι 13 από τις 32 μελέτες αφορούν τους μύκητες, τις ζύμες και τους ζυμομύκητες,

Αν και οι μυκοτοξίνες πολλές φορές συμπεριλαμβάνονται στους χημικούς κινδύνους, στην παρούσα μελέτη για την καλύτερη προσέγγιση του θέματος όμως κρίθηκε προτιμότερο να ενταχθούν στους βιολογικούς κινδύνους. Στην συγκεκριμένη περίπτωση 6 από τις 32 μελέτες σχετίζονται με μυκοτοξίνες.

Τέλος, 3 άρθρα ασχολούνται ερευνητικά με τους ιούς, ενώ 2 άρθρα παραθέτουν στοιχεία αναφορικά με την παρουσία και την επίδραση παρασίτων στο *T.molitor*.

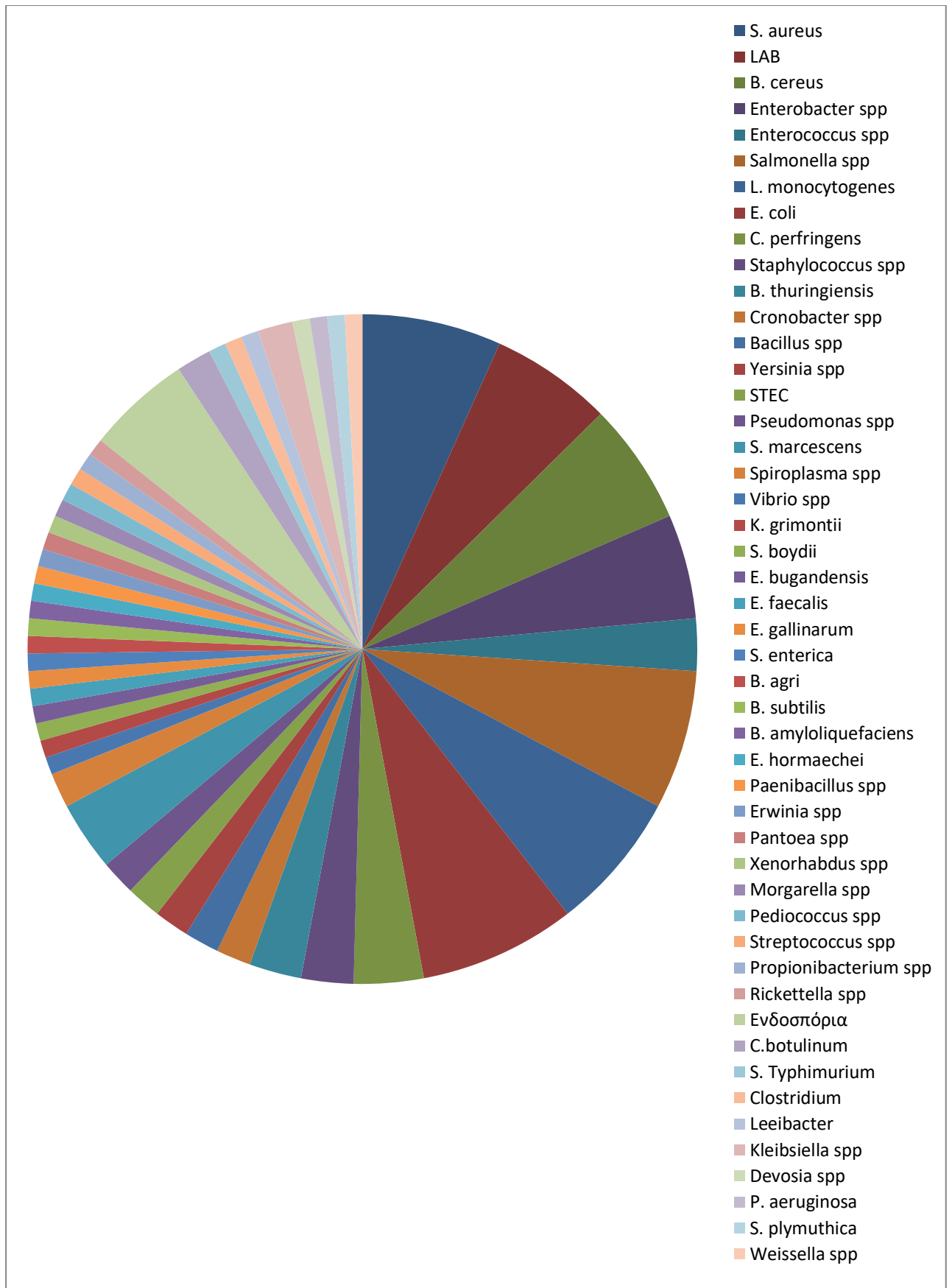
Επισημαίνεται, ότι αρκετές πηγές της βιβλιογραφίας, περιέχουν συνδυασμό αναφορών σε περισσότερους του ενός από τους εξεταζόμενους βιολογικούς κινδύνους.

Συνεπώς, από το σύνολο των μελετών, το 44% αναφέρεται σε βακτήρια, το 30% σε μύκητες, το 14% σε μυκοτοξίνες, το 7% σε ιούς και το 5% σε παράσιτα.

Στη συνέχεια, γίνεται προσπάθεια για πιο εξειδικευμένη στατιστική προσέγγιση για κάθε βιολογικό κίνδυνο ξεχωριστά.

3.2.1 Βακτήρια στο *T. molitor*

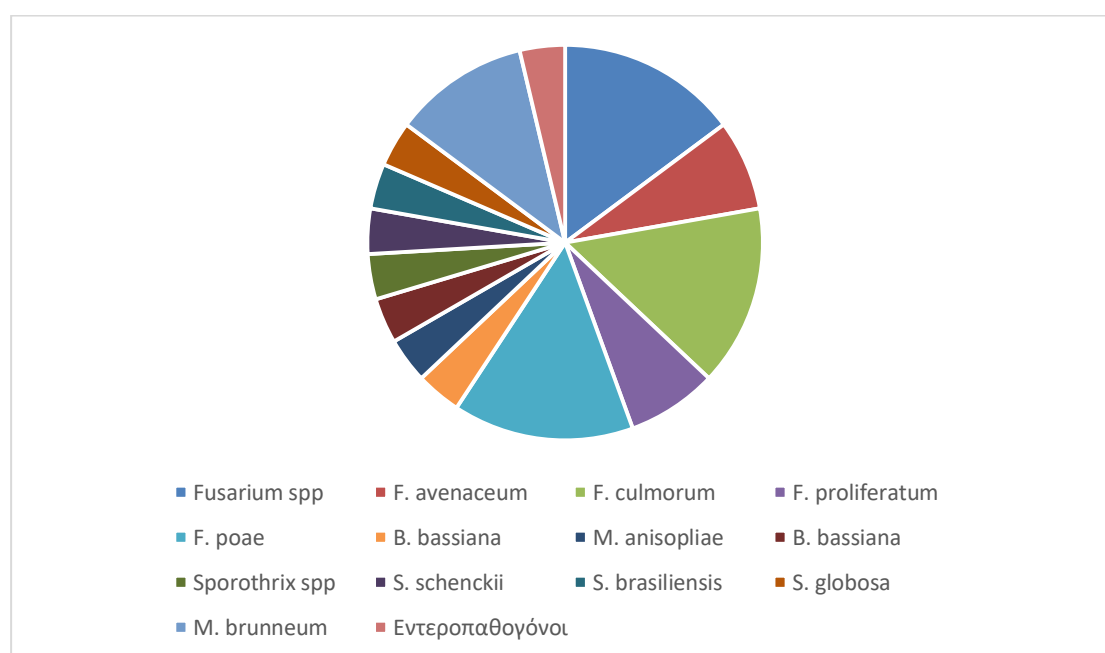
Στο Γράφημα 4, αποτυπώνεται η συχνότητα εμφάνισης βακτηρίων στο βρώσιμο έντομο *T. molitor*. Πιο συγκεκριμένα, μεγαλύτερη συχνότητα στα 19 άρθρα, που συμπεριελήφθησαν, παρουσιάζουν τα είδη *S. aureus*, *L. monocytogenes* και το γένος *Salmonella spp* με 21% (7% το καθένα). Ακολουθούν τα *LAB*, *E. coli* και *B. cereus* με 18% (6% το καθένα), ενώ το γένος *Enterobacter spp* και διάφορα ενδοσπόρια βακτηρίων με 10% (5% το καθένα). Έπειτα, παρατίθενται τα γένη *Enterococcus spp* και τα είδη *C. perfringens*, *Staphylococcus spp*, *B. thuringiensis*, *S. marcescens* σε συνολική συχνότητα εμφάνισης 15% (3% το καθένα). Επιπρόσθετα, τα γένη *STEC*, *Cronobacter spp*, *Spiroplasma spp*, *Yersinia spp*, *Klebsiella spp*, *Bacillus sp* και το είδος *C. botulinum* εμφανίζονται με συχνότητα 14% (2% έκαστος). Τέλος, 22% μοιράζονται συνολικά τα βακτηριακά είδη *P. aeruginosa*, *S. plymuthica*, *K. grimontii*, *S. boydii*, *E. bugandensis*, *E. faecalis*, *E. gallinarum*, *S. enterica*, *B. agri*, *B. subtilis*, *B. Amyloliquefaciens*, *E. hormaechei*, παράλληλα με τα βακτηριακά γένη *Paenibacillus spp*, *Erwinia spp*, *Pantoea spp*, *Xenorhabdus spp*, *Listeria spp*, *Pseudomonas spp*, *Weissella spp*, *Vibrio spp*, *Morgarella spp*, *Rickettella spp*, *Propionibacterium spp*, *Streptococcus spp* και *Pediococcus spp* και *Clostridium spp* (1% κάθε είδος).



Γράφημα 4: Συχνότητα εμφάνισης βακτηρίων στο *T. molitor*

3.2.2. Ζύμες - Μύκητες στο *T. molitor*

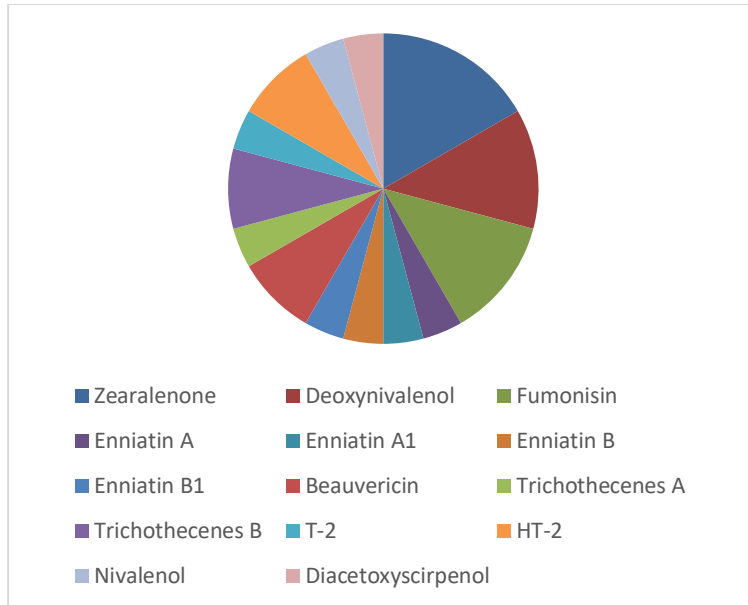
Οι ζύμες και οι μύκητες αφορούν ακόμη έναν αξιόλογο βιολογικό κίνδυνο για το εξεταζόμενο εδώδιμο έντομο. Από τις 13 επιλεγθείσες μελέτες, ξεχωρίζουν οι μύκητες του γένους *Fusarium spp* και τα είδη *F. Avenacem*, *F. Poae*, *F. Culmorum* με συχνότητα εμφάνισης 60% συνολικά (15% το καθένα ξεχωριστά). Επίσης, καταγράφονται με συχνότητα 10% το είδος *M. Brunneum*, ενώ το *F. Proliferatum* με μόλις 6%. Τέλος, τα είδη *F. bassiana* και *F. Sporotrichioides*, *M. anisopliae*, *S. Schenckii*, *S. globosa*, *S. Brasiliensis*, το γένος *Sporothrix spp* και διάφοροι εντομοπαθογόνοι μύκητες συγκεντρώνουν συνολική συχνότητα 24% (3% το καθένα).



Γράφημα 5: Συχνότητα εμφάνισης ζυμών και μυκήτων στο *T. molitor*

3.2.3. Μυκοτοξίνες στο *T. molitor*

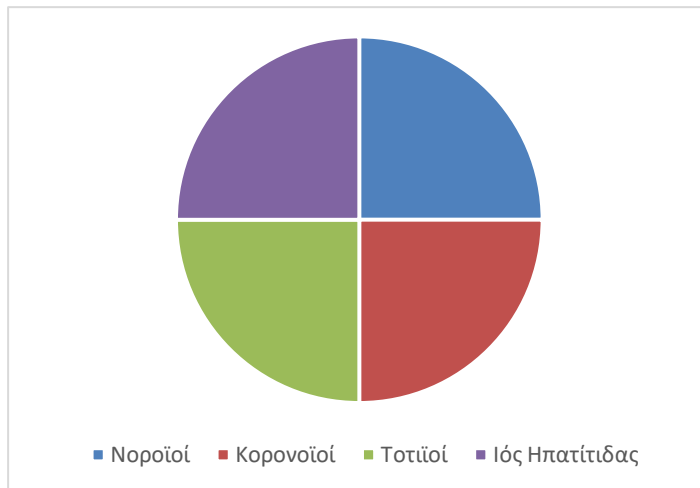
Στο Γράφημα 6 παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης μυκοτοξινών με βάση τη βιβλιογραφία, που μελετήθηκε. Ειδικότερα, στις 6 μελέτες που ασχολούνται εκτενέστερα με το θέμα, παρουσιάζονται κυρίως η *Ζεαραλενόνη (ZEN)* με συχνότητα εμφάνισης 18%, ενώ η *Δεσοξυνιβαλενόλη (DON)* και η *Φουμονισίνη B1* με 26% (από 13%). Επίσης, η τοξίνη *HT-2*, η *Μποβερισίνη* και τα *Τριχοθηκένια B* καταγράφονται συνολικά με συχνότητα 24% (8% κάθε μια), ενώ τα *Τριχοθηκένια A*, η τοξίνη *T-2*, οι *Εννιατίνες A, A1, B, B1*, η *Διακετοξυσκιρπενόλη* και η *Νεοσολανιόνη* συνολικά με συχνότητα 32% (4% έκαστος).



Γράφημα 6: Συχνότητα εμφάνισης μυκοτοξινών του *T. molitor*

3.2.4. Ιοί στο *T. molitor*

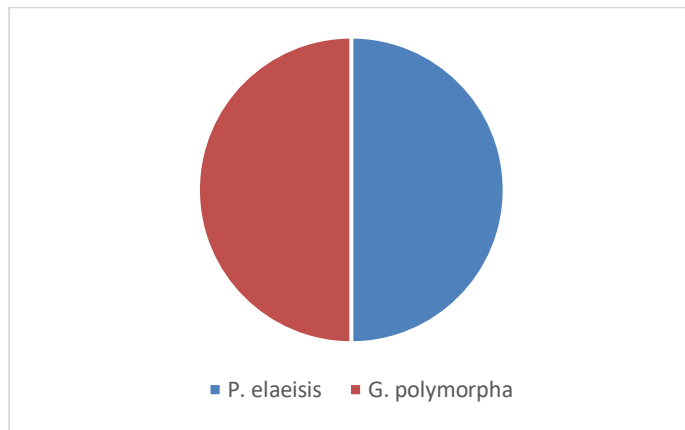
Στο Γράφημα 7, παρουσιάζεται το πλήθος μελετών που ασχολούνται με την παρουσία ιών στο *T. molitor*. Πιο συγκεκριμένα, από 1 φορά στα άρθρα καταγράφονται οι νοροϊοί, οι κορονοϊοί, οι τοτιϊοί και ο ιός ηπατίτιδας, με ποσοστό 25% κάθε ένα.



Γράφημα 7: Συχνότητα εμφάνισης ιών στο *T. molitor*

3.2.5. Παράσιτα στο *T. molitor*

Στο Γράφημα 8, παρουσιάζονται τα παράσιτα στο *T. molitor*, όπως προκύπτουν από μία μόλις αναφορά. Πιο συγκεκριμένα, έχουν απομονωθεί και αναφέρονται στη βιβλιογραφία τα παράσιτα *P. elaeisis* και *G. Polymorpha*, με μόλις 1 αναφορά, συνεπώς από 50% συχνότητα το καθένα.



Γράφημα 8: Συχνότητα εμφάνισης των παρασίτων στο *T.molitor*

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για την μετα-ανάλυση, που πραγματοποιήθηκε με θέμα τους βιολογικούς κινδύνους, σχετικά με το εδώδιμο έντομο *T.molitor* , ένα από τα πλέον δημοφιλή έντομα, τόσο για ζωοτροφές, όσο και για ανθρώπινη κατανάλωση, με βάση τα κριτήρια, που τέθηκαν, επιλέχθηκαν συστηματικά 32 μελέτες.

Ως ένας νέος κλάδος, ο αριθμός των βιβλιογραφικών, ερευνητικών και πειραματικών δεδομένων κρίνεται προς το παρόν περιορισμένος, με την παρούσα δεκαετία να χαρακτηρίζεται ως η αφετηρία για πιο εντατική έρευνα θέματος στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Το γεγονός αυτό όμως δεν στάθηκε εμπόδιο, ώστε να αντληθούν χρήσιμες πληροφορίες γύρω από τον επιθυμητό κεντρικό άξονα της διατριβής. Παρόλο το σχετικά περιορισμένο αριθμό μελετών, η παρούσα μελέτη, εντόπισε και ανέλυσε τα υπάρχοντα δεδομένα σχετικά με τους πιθανούς βιολογικούς κινδύνους στο βρώσιμο έντομο *T. molitor*.

Τα επιλεγθέντα άρθρα χρονικά ταξινομούνται στις δεκαετίες του 2010 και κυρίως του 2020, με αρκετές από αυτές να αποτελούν έργα των τελευταίων πέντε ετών, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στη συνεχή αύξηση του ενδιαφέροντος για την αξιοποίηση του *T.molitor* στη διατροφή. Επιπρόσθετα, προσεγγίζοντας τα σχετιζόμενα κείμενα από γεωγραφική σκοπιά, μπορεί να αποδοθούν ως κέντρα επιστημονικού ενδιαφέροντος η κεντρική και βόρεια Ευρώπη, μεσογειακές ευρωπαϊκές χώρες, η Κίνα και η Κορέα από πλευράς Ασίας, οι ΗΠΑ και κάποια κράτη της Λατινικής Αμερικής, όπου η βρώση εντόμων κρίνεται αναπόσπαστο κομμάτι της κουλτούρας των τοπικών πληθυσμών, σε συνδυασμό πάντα με έγκριτους επιστημονικούς φορείς, που δραστηριοποιούνται εκτενώς στον τομέα.

Οι αντίστοιχες μελέτες, που τελικά επιλέχθηκαν να συμπεριληφθούν στη διαδικασία μετα-ανάλυσης, αποτελούν κατά κύριο λόγο παρουσιάσεις πειραμάτων, εργασίες μετα-ανάλυσης και πηγές άντλησης πρωτογενών στοιχείων. Οι περισσότερες αποσκοπούσαν στην αναζήτηση αποδείξεων για τον συσχετισμό μεταξύ του βρώσιμου εντόμου *T. molitor* και διάφορων βιολογικών κινδύνων. Προσπάθησαν δηλαδή να αποδείξουν, πώς οι προσδιοριζόμενοι βιολογικοί κίνδυνοι επηρεάζουν σε συγκεκριμένα στάδια του βιολογικού κύκλου του εντόμου, διάφορες σημαντικές ιδιότητες, όπως την θνησιμότητα ή την ανθεκτικότητα, την ανάπτυξη, την θρεπτική αξία, την απώλεια ή την αύξηση του σωματικού βάρους των εκτρεφόμενων προνυμφών ή σε οποιαδήποτε άλλη φάση της ζωής του εντόμου. Επίσης, ένα μέρος των μελετών ασχολήθηκαν σε πειραματικό πλαίσιο με την επίδραση συγκεκριμένων βιολογικών κινδύνων στο εντομάλευρο ή σε άλλα υποπροϊόντα του εντόμου, ενώ μερικές από αυτές ασχολήθηκαν με τον πειραματικό προσδιορισμό των επιπτώσεων των βιολογικών κινδύνων κατά τη διάρκεια διάφορων διαδικασιών εκτροφής, επεξεργασίας, ή συντήρησης των εντόμων, όπως η ξήρανση και κάποιες παραλλαγές αυτής. Με τελικό στόχο την εξακρίβωση των πιθανών προβλημάτων, που μπορεί να προκαλέσουν οι ελεγχόμενοι ανά περίπτωση βιολογικοί κίνδυνοι στο *T. molitor*,

ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο τα μέτρα γύρω από την ασφαλή παραγωγή, επεξεργασία και κατανάλωση του.

Γενικότερα, ως κίνδυνοι στα τρόφιμα ορίζονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες, οι οποίοι τα καθιστούν ως επικίνδυνα, μη ασφαλή ή ακατάλληλα για κατανάλωση. Διακρίνονται σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς (Τσάκνης Ι., 2008). Όπως έχει αναλυθεί στο παρόν έργο, κύριο ζητούμενο στην περίπτωση αυτή είναι οι βιολογικοί κίνδυνοι, που προσβάλλουν το *T. molitor* και πλήττουν την καταλληλότητα και την ασφάλειά του για κατανάλωση.

Οι βιολογικοί κίνδυνοι που εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα είναι τα βακτήρια και κατά φθίνουσα σειρά ακολουθούν οι μύκητες, τα παράσιτα και ιοί (Γράφημα 2). Κάτι τέτοιο ισχύει στα περισσότερα ζωικά τρόφιμα και εκτιμάται ως αναμενόμενο (Μανιάκη, 2018)

Τα αποτελέσματα της παρούσας μετα-ανάλυσης καταδεικνύουν τους κυριαρχούν βιολογικούς κινδύνους, που σχετίζονται με το *T. molitor*, επισημαίνοντας την κυριαρχία των βακτηρίων ως τη σημαντικότερη κατηγορία βιολογικών κινδύνων.

Αναφορικά με τα είδη βακτηρίων, που αποτυπώνονται στη βιβλιογραφία, που μελετήθηκε, παρατηρήθηκε η αναφορά κλασικών παθογόνων, που απαντώνται στα περισσότερα ζωικά τρόφιμα, αλλοιογόνων μικροοργανισμών, αλλά και κάποιων ωφέλιμων μικροοργανισμών (Γράφημα 4). Από όλους τους μικροοργανισμούς που ερευνήθηκαν και καταγράφηκαν, αυτοί που πραγματικά αποτελούν βιολογικό κίνδυνο, που μπορούν δηλαδή να προκαλέσουν βλάβη στην υγεία των καταναλωτών είναι οι παθογόνοι.

Τα βακτήρια είναι η πιο πολυπληθής κατηγορία κινδύνων, λόγω των συνθηκών εκτροφής, που μπορούν να διευκολύνουν την ανάπτυξή τους. Η παρουσία παθογόνων όπως το *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella spp*, και *E. coli* συνάδουν με παρόμοιες μελέτες, που έχουν εστιάσει στη μικροβιολογική ασφάλεια εδώδιμων εντόμων (Van Huis et al., 2013; Rumpold & Schlüter, 2013). Τα *Clostridium spp*, *Bacillus spp*, και *Enterobacter spp* εντοπίζονται συχνά, υποδεικνύοντας την ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση κατά την εκτροφή και μεταποίηση. Επίσης, τα *Pseudomonas spp*, *Listeria spp*, *Vibrio spp*, *Streptococcus spp*, *Staphylococcus spp*, *Shigella spp* και *Klebsiella spp* αποτελούν μερικά ακόμη γένη βακτηρίων, τα οποία, αν και παρουσιάζονται με μικρότερη συχνότητα στη βιβλιογραφία, χαρακτηρίζονται για την παθογόνα δράση τους. Τέλος, βιβλιογραφικές αναφορές απαριθμούν διάφορα ωφέλιμα βακτήρια, όπως *LAB*, *Pantoea spp*, *Weissella spp*, *Propionibacterium spp*, *Pediococcus spp* και βακτήρια, που υπάγονται στην φυσιολογική μικροχλωρίδα του εντόμου, όπως τα *Morgarella spp* και *Enterococcus spp*.

Τα βακτήρια, που αποτελούν βιολογικό κίνδυνο, σχετίζονται με την μικροχλωρίδα του εντόμου, συνδιαστικά με τις συνθήκες εκτροφής, όπως το σιτηρέσιο, η επεξεργασία και η συντήρηση (ΕΑΑΤ Επιστημονική Επιτροπή 2015; de Carvalho et

al., 2019), ενώ το παραγώμενο εντομάλευρο είναι ευάλωτο σε μικροβιακά στελέχη (Turck et al., 2021).

Στο πλαίσιο της μετα-ανάλυσης, η βιβλιογραφία, που μελετήθηκε και αξιοποιήθηκε, έδωσε αξιόλογες πληροφορίες σχετικά με το θρεπτικό υπόστρωμα ή διάφορες συνθήκες εκτροφής και επεξεργασίας, οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη συγκεκριμένων βακτηρίων και να αποτελέσουν πιθανή απειλή.

Στα πλαίσια της μετα-ανάλυσης μελετήθηκαν ειδικά HACCP, που προειδοποιούν για την εμφάνιση βακτηρίων και ενδοσπορίων κατά την παραγωγή εντομάλευρου από το έντομο, τονίζοντας όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές, που πρέπει να τηρεί η βιομηχανία τροφίμων (Kooch et al, 2020; H. Antonio, 2022). Το εντομάλευρο από το *T. molitor*, ένα χρήσιμο προϊόν με πολλαπλές εφαρμογές, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή ψωμιού, δίνοντας την απαραίτητη προσοχή στους πιθανούς κινδύνους, που ελλοχεύουν (Roncolini, et al, 2019). Δειγματοληψίες σε εντομάλευρο με 4 διαφορετικούς τρόπους επεξεργασίας (X. Yan, 2023) και μετρήσεις σε πλήθος άλλων επεξεργασμένων προϊόντων, που προέρχονται από το συγκεκριμένο έντομο, κατέγραψαν την πιθανή εμφάνιση βακτηρίων (Pal et al, 2024). Η ζήτηση και διάφοροι τύποι αυτής, με εξειδίκευση στην προ επεξεργασία παλμικού ηλεκτρικού πεδίου, ελέγχθηκαν για την αξιοπιστία τους, διακρίνοντας τα πιθανά βακτήρια, που μπορούν να ευδοκιμήσουν (Bogusz, 2024).

Έρευνες πραγματοποιήθηκαν, ώστε να εξακριβωθεί ο ρόλος του υποστρώματος σε διάφορες ιδιότητες ή λειτουργίες του εντόμου, συνδέοντας τους πιθανούς βιολογικούς κινδύνους, με το χορηγούμενο υπόστρωμα εκτροφής (*B. Pöllinger-Zierler et al, 2023; Mancini et al, 2019; Goerlinger et al, 2024*). Πρωτοποριακά πειράματα έλεγξαν την αντιβιοαντοχή διάφορων βακτηρίων, παράλληλα με την ανθεκτικότητα στο *T. molitor* απέναντι σε αντίστοιχα βακτηριακά στελέχη (Turchi et al, 2024). Σε κόπρανα προνυμφών του εντόμου, που χρησιμοποιήθηκαν σε ερευνητικά προγράμματα για τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας του εντόμου απέναντι σε διάφορα μικροβιακά στελέχη και τις κατάλληλες συνθήκες για την οξείδωση της μυκοτοξίνης *Deoxyvalenol (DON)*, εντοπίστηκαν αντίστοιχα βακτήρια (Wang et al, 2023). Οι συνθήκες εκτροφής θεωρούνται σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό πιθανών κινδύνων κατά τη διάρκεια της εκτροφής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, εξετάστηκε η συγκέντρωση του CO₂ σε τεχνητό και φυσικό περιβάλλον, οδηγώντας στα αντίστοιχα βακτήρια ως πιθανούς βιολογικούς κινδύνους (Herren et al, 2024). Τέλος, πειράματα σε προνύμφες του εντόμου επικεντρώθηκαν στην εμφάνιση και τις επιπτώσεις συγκεκριμένων βακτηρίων, σε συνδυασμό με παράγοντες στρες (A. Nugaard et al, 2020; Pedonese et al, 2023; Savio, et al, 2024; Herren, 2024; F. Dupriez, 2022)

Οι μύκητες αποτελούν επίσης σημαντική κατηγορία κινδύνου (Γράφημα 5), ιδιαίτερα με την ανίχνευση ειδών του γένους *Fusarium spp*, Ειδικότερα, μέσω της επιλεγόμενης βιβλιογραφίας αναδείχθηκαν τα είδη μυκήτων *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. proliferatum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* για τη τοξική τους δράση. Η

σωστή διαχείριση της υγρασίας και του υποστρώματος κατά την εκτροφή μπορεί να περιορίσει αυτούς τους κινδύνους (Van der Spiegel et al., 2013). Επίσης, μικρότερη συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζει το μυκητιακό γένος *Sporothrix spp*, όπως τα επιμέρους είδη *S. Schenckii*, *S. globosa*, *S. Brasiliensis*. Τέλος, παρατηρήθηκαν αναφορές για εντομοπαθογόνους μύκητες, όπως το *Metarhizium anisopliae*, με δυσμενείς επιπτώσεις για το έντομο.

Σημαντικό ρόλο στην έρευνα και την πειραματική αξιολόγηση των μυκοτοξινών έπαιξε το σιτηρέσιο των εκτρεφόμενων εντόμων και η σύνδεση με τον εξεταζόμενο μύκητα, από τον οποίο προέρχονται. Η υγρασία θεωρείται, ότι ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων, ενώ τα δημητριακά και το καλαμπόκι, που χρησιμοποιούνται συχνά κατά το σιτηρέσιο στις εκτροφές, συγκεντρώνουν τις περισσότερες πιθανότητες μόλυνσης από μύκητες (Stanciu et al, 2015).

Μύκητες μπορούν να προσβάλλουν το έντομο μέσω μολυσμένων σπόρων σιτηρών, που αποτελούν μέρος του εφαρμοσμένου σιτηρεσίου, μετρώντας σημαντικά ποσοστά θνησιμότητας στις προνύμφες των πειραμάτων (Z. Guo et al, 2015; Z. Guo et al, 2014; Z. Guo et al, 2018; N. Piacenza et al, 2020). Η συγκέντρωση του CO₂ αναδείχθηκε ευνοϊκή συνθήκη για την ανάπτυξη μυκήτων (P. Herren, 2024), ενώ η χρήση προβιοτικών εξετάστηκε για την προστασία του εντόμου ενάντια στις αρνητικές επιπτώσεις αντίστοιχων μυκήτων (S. Dahal et al, 2022).

Είδη μυκήτων επιβεβαιώθηκαν, μέσω εργαστηριακών απομονώσεων και δοκιμών, για τις εντομοπαθογόνες δράσεις τους απέναντι στο έντομο (A. Altahawi et al, 2020; N. Lozoya-Pérez et al, 2021). Μύκητες του γένους *Sporothrix spp*, μπορούν να μολύνουν το έντομο, με δυσμενείς επιπτώσεις (N. Lozoya-Pérez et al, 2021). Διάφορες ζύμες και μύκητες μπορούν να προσβάλλουν εντομάλευρα από *T. molitor* (X. Yan et al, 2023), ενώ διάφορες τεχνικές ξήρανσης είναι δυνατό να αποτρέψουν αρνητικά αποτελέσματα αυτών (R. Bogusz et al, 2022; R. Bogusz et al, 2024), με ορισμένα υποπροϊόντα βιομηχανιών, που χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα κατά τη διάρκεια της εκτροφής, να ευνοούν την ανάπτυξη τους (S. Mancini et al, 2019).

Ως προέκταση των μυκήτων, προστέθηκαν στο κομμάτι της μετα-ανάλυσης και οι μυκοτοξίνες, τα παράγωγα δηλαδή των μυκήτων, στοχεύοντας στη σύνθεση μιας πιο πλήρους θεματολογίας.

Οι περισσότερες μυκοτοξίνες που αποτελούν βιολογικό κίνδυνο, παράγονται από μύκητες των *Fusarium spp*. Μυκοτοξίνες, όπως η Ζεαραλενόνη, η Δεσοξυνιβαλενόλη και η Φουμονισίνη B1, που παράγονται από μύκητες αποτελούν σοβαρή ανησυχία, δεδομένης της τοξικότητάς τους και των πιθανών κινδύνων για τη δημόσια υγεία. Επιπλέον, οι δευτερογενείς τοξίνες *T-2* και *HT-2* και τα Τριχοθηκένια χαρακτηρίζονται για την τοξικότητά τους απέναντι στους καταναλωτές. Επιπρόσθετα, καταγράφηκαν μυκοτοξίνες με εντομοκτόνο δράση, όπως η Μποβερισίνη και οι Εννιατίνες.

Συγκρίνοντας τη σημασία των μυκοτοξινών για το *T. molitor*, μέσω αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών, με άλλα τρόφιμα και ζωοτροφές, εντοπίζονται ως κοινοί βιολογικοί κίνδυνοι η ζεαραλενόνη, η δεοξυνιβαλενόλη, οι φουμονισίνες και οι τοξίνες HT-2 και T2. Αντίθετα, οι αφλατοξίνες και η ωχρατοξίνη A, εντοπίζονται ως επιπλέον προβλήματα σε άλλες κατηγορίες τροφίμων (Pleadin et al., 2019).

Η πειραματική χορήγηση σιτηρών μια αρκετά διαδεδομένη τροφή για το *T. molitor*, μολυσμένων με συγκεκριμένα είδη μυκήτων, βοήθησε στην διερεύνηση των επιπτώσεων των μυκοτοξινών (Guo et al, 2014; Guo et al, 2015; Guo et al, 2018). Παράλληλα, πλήθος άλλων σιτηρεσίων εξετάστηκαν για το μεταβολισμό μυκοτοξινών (Niermans et al, 2019).

Μελέτες διερεύνησαν την επικείμενη θνησιμότητα, την ανάπτυξη, την κινητικότητα και την λειτουργία ορισμένων αντιοξειδωτικών στο έντομο, που επιφέρουν μυκοτοξίνες (Janković-Tomanić et al, 2024), καθώς επίσης και τις κατάλληλες συνθήκες για την οξείδωση μυκοτοξινών, μέσω μετρήσεων σε κόπρανα προνυμφών (Wang et al, 2023). Μυκοτοξίνες, τέλος, μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στο σωματικό βάρος και την θνησιμότητα των προνυμφών του εντόμου, ανάλογα με το στάδιο του βιολογικού κύκλου και το σιτηρέσιο (Piacenza et al, 2020).

Αναφορικά με τους ιούς, αν και τα στοιχεία είναι περιορισμένα, παρόμοιες έρευνες δείχνουν ότι οι ιοί παίζουν μικρότερο ρόλο στους βιολογικούς κινδύνους (Γράφημα 7). Εντούτοις, η απουσία δεδομένων δεν αποκλείει την πιθανότητα παρουσίας ιών, όπως παθογόνους ιούς, που μπορεί να είναι δυνητικά επιβλαβείς (Lensvelt et al., 2014). Τα τρόφιμα γενικά, δεν ευνοούν την ανάπτυξη των ιών αλλά λειτουργούν ως μηχανικοί μεταφορείς τους (Bosch et al, 2018; Koormans et al, 2003), κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην πιθανή επιμόλυνση των επεξεργασμένων βρώσιμων εντόμων, έτοιμων προς κατανάλωση.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική έρευνα, οι ιοί, που μπορούν να θεωρηθούν ως βιολογικοί κίνδυνοι, είναι οι κορονοϊοί, οι τοτιϊοί, οι νοροϊοί και ο ιός της ηπατίτιδας, με ισάξιες πιθανότητες εμφάνισης.

Συγκριτικά με άλλα τρόφιμα ζωικής προέλευσης ως προς τη μόλυνση από ιούς, ο ιός της ηπατίτιδας παρατηρείται κυρίως σε οστρακοειδή, δίθυρα και διάφορα θαλασσινά, που έχουν μαγειρευτεί (Newwell DG et al, 2010). Επίσης, οι νοροϊοί σχετίζονται με παρόμοια τρόφιμα (Seymour et al, 2001)

Συγκρίνοντας τα δεδομένα, γίνεται αντιληπτό, ότι η μόλυνση με ιούς είναι δυνατή κατά τη διάρκεια της εκτροφής του εντόμου ή της μεταποίησης και επεξεργασίας των παραγόμενων προϊόντων, που προέρχονται από αυτό (Διονυσόπουλος, 2023). Η χρησιμοποίηση μολυσμένου νερού ή σιτηρεσίου στην πρώτη περίπτωση (Robilotti et al., 2015), και η επαφή με εργατικό δυναμικό, που νοσεί, αποτελούν τα πιο κοινά μέσα μόλυνσης στο έντομο (Di Caprio et al., 2013).

Συγκεκριμένα είδη θρεπτικών υποστρωμάτων, που χρησιμοποιούνται κατά την εκτροφή του εντόμου, όπως υποστρώματα ζωικής προελεύσεως και υποπροϊόντα βιομηχανιών, θα μπορούσαν να ευνοήσουν ιών με δυσμενείς επιπτώσεις στους εκτρεφόμενους πληθυσμούς (Lecocq et al, 2023). Επίσης, ερευνήθηκαν οι ιοί, οι οποίοι θα ήταν δυνατό να μεταδοθούν μέσω του παραγόμενου εντομάλευρου, ενώ με τη δημιουργία πρώτυπων HACCP παραθέτονται οι βέλτιστες συνθήκες παραγωγής, στο πλαίσιο των οποίων χαρακτηρίζονται ως μέτριας επικινδυνότητας (Kooch et al, 2020; Antonio, 2022).

Τέλος, τα παράσιτα ως βιολογικοί κίνδυνοι είναι σπάνιοι στις μελέτες (Γράφημα 8). Ωστόσο, παθογόνα, όπως τα πρωτόζωα και τα νηματώδη ενδέχεται να υπάρχουν σε συγκεκριμένες συνθήκες παραγωγής. Η παρακολούθηση για παράσιτα σε όλα τα στάδια της αλυσίδας παραγωγής είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων (Pali-Schöll et al., 2018).

Ο κίνδυνος μετάδοσης παρασίτων αποδίδεται στις συνθήκες εκτροφής και στο μολυσμένο νερό (Turck et al., 2021) Συγκρίνοντας το *T. molitor* με άλλα είδη τροφίμων ως προς την εμφάνιση παρασίτων, τα πρωτόζωα, οι ταινίες και τα νηματώδη παρατηρούνται περισσότερο στο κρέας και τα ψάρια (Doyle, 2003).

Το παράσιτο *G. polymorpha* αποδείχθηκε, ότι μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την θνησιμότητα, την ανάπτυξη και το σωματικό βάρος του εντόμου - ξενιστή (V. Lazurska et al, 2024). Επίσης, η δράση του παρασίτου *P. Elaeisis* απέναντι στην ανθεκτικότητα και στον ρυθμό αύξησης των ατόμων του εντόμου, που χρησιμοποιήθηκαν ως ξενιστές, ήταν αντιστρόφως ανάλογη με την χορηγούμενη ποσότητα του εντομοκτόνου *detamethrin* (Costa et al, 2020).

Συνολικά, η παρούσα μελέτη ευθυγραμμίζεται με διεθνείς μελέτες, όπως εκείνες των Rumpold & Schlüter (2013), που αναδεικνύουν την κυριαρχία των βακτηρίων στα εντομοτροφικά συστήματα. Αντίστοιχα, η ανίχνευση μυκοτοξινών επιβεβαιώνει τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών που επισημαίνουν την ανάγκη παρακολούθησης των υποστρωμάτων εκτροφής (Van der Spiegel et al., 2013). Ωστόσο, οι διαφορές στη συχνότητα ανίχνευσης ορισμένων κινδύνων μπορεί να οφείλονται στις διαφορετικές μεθόδους συλλογής δεδομένων ή στις γεωγραφικές ιδιαιτερότητες της εκτροφής εντόμων.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι η τρέχουσα μελέτη περιλαμβάνει λεπτομερείς αναφορές για παράγοντες, όπως τα *B. cereus* και *S. marcescens*, τα οποία δεν είναι πάντα προτεραιότητα στις διεθνείς μετα-αναλύσεις. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση με τους βιολογικούς κινδύνους συμβατικών τροφίμων, όπως το κρέας. Οι κύριοι μικροβιολογικοί κίνδυνοι στο κρέας περιλαμβάνουν επίσης τα *L. monocytogenes*, *E. coli*, *Salmonella spp.* και *Clostridium spp.* (Hugas & Tsigarida, 2008). Ωστόσο, σε αντίθεση με τα έντομα, το κρέας αντιμετωπίζει συχνά κινδύνους διασταυρούμενης μόλυνσης κατά τη σφαγή και την επεξεργασία.

Επιπλέον, οι μύκητες και οι μυκοτοξίνες είναι λιγότερο συχνοί στα συμβατικά τρόφιμα ζωικής προέλευσης, ενώ οι ιοί, όπως ο *Norovirus* και η *ηπατίτιδα Α*, έχουν αναφερθεί πιο συχνά σε άλλα είδη τροφίμων (Bosch et al., 2018). Αξιοσημείωτη διαφορά είναι η χαμηλότερη συχνότητα παρασίτων στα έντομα σε σύγκριση με το κρέας, όπου παθογόνα όπως οι ταινίες (*Taenia spp.*) και η *Trichinella spp.* αποτελούν συχνές ανησυχίες. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη διατροφή και το οικοσύστημα των εντόμων, που περιορίζουν την έκθεσή τους σε παρασιτικούς κινδύνους.

Η έρευνα αντιμετώπισε ορισμένους περιορισμούς που πιθανά να επηρεάζουν την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα δεδομένων από ορισμένες γεωγραφικές περιοχές ενδέχεται να περιορίζει την αντιπροσωπευτικότητα της μετα-ανάλυσης. Επιπλέον, η ετερογένεια στις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης στις πρωτογενείς μελέτες καθιστά δύσκολη τη σύγκριση των ευρημάτων, ενώ η έλλειψη στοιχείων για συγκεκριμένες κατηγορίες κινδύνων, όπως οι ιοί, υποδεικνύει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα. Πιθανός επίσης περιορισμός της μελέτης είναι το γεγονός ότι στη βιβλιογραφία δεν διαφοροποιείται η παρουσία μικροοργανισμών που αφορούν το έντομο ως ζωντανό οργανισμό και το έντομο ως τρόφιμο, ώστε να διευκολυνθεί η ανάλυση των δεδομένων.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και τους επιμέρους περιορισμούς, που εντοπίζονται, προτείνονται ορισμένα εύλογα ερευνητικά ζητήματα:

- Συστηματική διερεύνηση της παρουσίας ιών και παρασίτων στο *T. molitor*, με τη χρήση σύγχρονων τεχνικών ανάλυσης
- Έλεγχος πιθανότητας πολλαπλής εμφάνισης βιολογικών κινδύνων ή σε συνδυασμό ταυτόχρονα με άλλους φυσικούς ή χημικούς κινδύνους κατά τη διάρκεια της εκτροφής, καθώς επίσης μελέτη των πιθανών επιπτώσεων στο έντομο και κατά συνέπεια στον τελικό καταναλωτή, με στόχευση την εύρεση κατάλληλων μεθόδων καταπολέμησης
- Ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας για τη συλλογή δεδομένων από διάφορες γεωγραφικές περιοχές, ώστε να αυξηθεί η αντιπροσωπευτικότητα των μετα-αναλύσεων
- Ανάπτυξη σύγχρονων πρωτοκόλλων για τη δειγματοληψία και την ανάλυση των βιολογικών κινδύνων
- Μελέτη της επίδρασης διαφορετικών υποστρωμάτων εκτροφής στη διαμόρφωση των βιολογικών κινδύνων, με στόχο τη βελτιστοποίηση των πρακτικών παραγωγής
- Διερεύνηση της σημασίας της θερμικής επεξεργασίας στην ασφάλεια των παραγόμενων τροφίμων με βάση το έντομο και επιμόλυνση μετά τη θερμική επεξεργασία, με ιδιαίτερη προσοχή στις θερμοανθεκτικές τοξίνες και βακτήρια
- Ανάπτυξη περισσότερων προϊόντων, που περιέχουν εντομάλευρο, και ακριβής έλεγχος για πιθανή ανάπτυξη βιολογικών κινδύνων

- Πειραματικές δοκιμές για την προσθήκη του εντόμου στο σιτηρέσιο περισσότερων ζώων συντροφιάς και εκτρεφόμενων ζώων και καταγραφή πιθανής εμφάνισης βιολογικών κινδύνων
- Διεύρυνση των μεθόδων εκτροφής, συντήρησης και επεξεργασίας του εντόμου με νέες διαδικασίες και παρουσίαση όλων των πιθανών επιπτώσεων

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην ενίσχυση της γνώσης σχετικά με τους βιολογικούς κινδύνους, που αφορούν το *T. molitor*, υπογραμμίζοντας τη σημασία της ορθής διαχείρισης κατά τη διάρκεια της εκτροφής και της μεταποίησης. Τα έντομα παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά τρόφιμα, όπως η χαμηλότερη παρουσία παρασίτων, ενώ τα βακτήρια παραμένουν σημαντικοί και απαιτούν ενδελεχή παρακολούθηση. Επιπλέον, η περιορισμένη συχνότητα ιών και μυκήτων προσφέρει ενθαρρυντικές ενδείξεις για την ασφάλεια των εντόμων ως τρόφιμα και ζωοτροφές. Ωστόσο, οι διαφορές στη φύση των κινδύνων απαιτούν προσαρμοσμένες προσεγγίσεις ελέγχου.

Οι περιορισμοί, που αναφέρθηκαν, καθιστούν σαφή την ανάγκη για πιο συστηματική έρευνα, εστιάζοντας περισσότερο στις γεωγραφικές διαφοροποιήσεις της κάθε περιοχής, στη συλλογή και αξιοποίηση δεδομένων και στην ανάπτυξη τυποποιημένων πρωτοκόλλων ανάλυσης με μεγαλύτερο βαθμό εξειδίκευσης. Με τον τρόπο αυτόν εκτιμάται, ότι σε βάθος χρόνου η συμβολή της έρευνας θα αποτυπωθεί, μέσω της βελτίωσης των παραγωγικών διαδικασιών και της ενίσχυσης της εμπιστοσύνης των καταναλωτών προς την αντίστοιχη αγορά.

Σύμφωνα με τη μετά-ανάλυση, που έλαβε χώρα στο πλαίσιο της διατριβής, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Τα βακτήρια αποτελούν τον κυριότερο βιολογικό κίνδυνο αναφορικά με το *T. molitor*. Ως η πολυπληθέστερη κατηγορία βιολογικών κινδύνων, η βιβλιογραφία εστιάζεται σε παθογόνα και αλλοιογόνα βακτήρια, ωφέλιμα βακτήρια και βακτήρια της φυσιολογικής μικροχλωρίδας του εντόμου. Οι συνθήκες εκτροφής και επεξεργασίας επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη αντίστοιχων βακτηριακών στελεχών.
2. Οι μύκητες χαρακτηρίζονται ακόμη ένας υπολογίσιμος βιολογικός κίνδυνος. Συχνότερα καταγράφεται το γένος *Fusarium spp*, ενώ το γένος *Sporothrix spp*. να προσελκύει το επιστημονικό ενδιαφέρον. Καταγράφονται, τέλος, δεδομένα αναφορικά με εντομοπαθογόνους μύκητες, οι οποίοι επιδρούν αρνητικά απέναντι στο εξεταζόμενο έντομο
3. Οι μυκοτοξίνες συνδέονται άρρηκτα με τους μύκητες. Οι περισσότερες μυκοτοξίνες, που ερευνήθηκαν παράγονται από μύκητες του γένους *Fusarium spp*. Η Ζεαραλενόνη, η Δεσοξυνιβαλενόλη και η Φουμονισίνη Β1 εντοπίστηκαν ως ο πιο χαρακτηριστικός κίνδυνος. Οι μύκητες και οι μυκοτοξίνες θεωρούνται λιγότερο συχνή απειλή συγκριτικά με τα βακτήρια. Η υγρασία και το υπόστρωμα είναι μερικοί από τους παράγοντες, που ευνοούν την εμφάνισή τους.
4. Οι ιοί αποτελούν από τους λιγότερο πιθανούς βιολογικούς κινδύνους για το *T. molitor*. Οι συχνότερες απειλές από ιούς αφορούν τους κορονοϊούς, τους τοτιϊούς, τους νοροϊούς και τον ιό της ηπατίτιδας, με τις 2 τελευταίες

κατηγορίες να εντοπίζονται επίσης συχνά και σε άλλα τρόφιμα ζωικής προέλευσης.

5. Τέλος, η πιθανότητα εμφάνισης παρασίτων στο έντομο σπανίζει. Σε αντίθεση με άλλα τρόφιμα ζωικής προέλευσης, όπου τα παράσιτα, όπως τα *Taenia spp.* και η *Trichinella spp.*, προκαλούν εντονότερο προβληματισμό, στην περίπτωση των βρώσιμων εντόμων η συχνότητα παρατήρησης περιορίζεται. Τα *G. Polymorpha* και *P. Elaeisis* εξετάστηκαν για τις επιπτώσεις τους κυρίως στο *T. molitor*.

Τα παραπάνω συμπεράσματα και η προτεινόμενη μελλοντική έρευνα μπορούν να θέσουν στέρεες βάσεις για το μέλλον. Πιο συγκεκριμένα, δίνεται αφορμή για μεγαλύτερη εξειδίκευση της επιστημονικής κοινότητας πάνω σε περισσότερους βιολογικούς κινδύνους του *T. molitor*, εντίνοντας το ενδιαφέρον σε διάφορα στάδια της εκτροφής των εντόμων, στην παραγωγή των τελικών προϊόντων και των ζωοτροφών, την αποθήκευση και την συντήρηση αυτών, μέχρι τη διάθεσή τους στον καταναλωτή. Οι βιολογικοί κίνδυνοι θα πρέπει να εξετάζονται και σε συνδυασμό με άλλες κατηγορίες κινδύνων, δηλαδή χημικούς και φυσικούς, καθώς και η πιθανή συνδυαστική επίδραση μεταξύ τους.

Η ενδεδειγμένη μελέτη των δεδομένων ασφάλειας του βρώσιμου εντόμου *T. molitor* θα συμβάλλει καθοριστικά στην διάδοση αντίστοιχων προϊόντων και την ευκολότερη αποδοχή τους από το ευρύτερο καταναλωτικό κοινό, κάνοντας τα πιο ανταγωνιστικά στην αγορά και την καταναλωτική συνείδηση. Ωστόσο η περαιτέρω έρευνα, εκπαίδευση, εξειδίκευση, και τεχνολογική αναβάθμιση κρίνονται απαραίτητες για την διάδοση και την ποιοτική αναβάθμιση του συγκεκριμένου κλάδου.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adenekan M.K.,Fadimu G.J.,Odunmbaku, L.A. Oke, E.K, 2018, Effect of isolation techniques on the characteristics of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein isolates, Food Science and Nutrition

Admassu S., Fox T., Heath R., McRobert K., 2020, The changing of isolation techniques on the characteristics of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein isolates, Food Science and Nutrition

Aguilar E.C., Albaracin G.J, Unates M.A, Piola H.D., 2015, Evaluaton of the nutritional quality of the quality f the grain protein of new amaranths varieties, Plant Foods for Human Nutrition

Amagliani L., O' Regan J.,Kelly A., O' Mahony J., 2017, The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review, Trends in Food Science & Technology

Anderson J.W., Bush H.M, 2011, Soy protein effects on serum lipoproteins; a quality assessment and meta-analysis of randomized, controlled studies, J Am Coll Nutr.

Baker M.A, Shin J.T., Kim Y.W., 2018, Customer Acceptance, Barriers, and Preferences in the U.S. Edible Insects in Sustainable Food Systems, Springer International Publishing AG

Barenes H., Phimmasane M., Rajaonarivo C., 2015, Insect consumption to address undernutrition, a national survey on the prevalence of insect consumption among adults and vendors in Laos. PLoS ONE

Bashi Z., McCulloch R., Ong L. Ramirez M., 2019, Alternative proteins: The race for market share is on, McKinsey and Company

Birch D.S, Kallerud K.P., 2019, Who are the future seaweed consumers in a Western society. Insights in Australia, British Food Journal

Belluco, S., Losasso C., Maggioletti M., Alonzi C., Paoletti M. & Ricci, A., 2013, Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review, Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety

Becker E.W., 2007, Microalgae as a source of protein, Biotechnol.Adv.

Bosch A., Gkogka E., Le Guyader F. S., et al, 2018, Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing. International Journal of Food Microbiology

Bovera F., Loponte R., Marono R., Piccolo G. Parisi G., Iaconisi V., Nizza A., 2016, Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet, Department of Veterinary Medicine and Animal Science University of Napoli

Bußler S., Rumpold B.A., Jander E., Rawel H.M., Schluter O.K., 2016. Recovery and technofunctionality of flours and proteins from two edible insect species: Mealworm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae

Aguilar-Miranda E.D., Lopez M.G., Escamilla-Santana C., Barba de la Rosa A.P., 2002. Characteristics of Maize Flour Tortilla Supplemented with Ground *Tenebrio molitor* Larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*

Choi Y.S., Kim T.K., Choi H.D., Park J.D., Sung J.M., Jeon K.H., Paik H.D., Kim Y.B., 2017, Optimization of replacing pork meat with yellow worm (*Tenebrio molitor* L.) for Frankfurters, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*

Carrington D., 2020, No-kill, lab-grown meat to go on sale for first time. Singapore's, Approval of chicken cells grown in bioreactors in seen as landmark moment across industry

Doyle, M, E, 2003, Foodborne Parasites - A Review of the Scientific Literature Review

Ebeling W., 1975, Urban entomology, pests of stored food products. <http://www.entomology.ucr.edu/ebeling>

EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D., Castenmiller J., De Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Kearney J., Maciuk , Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska, Pelaez C., Pentieva K., Siani, Thies F., Tsabouri S., inceti M., Cubadda F., Frenzel T., Heinonen M., Marchelli R., Neuhauser-Berthold M., Poulsen M., Prieto Maradona M., Schlatter J.R., van Loveren H., Erveris E., Knutsen H.K., 2021, Scientific Opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283, *EFSA Journal* 2021, pp.<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>

Elhassan M., Wendin K., Olsson V., Langton M., 2019, Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory and Related Concepts Foods

Evans J., Flore R., Frøst M.B., 2017, *On Eating Insects Essays, Stories and Recipes*, Phaidon: London, UK

Finnigan T.J.A, Wall B.T., Wilde P.J., Stephens F.B., Taylor S.L., Freedman M.R., Mycoprotein: The future of nutritious nonmeat protein, a symbolic review, *Current Developments in Nutrition*

Finke M.D., 2002, Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores. *Zoo Biology*

Frias J.,Giacomino S.,Penas E.,Pellegrino N.,2011, Assessment of the nutritional quality of raw and extruded *Pisum sativum* L.var. laguna seeds, *Lebensmittel- Wissenschaft und Technology – Food Science and Technology*

Gasco L., Henry M., Piccolo G., Marono S., Gai F., Renna M., Lussiana C., Antonopoulou E., Mola P., Chatzifotis S., 2016, *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility, *Animal Feed Science and Technology*

- Gahukar, R.T., 2011, Entomophagy and human food security, *Int. J. Trop. Insect Sci.*
- Garofalo, C., Osimani, A., Milanovic, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., Riolo, P., Ruschioni, S., Isidoro, N., & Clementi, F., 2017, The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing, *Food Microbiology*
- Gasco L., Henry M., Piccolo G., et al., 2016, *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility., *Anim Feed Sci Tech*,
- Gibson, R., 2009, The multipurpose mealworm Leapingfromthebox.com.
- Goumperis, T., 2019, *Insects as Food in the Global North – The Evolution of the Entomophagy Movement.* ,<https://www.springer.com/gp/book/9783030225216>
- Govorushko, S., 2019, Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends In Food Science & Technology*
- Grau T., Vilcinskas A., Joop G., 2017, Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed *Naturforsch.*
- Hashempour-Balort F., Krosnavi-Darani K, Hosseini H., Farshi P., Reihemi S.F.S., 2020, Mycoproteins as safe meat substitus,
- Hill, 2003, *Pests of storage foodstuffs and their controls*, Kluwer Academic Publishers, New York
- Henchion M., Hayes M., Mullen A, Fenelon M, Tiwari B, 2017, Future Protein Supply and Demand Stradegies and Factors influencing a Sustainable Equilibrium Foods
- Hugas, M., Tsigarida, E., 2008, Pros and cons of carcass decontamination: The role of the European Food Safety Authority, *Meat Science*
- Imathiu, S., 2020, Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*
- Ismail I., Hwang Y, Joo S, 2020, Meat analog as future food a review *J. Anim. Sci. Technol.*
- Kelemu S., Niassy S., Torto B., Fiaboe K., Affognon H., Tonnang H., Maniania N.K, Ekesi S., 2015, African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *Journal of Insects as Food and Feed*,
- King T.E., 2019, Meat the alternative Australia’s billion opportunity
- Kinsella, J.E., 1978, *Texturized proteins: fabrication, flavoring and nutrition.* CRC Crit Rev Food Sci Nutr.
- Klunder, H., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J., & Nout, M. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*
- Koopmans M., von Bonsdorff C., Jan Vinjé, de Medici D., Monroe S., 2002, *Foodborne Viruses.* Academic.oup.com.

Kouřimská, L., & Adámková, A., 2016, Nutritional and sensory quality of edible insects. NFS Journal

Lensvelt, E., & Steenbekkers, L. (2014). Exploring consumer acceptance of entomophagy: A survey and experiment in Australia and the Netherlands. *Ecology of Food and Nutrition*, 53(5), 543-561

Liya Y., 2015, A Study on the Potential of Insect Protein and Lipid as a Food Source. PhD thesis, Wageningen University

Lopez D.N, Galante M, Robson M.,Boeris V.,Spelzini D.,2018, Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties, *International Journal of biological Macromolecules*

Mancuso, T., Pippinato, L., & Gasco, L, 2019, The European insects sector and its role in the provision of green proteins in feed supply. *Quality-Access to Success*

Menozi, D., Sogari, G., Veneziani, M., Simoni, E., & Mora, C., 2017, Eating novel foods: An application of the Theory of Planned Behaviour to predict the consumption of an insectbased product. *Food Quality and Preference*

Migala J, Nied J., 2019, What is the beyond burger and is it healthy, *Women's health*

Miśniakiewicz, M., Poppek S, 2014, *Commodity Science in Research and Practice – Future trends and challenges in the food sector*, Polish Society of Commodity Science, Cracow

Mittal N, Goyal M, Mittal PK, *Understanding and Appraising Systematic Reviews and Meta-Analysis. J Clin Pediatr Dent.*, "Systematic reviewing, meta-analysis and meta-synthesis for evidence-based library and information science"

Mohamed T.K, Zhu K., Isofofu A., Fatmana T., Zhou H., 2009, Functionality, in vitro digestibility and physicochemical properties of two varieties of defatted foxtail millet protein concentrates, *International Journal of Molecular Science*

Mlcek J., Rop, O., Borkovcova M., Bednarova M., 2014, A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – a Review. *Pol. J. food Nutr. Sci.*,

Looy H., Dunkel F., & Wood J., 2013, How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways, *Agriculture and Human Values*,

Makkar H.P.S., Tran G., Heuzé V., Ankers P., 2014, Stateoftheart on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*

Newell DG, Koopmans M., Verhoef L., Duizer E., Aidara-Kane A., Sprong H., Opsteegh M., Langelaar M., Threfall J., Scheutz F., van der Giessen J., Kruse H, 2010, Food-borne diseases - the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. *International journal of food microbiology*

Nyangena D., Mutungi C., Imathiu S., Kinyuru J., Affognon H., Ekesi S., Nakimbugwe D., Fiaboe K., 2020, Effects of Traditional Processing Techniques on the Nutritional and Microbiological Quality of Four Edible Insect Species Used for Food and Feed in East Africa, *Edible Insects as Innovative Foods: Nutritional, Functional and Acceptability Assessments*

- Pali-Schöll, 2018, Edible insects – defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*
- Payne C., Caparros Megido R., Dobermann D., Frédéri F., Shockley M., Sogari G., 2019, *Insects as Food in the Global North – The Evolution of the Entomophagy Movement*
- Piccolo G., Iaconisi V., Marono S., Gasco L., Loponte R., Nizza S., Bovera F., Parisi G., 2017, Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*), *Animal Feed Science and Technology*
- Pleadin J., Frece J., Markov K., 2019, Mycotoxins in food and feed. In *Advances in Food and Nutrition Research*
- Ramos-Elorduy, J., González, E.A., Hernández, A.R., Pino, J.M., 2002, Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. *Journal of Economic Entomology*
- Ravzanaadii N., Kim S.H., Choi W.H., Hong S.J., Kim N.J., 2012, Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. *International Journal of Industrial Entomology*
- Rees, 2007, *Insects of stored grain: a pocket reference*, CSIRO Publishing, Collingwood
- Ribeiro N.T.G.M., 2017, *Tenebrio molitor* for food or feed: Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance. Politecnico de Coimbra. Escola Superior Agraria.
- Robinson, 2005, *urban insect and arachnids a handbook of urban entomology*, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo
- Roncolini A., Milanović V., Cardinali F., et al., 2019, Protein fortification with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K., 2013, Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K., 2013, Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*
- Sankian Z., Khosravi S., Kim Y.O., Lee S.M., 2018, Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) juveniles, *Aquaculture*
- Scaraffia, P.Y., Miesfeld, R.L., 2012, *Insect Biochemistry/Hormones*. Tucson, AZ, USA, University of Arizona.
- Seymour, I. J., Appleton H., 2001, November, Foodborne viruses and fresh produce, *Journal of applied microbiology*

Siemianowska E., Kosewska A., Aljiwicz M., Skibniewska K.A., Polak-Juszczak L., Jarocki A., Jedras M., 2013. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food
Agricultural Sciences

Spang, 2013, Insects as food: Assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*), The Evergreen State College

Specht K., Zoll F., Schümman H., Bela J., Kachel J., Robischon, M., 2019, How Will We Eat and Produce in the Cities of the Future? From Edible Insects to Vertical Farming—A Study on the Perception and Acceptability of New Approaches Sustainability

Stanciu O., Banc R., Cozma A., Filip L., Miere D., Mañes J., Loghin F., 2015, Occurrence of Fusarium Mycotoxins in Wheat from Europe – A Review. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology

Sun-Waterhouse D., Waterhouse G.I.N., You L., Zhang J., Liu Y., Ma L., Gao J., Dong, Y., 2016, Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review, Food Research International

Tan S. W., Lai K. S., Loh J. Y., 2018, Effects of Food Wastes on Yellow Mealworm - *Tenebrio molitor* Larval Nutritional Profiles and Growth Performances, Examines in Marine Biology & Oceanography

Tang C., Yang D., Liao H. et al, 2019, Edible insects as a found source: a review, Food Prod Process and Nutrition

Tian J., Bryska B.C., Yada R.Y., 2016, Feeding the world into the future – food and nutrition security: the role of food science and technology, Frontiers in Life Science

Urquhart, C., 2010, Systematic reviewing, meta-analysis and meta-synthesis for evidence-based library and information science, <https://www.researchgate.net/publication/228325888>

Van der Spiegel M., Noordam M.Y., Van der Fels-Klerx, H.J., 2013, Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for application in food and feed production, Compr.Rev.Food Sci.Food Saf.

van Huis A., van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P., 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper

Van Huis, A., 2015, Edible insects contributing to food security? Agriculture & Food Security

Van Loo E.J., Caputo, V.L, 2020, Consumer preferences for farm-raised meat, lab-grown meat and plant based meat alternatives: Does information or brand matter, Food Policy

Verbeke, W., 2015, Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society, Food Qual. Prefer

Upadhyaya S., Tiwari S., Arora N.K., 2016, Microbial Protein a valuable component for future food security. Microbes and Environmental Management

Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., & Zhiyong, C., 2010, Review of the nutritive value of edible insects. In P.B. Durst, D.V. Johnson, R.L. Leslie. & K. Shono, eds. Forest insects as

food: humans bite back, proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific

Yi, L., Lakemond, C.M., Sagis, L.M., Eisner-Schadler, V., Van Huis, A., & Van Boekel, M.A., 2013, Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species, Food chemistry

Yi, L., 2015, A study on the potential of insect protein and lipid as a food source. Wageningen, The Netherlands: Wageningen university, Doctorat's thesis.

Zhao, X., Vázquez-Gutiérrez, J.L., Johansson, D.P., Landberg, R., & Langton, M., 2016, Yellow mealworm protein for food purposes-Extraction and functional properties. PLoS One

Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A., 2015, Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Research International

Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178>

Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods, amending Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council and repealing Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 1852/2001, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283>

Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283>

Regulation (EC) No 767/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on the placing on the market and use of feed, amending European Parliament and Council Regulation (EC) No 1831/2003 and repealing Council Directive 79/373/EEC, Commission Directive 80/511/EEC, Council Directives 82/471/EEC, 83/228/EEC, 93/74/EEC, 93/113/EC and 96/25/EC and Commission Decision 2004/217/EC, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0767>

Commission Regulation (EU) No 142/2011 of 25 February 2011 implementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the border under that Directive Text with EEA relevance , <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0142>

Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2001 laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001R0999>

Commission Implementing Regulation (EU) 2016/999 of 21 June 2016 establishing the allocation coefficient to be applied to the quantities covered by import rights applications lodged from 1 July 2016 to 30 June 2017 under the tariff quota opened by Regulation (EC) No 431/2008 for frozen meat of bovine animals, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0999>

ISO 22000:2018 Food Safety Management System, https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100454_preview.pdf

AFFIA, <https://affia.org>

BIIF, <http://www.biif.org>

IPIFF, <http://ipiff.org>

food.ec.europa.eu, https://food.ec.europa.eu/index_en?prefLang=el

cisr.ucr.edu/entomophagy.html

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γκινάλη Α., 2020, Παραλαβή και μελέτη φυσικοχημικών ιδιοτήτων πρωτεϊνικών παρασκευασμάτων από τις προνύμφες του *Tenebrio Molitor*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημεία

Διονυσόπουλος Φ., 2023, Πιθανοί κίνδυνοι μετάδοσης ιών μέσω της αλυσίδας τροφίμων, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Σχολή Επιστημών Τροφίμων, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Ζέρβα-Καλαϊσάκη-Φεγγερού, 2004, Διατροφή αγροτικών ζώων, Εκδόσεις Αθ. Σταμουλής

Μανιάκη Μ., 2018, Σχεδιασμός προγράμματος HACCP σε μια πρότυπη βιομηχανική μονάδα αλαντικών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστημών Θάλασσας

Μιχαή Ι., Αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων δραστικών ουσιών pirimithosmethyl, detamethrin, spinosad, silicoSec κατά του *Tenebrio molitor* σε τρία δημητριακά, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας, 2020

Πανουργιάς Ι., 2023, Χρήση κατεψυγμένων, αποξηραμένων και αλεσμένων εντόμων σε μορφή σνάκ και ως συστατικών σε προϊόντα διατροφής, σύμφωνα με τον κανονισμό(ΕΕ) 2015/2283, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής Σχολή Επιστημών Τροφίμων Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πάσσιου Κ., 2021, Εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών και η μελλοντική εφαρμογή τους στα τρόφιμα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας και Ανάπτυξης

Ρηγοπούλου Α., 2021, "Αξιολόγηση της ευπάθειας των εντομάλευρων από προνύμφες των εντόμων *Tenebrio molitor* και *Alphitobius diaperinus* σε εντομολογικές προσβολές από

έντομα αποθηκών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας

Ρίζου, 2019, Τα προβιοτικά στη διατροφή του *Tenebrio molitor* (coleoptera: tenebrionidae): επίδραση στην ανάπτυξη και τη διατροφική του αξία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Σχολή Θετικών Επιστημών τμήμα Βιολογίας τομέας Γενετικής Ανάπτυξης και Μοριακής Βιολογίας

Σκανδάμης, 2014, Υγιεινή Εγκαταστάσεων Βιομηχανιών Τροφίμων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου

Σταμόπουλος, 2013, Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών, Σταμόπουλος, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις

Τηλιοπούλου Ν., 2020, Κοινωνικο-πολιτισμικές διαστάσεις της κατανάλωσης εδάδιμων εντόμων Έρευνα γνώμης ειδικών στην Ελλάδα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Τμήμα Γεωπονίας

Τσαγγάρη Ν.Ε., Αντιμικροβιακές ιδιότητες της χιτοζάνης και μηχανισμοί δράσης, 2019, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Σχολή Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τσάκνης Ι., 2008, Διασφάλιση ποιότητας τροφίμων», Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Bio-insecta., 2020, <https://www.bio-insecta.gr/hetaireia-mas>

Circular economy - Εσωτερική Αγορά, Βιομηχανία, Επιχειρηματικότητα και MME – European Commission., 2019, https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_el

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 767/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Ιουλίου 2009 , για τη διάθεση στην αγορά και τη χρήση ζωοτροφών, την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1831/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, και την κατάργηση των οδηγιών 79/373/ΕΟΚ του Συμβουλίου, 80/511/ΕΟΚ της Επιτροπής, 82/471/ΕΟΚ του Συμβουλίου, 83/228/ΕΚ του Συμβουλίου, 93/74/ΕΟΚ του Συμβουλίου, 93/113/ΕΚ του Συμβουλίου, 96/25/ΕΚ του Συμβουλίου, και της απόφασης 2004/217/ΕΚ της Επιτροπής , <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0767>

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 183/2005 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 12ης Ιανουαρίου 2005, περί καθορισμού των απαιτήσεων για την υγιεινή των ζωοτροφών, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R0183>

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 258/97 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Ιανουαρίου 1997 σχετικά με τα νέα τρόφιμα και τα νέα συστατικά τροφίμων, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31997R0258>

Νόμος περί της Υγείας των Ζώων του 2001 (109(I)/2001), https://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2001_1_109/full.html

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Συνοπτική παρουσίαση μελετών, που συμπεριελήφθησαν στη συστηματική ανασκόπηση και την ποιοτική μετα-ανάλυση

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΤΜΗΜΑ	ΕΤΟΣ	Β.ΚΙΝΔΥΝΟΙ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Behavior of <i>Staphylococcus aureus</i> in the Rearing Substrate of <i>Tenebrio molitor</i> Larvae	F. Pedonese, F. Fratini, E. Copelotti, S. Mancini	Department of Veterinary Sciences, University of Pisa, Italy	2023	Βακτήρια: <i>Staphylococcus aureus</i> , Μεσόφιλα LAB	Πειράματα διάρκειας 7 ημερών μέσω εμβολιασμών στο υπόστρωμα εκτρεφόμενων εντόμων, διερεύνησαν την επίδραση του βακτηρίου <i>S. aureus</i> και των παραγόμενων εντεροτοξινών αυτού στις προνύμφες του εντόμου
Analysis of Microbial Composition of Edible Insect Products Available for Human Consumption within the United States Using Traditional Microbiological Methods and Whole Genome Sequencing	A. Pal, A. Mann, H. den Bakker	Center for Food Safety, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Environmental Sciences, University of USA	2024	Βακτήρια: <i>Bacillus cereus</i> , <i>Brevibacillus spp</i> , <i>Leeibacter sp000745005</i> , <i>Enterococcus spp</i> , <i>Enterobacter spp</i> , <i>Klebsiella spp</i>	Μετρήσεις σε επεξεργασμένα προϊόντα εδώδιμων εντόμων, με περισσότερη εξειδίκευση στο <i>T. molitor</i> , μελέτησαν την πιθανότητα ύπαρξης διάφορων μικροβίων και τον αριθμό των πληθυσμών τους, αξιοποιώντας κλασσικές μικροβιολογικές μεθόδους για την λήψη αποτελεσμάτων ακριβείας
Salmonella Typhimurium Level in Mealworms (<i>Tenebrio molitor</i>) After Exposure to Contaminated	A. Nugaard Jensen, S. Hansen, D. Baggesen	Division of Microbiology and Production, National Food Institute,	2020	Βακτήρια: <i>Salmonella spp</i> , <i>S. Typhimurium</i>	Πειράματα 14 ημερών σε προνύμφες του εντόμου έλεγξαν τον αντίκτυπο της δράσης των <i>Salmonella spp</i> , και ειδικότερα των <i>S. Typhimurium</i> στην

Substrate		Technical University of Denmark			εκτροφή του εντόμου
Quality of <i>Tenebrio molitor</i> Powders: Effects of Four Processes on Microbiological Quality and Physicochemical Factors	X. Yan, S. Laurent, I. Hue, S. Cabon, J. Grua-Priol, V. Jury, G. Boué, M. Federig,	Oniris, Université de Nantes, France	2023	<p>Βακτήρια: <i>Salmonella spp</i>, <i>STEC</i>, <i>L. monocytogenes</i>, <i>Cronobacter spp</i>, <i>C. perfringens</i>, <i>C. botulinum</i>, <i>S. aureus</i>, <i>B. cereus</i>, <i>E. Coli</i> <i>Enterobacteriaceae</i>, <i>Staphylococcus</i>, σπόρια βακτηρίων από <i>Bacillus spp.</i>, <i>Clostridium spp</i></p> <p>Μούχλες και Ζυμομύκητες</p>	Έλεγχοι σε δείγματα από εντομάλευρα του εντόμου με 4 ξεχωριστούς τρόπους επεξεργασίας προσπάθησαν να προσδιορίσουν μια σειρά βιολογικών κινδύνων
Control of Biological Hazards in Insect Processing: Application of HACCP Method for Yellow Mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>) Powders	P. Kooh, V. Jury, S. Laurent, F. Audiat-Perrin, M. Sanaa, V. Tesson, M. Federighi, G. Boué	French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety, Risk Assessment Department, France	2020	<p>Βακτήρια: <i>B. Cereus</i>, <i>C. botulinum</i>, <i>C. perfringens</i>, <i>Cronobacter spp</i>, <i>STEC</i>, <i>LAB</i>, <i>L. monocytogenes</i>, <i>E. coli</i>, <i>Salmonella spp.</i>, <i>Bacillus ssp.</i>, <i>S. aureus</i>, <i>Enterobacteriaceae</i>, <i>mesophilic aerobes</i>, <i>Yersinia spp</i>,</p>	Η δημιουργία ενός πρότυπου μοντέλου HACCP σχετικά με την ασφάλεια της ένταξης εντομάλευρων από προνύμφες του εντόμου στη βιομηχανία τροφίμων εντοπίζει πιθανούς βιολογικούς κινδύνους

				<i>Bacterial endospores,</i> <i>Psychrotrophic aerobic</i> Ιοί: νοροϊοί Μούχλες και ζυμομύκητες	
Ecological interactions of <i>Fusarium</i> species and the meal beetle <i>Tenebrio molitor</i>	Z. Guo	Landwirtschaftlichen Fakultät Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität Bonn, Germany	2015	Μύκητες: <i>Fusarium spp,</i> <i>F. avenaceum,</i> <i>F. culmorum,</i> <i>F. proliferatum,</i> <i>F. poae,</i> <i>B. bassiana</i> Μυκοτοξίνες: <i>Zearalenone,</i> <i>Deoxynivalenol,</i> <i>Nivalenol,</i> <i>T-2 toxin,</i> <i>Neosolaniol,</i> <i>Fumonisin B1,</i> <i>Diacetoxyscirpenol,</i> <i>Enniatin A,</i> <i>Enniatin A1,</i> <i>Enniatin B,</i> <i>Enniatin B1,</i> <i>Beauvericin</i>	Αναλύσεις σε εκτροφές σκαθαριών, που τρέφονταν για 24 ώρες με σιτηρά μολυσμένα από μύκητες <i>Fusarium spp.</i> προσέφεραν χρήσιμα δεδομένα για την επίδραση συγκεκριμένων μυκήτων και μυκοτοξινών στο έντομο
Implementation of the HACCP system	H. Antonio, Ar'evalo,	Universidad Nacional de	2022	Βακτήρια: <i>Enterobacteriaceae spp,</i>	Μια πρόταση για HACCP σχετικά με το εντομάλευρο

for production of <i>Tenebrio molitor</i> larvae meal	E. Magal, M. Rojas , K. Bibiana, B. Fonseca , S. Milena Vasquez ' Mejía	Colombia, Sede Bogota. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Colombia		<i>Salmonella spp</i> , <i>S. aureus</i> <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> Ιοί: ιός ηπατίτιδας Α	από <i>T.molitor</i> , ως ασφαλές συστατικό για κατανάλωση για τον άνθρωπο και για ζωοτροφές, παρουσίασε ως βιολογικούς κινδύνους ορισμένα βακτήρια και ιούς
Protein fortification with mealworm (<i>Tenebrio molitor</i> L.) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread	A. Roncolini, V. Milanović, C. Garofalo, F. Cardinali, R. Sabbatini, A. Osimani, F. Clementi, M. Pasquini M. Mozzon, G. Minazzato R. Foligni, N. Raffaelli F. Zamporlini, M. Trombetta, A. Van Buitenen, L. Van Campenhout, L. Aquilanti	Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Università Politecnica delle Marche, Italy	2019	<i>Βακτήρια:</i> <i>C. perfringens</i> , <i>B. cereus</i> , <i>LAB</i> , <i>aerobic bacterial spores</i> , <i>B. Amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Bacillus spp</i> , <i>Paenibacillus sp.</i> , <i>B. agri</i>	Εργαστηριακές δοκιμές χρησιμοποίησαν εντομάλευρο από <i>T.molitor</i> για την παρασκευή ψωμιού. Εκτός από την θρεπτική αξία του παραγόμενου προϊόντος, διερευνήθηκαν επίσης πιθανοί βιολογικοί κίνδυνοι σχετικά με το συγκεκριμένο εγχείρημα
Feeding study for the mycotoxin zearalenone in yellow mealworm	K. Niermans, J. Woyzichovski, N. Kröncke, R. Benning,	SPRINGER	2019	Μυκοτοξίνες: <i>Ζεαραλενόνη (ZEN)</i> , <i>Δεσοξυνιβαλενόλη (DON)</i>	Πειραματικά διατροφικά μοντέλα σε προνύμφες του εντόμου εξέτασαν την ασφαλή κατανάλωσή του,

(<i>Tenebrio molitor</i>) larvae— investigation of biological impact and metabolic conversion	R. Maul				μέσω της συσχέτισης του εντόμου με μυκοτοξίνες
Effects of high doses of zearalenone on some antioxidant enzymes and locomotion of <i>Tenebrio molitor</i> larvae (Coleoptera: Tenebrionidae)	M. Janković-Tomanić, B. Petković, J. Vranković, V. Perić-Mataruga	ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA	2024	Μυκοτοξίνες: <i>Ζεαραλενόνη (ZEN)</i>	Μελέτες αξιολόγησαν την επιρροή της μυκοτοξίνης <i>Ζεαραλενόνη (ZEN)</i> στις βιολογικές λειτουργίες του εντόμου, όπως η επιβίωση, η ανάπτυξη, η αύξηση του βάρους, τη κινητικότητα, και την λειτουργία των αντιοξειδωτικών ενζύμων υπεροξειδική δισμουτάση (SOD) και S-τρανσφεράση της γλουταθειόνης
The selected quality aspects of infrared-dried black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>) and yellow mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>) larvae pre-treated by pulsed electric field	R. Bogusz, S. Smetana, A. Wiktor, O. Parniakov, K. Pobiega, K. Rybak, M. Nowacka	INNOVATIVE FOOD SCIENCE AND EMERGING TECHNOLOGIES 80	2022	Βακτήρια: <i>Enterobacteriaceae, Spore-forming bacteria, LAB</i> Ζυμομύκητες και Μούχλες	Έρευνες ασχολήθηκαν με την αποτελεσματικότητα της ξήρανσης και πιο ειδικά της προ επεξεργασίας παλμικού ηλεκτρικού πεδίου στο έντομο, με στόχο την βελτίωση της χρησιμοποίησής του στον κλάδο των τροφίμων
Biotransformation of Deoxynivalenol by a	Y. Wang, D. Zhao, W.	Institute of Grain and Oil	2023	Μυκοτοξίνες: <i>Deoxynivalenol (DON)</i>	Μετρήσεις σε δείγματα κοπράνων από

Dual-Member Bacterial Consortium Isolated from <i>Tenebrio molitor</i> Larval Feces	Zhang, B. Guo, S. Wang, K. Huang,	Quality and Safety, Academy of National Food and Strategic Reserves China		Βακτήρια: <i>Pseudomonas spp</i> , <i>Devosia spp</i> ,	εξεταζόμενες προνύμφες, αναζήτησαν τη σύνδεση του <i>T.molitor</i> με μυκοτοξίνες και βακτήρια, μετά από τον εμβολιασμό των προνυμφών σε συγκεκριμένα χρονικά στάδια με τα αντίστοιχα μικροβιακά στελέχη και σε κατάλληλες συνθήκες για την οξείδωση της <i>DON</i>
Nutritional Value and Microbiological Aspects of Dried Yellow Mealworm (<i>Tenebrio molitor</i> L.) Larvae Pretreated with a Pulsed Electric Field	R. Bogusz, K. Pobiega, K. Szulc, A. Wiktor, P.Kowalczewski, K. Rybak, A. Onopiuk, M.Nowacka	Department of Food Engineering and Process Management, Institute of Food Sciences, Warsaw University of Life Sciences Poland	2024	Βακτήρια: <i>L. monocytogenes</i> <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , Αερόβια και αναερόβια σπορογόνα βακτήρια	Παρακολούθηση της επίδρασης της ξήρανσης τύπου PEF σχετικά με χαρακτηριστικά του εντόμου, όπως η θρεπτική αξία και η μικροβιακή περιεκτικότητα των αποξηραμένων υποκειμένων
Efficacy of New Isolates of Entomopathogenic Fungus, <i>Metarhizium Anisopliae</i>	A. Altahawi, A. Ibrahim, F. Eid, S. Ahmed, H. Mahfouz	Journal of Plant Protection and Pathology	2020	Μύκητες: <i>Entomopathogenic Fungus</i> , <i>M. anisopliae</i>	Πειράματα, κατά τη διάρκεια των οποίων απομονώθηκαν εντομοπαθογόνοι μύκητες μέσω συμβατικών μεθόδων και στη συνέχεια εκτέθηκαν

(Metsch.), from Sinai Peninsula against Yellow Mealworm Tenebrio molitor L. (Coleoptera: Tenebrionidae) under Laboratory Conditions					άτομα του εντόμου σε αυτούς, διερεύνησαν τις αρνητικές επιπτώσεις συγκεκριμένων μυκήτων
Effects of Organic Xenobiotics on Tenebrio molitor Larvae and Their Parasite Gregarina polymorpha	V. Lazurska, V. Brygadyrenko	MDPI	2024	Παράσιτο: <i>Gregarina polymorpha</i>	Παρατηρήθηκε εργαστηριακά η συμβιωτική σχέση μεταξύ του εντόμου και του παράσιτου <i>G. polymorpha</i> , υπό το πρίσμα 24 διαφορετικών οργανικών ενώσεων, σε πειράματα διάρκειας 10 ημερών. Βγάζοντας κρίσιμα συμπεράσματα για την αντίδραση, την συμπεριφορά, την θνησιμότητα και την ανθεκτικότητα του ξενιστή και του παρασίτου απέναντι σε κάθε ουσία ξεχωριστά

<p>Tenebrio molitor (Linnaeus, 1758): Microbiological Screening of Feed for a Safe Food Choice</p>	<p>B .Pöllinger-Zierler, A. Lienhard, C. Mayer, S. Berner, R. Rehorska, A. Schöpfer, M. Grasser</p>	<p>Sustainable Food Management, Institute of Applied Production Sciences, Department of Engineering, University of Applied Sciences, Austria</p>	<p>2023</p>	<p>Βακτήρια: Εντεροβακτήρια, Μεσόφιλα αερόβια βακτήρια, <i>Spiroplasma spp</i>, <i>Lactobacillus spp</i>, <i>Staphylococcus spp</i>, <i>Leuconostoc spp</i>, <i>Enterobacter spp.</i>, <i>Erwinia spp.</i>, <i>Enterococcus spp.</i>, <i>Lactococcus spp.</i>, <i>Klebsiella spp.</i>, <i>Pantoea spp.</i>, <i>Xenorhabdus spp</i>, <i>Listeria spp.</i>, <i>Salmonella spp</i>, <i>E. coli</i>, <i>B. cereus</i>, <i>L. monocytogenes</i> <i>Salmonella spp.</i>, <i>C. perfringen</i>, <i>Spiroplasma spp.</i>, <i>Clostridium spp.</i>, <i>Pseudomonas spp</i>, <i>Weissella spp</i>, <i>Vibrio spp.</i>, <i>Yersinia spp.</i>, <i>LAC</i>, <i>Morganella spp.</i>, <i>Rickettsiella spp.</i>, <i>Propionibacterium spp</i> <i>Streptococcus spp.</i>,</p>	<p>Σύμφωνα με το ερευνητικό ζητούμενο, πώς το εκάστοτε θρεπτικό υπόστρωμα, αλλά και οι επιμέρους διαδικασίες επεξεργασίας, επιβαρύνουν το έντομο με βιολογικούς κινδύνους, καθορίζοντας συνεπώς την ασφάλειά του για κατανάλωση, παρουσιάστηκαν ως πιθανά προβλήματα διάφορα βακτήρια</p>
--	---	--	-------------	---	---

				<i>Pediococcus spp.</i> Μούχλες και Ζυμομύκητες	
Former Foodstuff Products in <i>Tenebrio Molitor</i> Rearing: Effects on Growth, Chemical Composition, Microbiological Load, and Antioxidant Status	S. Mancini, F. Fratini, B. Turchi, S. Mattioli, A. Dal Bosco, T. Tuccinardi, S. Nozic, G. Paci	Department of Veterinary Sciences, University of Pisa, Italy	2019	Βακτήρια: <i>Staphylococci</i> , LAB, <i>Enterobacteriaceae</i> , Ενδοσπόρια, <i>E. coli</i> , <i>B. cereus</i> , <i>L. monocytogenes</i> <i>Salmonella spp</i> Μούχλες και Ζυμομύκητες	Έλεγχοι για την αξιοποίηση διάφορων υποπροϊόντων και υπολειμμάτων από άλλες βιομηχανίες ως θρεπτικά υποστρώματα σε εκτροφές του εντόμου κάλυψαν πιθανούς παράγοντες, που μπορεί να προκαλέσουν ποιοτική υποβάθμιση του τελικού προϊόντος ή να ευνοήσουν την εμφάνιση βιολογικών κινδύνων
Effect of Fungal Colonization of Wheat Grains with <i>Fusarium spp.</i> On Food Choice, Weight Gain and Mortality of Meal Beetle Larvae (<i>Tenebrio molitor</i>)	Z. Guo, K. Do, R. Dastjerdi, P. Karlovsky, H. Dehne, B. Altincicek	Institute of Crop Science and Resource Conservation Friedrich-Wilhelms-University of Bonn Germany	2014	Μύκητες: <i>Fusarium spp</i> <i>F. avenaceum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>B. bassiana</i> Μυκοτοξίνες: <i>Zearalenone</i> <i>fumonisin B1</i> <i>Beauvericin</i> ,	Εξετάζοντας τον συσχετισμό μεταξύ <i>T. molitor</i> και των μυκήτων <i>Fusarium spp</i> , πραγματοποιήθηκαν πειράματα, κατά τη διάρκεια των οποίων προνύμφες του εντόμου τρέφονταν με σπόρους σιταριού μολυσμένα με 4 είδη του μύκητα.

				<i>trichothecenes A, B</i>	
Tenebrio molitor as an Alternative Model to Analyze the Sporothrix Species Virulence	N. Lozoya-Pérez, L. García-Carnero, J. Martínez-Álvarez, I. Martínez-Duncker, H. Mora-Montes	Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, México	2021	Μύκητες: <i>Sporothrix spp.</i> , <i>S. schenckii</i> , <i>S. brasiliensis</i> , <i>S. globosa</i>	Ερευνώντας τις επιπτώσεις της σποροτρίωσης, ένα είδος μυκητίασης με σοβαρές επιπλοκές για τον άνθρωπο, που καταλογίζεται στους μύκητες <i>Sporothrix spp.</i> , αξιολογήθηκε η τοξικότητα του μύκητα απέναντι στο έντομο
Antibiotic Resistance in Enterococci and Enterobacteriaceae from Laboratory-Reared Fresh Mealworm Larvae (<i>Tenebrio molitor</i> L.) and Their Frass	B. Turchi, S. Mancini, F. Pedonese, I. Resci, F. Marconi, C. Barone, R. Nuvoloni, B. Torracca, F. Fratini	Department of Veterinary Sciences, University of Pisa, Italy	2024	Βακτήρια: <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. enterica</i> , <i>E. coli</i> , <i>Enterobacteriaceae spp.</i> , <i>Enterococcus spp.</i> , <i>E. gallinarum</i> , <i>E. faecalis</i> , <i>E. hormaechei</i> , <i>E. bugandensis</i> <i>S. boydii</i> , <i>K. grimontii</i> , <i>S. marcescens</i>	Μελέτες ασχολήθηκαν με την ανθεκτικότητα διάφορων βακτηρίων, που αποτελούν μέρος των βιολογικών κινδύνων του εντόμου, απέναντι στα αντιβιοτικά, ένας αρκετά σημαντικός παράγοντας για την ασφάλεια των τροφίμων.
Impact and Persistence of <i>Serratia marcescens</i>	F. Dupriez, A. Rejasse, A. Rios,	MDPI	2022	Βακτήρια: <i>S. marcescens</i>	Ερευνητικά προγράμματα διερεύνησαν, πώς ο μικροοργανισμός

in <i>Tenebrio molitor</i> Larvae and Feed under Optimal and Stressed Mass Rearing Conditions	T. Lefebvre, C. Nielsen- LeRoux				σε συνδυασμό με συνθήκες στρες, επιδρούν στην ανάπτυξη και την θνησιμότητα του εντόμου. Δίνοντας σαφή συμπεράσματα για την υγειονομική ασφάλειά του
Effect of Probiotics on <i>Tenebrio molitor</i> Larval Development and Resistance against the Fungal Pathogen <i>Metarhizium brunneum</i>	S. Dahal, A. Jensen, A. Lecocq	Department for Plant and Environmental Sciences, University of Copenhagen, Denmark	2022	Μύκητες: <i>M. brunneum</i>	Δοκιμές με συμπληρώματα προβιοτικών σε προνύμφες στόχευσαν στην αναζήτηση τρόπων προστασίας του εντόμου απέναντι στον παθογόνο μύκητα <i>M. brunneum</i> , συγκρίνοντας την ανθεκτικότητα, την θνησιμότητα και την ανάπτυξη των εξεταζόμενων πληθυσμών.
Bio exposure assays to assess uptake and survival of viruses in mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>) and black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>) larvae	A. Lecocq, A. Olesen, C. Lazov, A. Bøtner, S. Rajiuddin, A. Jensen, L. Lohse, T. Rasmussen, G. Belsham,	Journal of Insects as Food and Feed	2023	Ιοι: <i>Coronavirus</i> , <i>Totivirus</i>	Πειραματικές προσπάθειες συνέκριναν την ανθεκτικότητα και την επιβίωση του εντόμου, ενάντια σε ιούς. Παρακολουθώντας με αυτόν τον τρόπο την ευκαιρία για χρήση περισσότερων υποστρωμάτων κατά την εκτροφή,

					συμπεριλαμβανομένων υποπροϊόντων ζωικής προέλευσης και διαφόρων ειδών αποβλήτων
The Impact of Drying Methods on the Quality of Blanched Yellow Mealworm (<i>Tenebrio molitor</i> L.) Larvae	R. Bogusz , J. Bryś , P. Kowalczewski A. Onopiuk, K. Pobiega, K. Rybak, A. Tomczak, M. Nowacka	Department of Food Engineering and Process Management, Institute of Food Sciences, Warsaw Poland	2024	Βακτήρια: <i>L. monocytogenes</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> <i>S. aureus</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>Aerobic spore-forming</i> , <i>Anaerobic spore-forming</i> Μούχλες Ζυμομύκητες	Δοκιμές σε μερικά είδη ξήρανσης υπέδειξαν πιθανές αλλαγές, που μπορούν να επιφέρουν στο έντομο σε επίπεδο φυσικοχημικών ιδιοτήτων και βιολογικών κινδύνων.
Distribution of T-2 toxin and HT-2 toxin during experimental feeding of yellow mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>)	N. Piacenza, F. Kaltner, R. Maul, M. Gareis, K. Schwaiger, C. Gottschalk	Faculty of Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-Universität Munich Germany	2020	Μυκοτοξίνες: <i>T-2</i> <i>HT-2</i> Μύκητες: <i>Fusarium spp.</i> , <i>Fusarium sporotrichioides</i>	Πειράματα ανέλυσαν το ρόλο των μυκήτων και των παραγόμενων μυκοτοξινών τους στο σύνολο των σταδίων του βιολογικού κύκλου του εντόμου. Αναλύοντας τις αυξομειώσεις του βάρους και το ποσοστό ανθεκτικότητας ή θνησιμότητας αντίστοιχα των εκάστοτε προνυμφών
Infection risk by oral contamination does	A.Goerlinger, Y. Moret,	Maurizio Francesco	2024	Βακτήρια: <i>Bacillus cereus</i> ,	Μελέτες εξέτασαν τις επιπτώσεις της προσβολής

not induce immune priming in the mealworm beetle (<i>Tenebrio molitor</i>) but triggers behavioral and physiological responses	C. Develay, A. Balourdet, T. Rigaud	Brivio, University of Insubria, Italy		<i>S. aureus</i> , <i>S. marcescens</i> , <i>E. coli</i>	από παθογόνους μικροοργανισμούς μέσω της επιμόλυνσης του θρεπτικού υποστρώματος σε πληθυσμούς του εντόμου συγκριτικά με το ανοσοποιητικό τους σύστημα. Τα προς εξέταση χαρακτηριστικά αποτέλεσαν η παραγωγή κοπράνων, η αύξηση της μάζας, η κατανάλωση τροφής και η αντοχή των προνυμφών.
Probiotic properties of an indigenous <i>Pediococcus pentosaceus</i> strain on <i>Tenebrio molitor</i> larval growth and survival	A. Lecocq, M. Natsopoulou, I. Berggreen, J. Eilenberg, L. LauHeckman, H. Nielsen, C. Stensvold, A. Jensen	Department of Plant and Environmental Sciences, University of Copenhagen, Denmark	2021	Βακτήρια: <i>LAB</i> , <i>B. thuringiensis</i> , <i>S. marcescens</i> , <i>S. plymuthica</i> , <i>P. aeruginosa</i>	Στα πλαίσια αναζήτησης λύσεων για την προστασία της υγείας των καταναλωτών και την περαιτέρω εξέλιξη των συνθηκών εκτροφής του εντόμου, αναδείχθηκε η χορήγηση προβιοτικών στα σιτηρέσια του εκτρεφόμενου εντόμου, ώστε να καταπολεμηθούν διάφοροι βιολογικοί κίνδυνοι, που μπορεί να το πλήξουν.
Bacillus	C. Savio,	Journal of	2024	Βακτήρια:	Πειράματα με προνύμφες

thuringiensis serovar morrisoni biovar tenebrionis impact and persistence in Tenebrio molitor larvae	P. Herren, A. Rejasse, J. van Loon, C. Nielsen-Leroux	Insects as Food and Feed		<i>B. thuringiensis</i>	του εντόμου διαφορετικού σωματικού βάρους με ειδικά σιτηρέσια διάρκειας 3 ημερών, παρακολούθησαν την αντοχή του εντόμου ενάντια στο βακτήριο
Dissemination of Fusarium proliferatum by mealworm beetle Tenebrio molitor	Z. Guo, K. Pfohl, P. Karlovsky, H. Dehne, B. Altincicek	Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES-Phytomedicine), Rheinische Friedrich-Wilhelms-University of Bonn, Germany	2018	Μύκητες: Fusarium spp F. avenaceum, F. culmorum, F. poae, F. proliferatum Μυκοτοξίνες: <i>Beauvericin</i> , <i>fumonisin B</i> <i>enniatins A, B, A1, B1</i> <i>trichothecenes B</i> , <i>zearale</i>	Αξιολογήσεις της ανθεκτικότητας ενήλικων ατόμων του εντόμου απέναντι στους μύκητες <i>Fusarium spp</i> , μέσω μολυσμένων από τον μύκητα κόκκων σιτηρών, που αποτέλεσαν μέρος του σιτηρεσίου
Effect of CO2 Concentrations on Entomopathogen Fitness and Insect Pathogen Interactions	P. Herren, A. Dunn, N. Meyling, C. Savio, H. Hesketh	Faculty of Biological Sciences, University of Leeds, UK	2024	Βακτήρια: <i>B. thuringiensis</i> Μύκητες: <i>M. brunneum</i>	Μετρήσεις σε εξεταζόμενες εκτροφές του εντόμου, κατηγοριοποίησαν ενδεχόμενους βιολογικούς κινδύνους, ανάλογα με την επίδραση του CO2. Οι βιολογικοί κίνδυνοι μετρήθηκαν κατά τις αυξομειώσεις της συγκέντρωσης του CO2 σε

					τεχνητό και φυσικό περιβάλλον
Selectivity of deltamethrin doses on <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophid) parasitizing <i>Tenebrio molitor</i> (Coleoptera: Tenebrionidae)	E. Costa, M. Soares, Z. Caldeira, R. Veloso, L. da Silva, D. da Silva, I. Santos, B. Castro, J. Zanuncio, J. Legaspi	Departamento de Agronomia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brazil.	2020	Παράσιτο: <i>P. elaeisis</i>	Ερευνητές πειραματίστηκαν με την επίδραση του παρασίτου σε ξενιστές προνύμφες του εντόμου. Ειδικότερα συγκρίθηκαν ο παρασιτισμός, ο βιολογικός κύκλος και η μορφολογία των εμβλαπτισμένων υποκειμένων, προκειμένου να ληφθούν χρήσιμα συμπεράσματα υγειονομικού χαρακτήρα

Παράρτημα 1: Επιλεγθείσες μελέτες

