



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής  
Σχολή Επιστημών Τροφίμων  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
**ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Χρήση κατεψυγμένων, αποξηραμένων και αλεσμένων  
εντόμων σε μορφή σνάκ και ως συστατικών σε προϊόντα  
διατροφής, σύμφωνα με τον κανονισμό(ΕΕ) 2015/2283**

MSc Thesis

**Use of frozen,dried and ground insects in the form of snacks and as  
ingredients in food products,in accordance with Requlation (EU)  
2015/2283**

Πανουργιάς Ιωάννης

Panourgias Ioannis

AM:21022

Βλαδίμηρος Λουγκοβόης

ΑΙΓΑΛΕΩ 2023



Faculty of Food Sciences  
Department of Food Science and Technology

MSc THESIS

**Use of frozen,dried and ground insects in the form of snacks and as ingredients in food products,in accordance with Regulation (EU)  
2015/2283**

Ioannis Panourgias

Registration Number:21022

Email:fiqs21022@uniwa.gr

SUPERVISOR

Vladimiros Lougovois

AIGALEO 2023

## Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο **Ύχρηση κατεψυγμένων, αποξηραμένων και αλεσμένων εντόμων σε μορφή σνάκ και ως συστατικών σε προϊόντα διατροφής, σύμφωνα με τον κανονισμό(ΕΕ) 2015/2283** που παρουσιάσθηκε από τον **ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΝΟΥΡΓΙΑ**, υποψηφίου για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην **ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

*Ψηφιακή Υπογραφή*

Λουγκοβόης Βλαδίμηρος

Καθηγητής

*Ψηφιακή Υπογραφή*

Στρατή Ειρήνη

Επίκουρη Καθηγήτρια

*Ψηφιακή Υπογραφή*

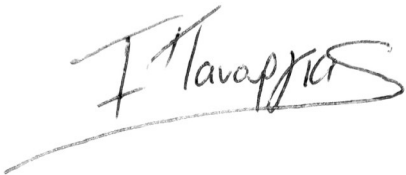
Παπαδοπούλου Όλγα.

Ακαδημαϊκός Υπότροφος

### **Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright**

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Πανουργιάς Ιωάννης

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'I. Panourgias', with a long horizontal stroke underneath.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Βλαδίμηρο Λουγκοβόη για την συνεχή του βοήθεια, υποστήριξη, εμπιστοσύνη που μου έδειξε, για τις υποδείξεις του, την υπομονή, και το ενδιαφέρον του καθ'όλη την διάρκεια από την αρχή μέχρι το τέλος της διπλωματικής εργασίας.

## Περίληψη

Η κατανάλωση των εντόμων από τον άνθρωπο δεν είναι κάτι που εμφανίστηκε τα τελευταία χρόνια. Η εντομοφαγία είναι μια μακροχρόνια πρακτική και τα έντομα αποτελούν πηγή τροφής για πολλούς πολιτισμούς. Η κατανάλωση των εντόμων είναι πολύ συχνή στην Αφρική, την Αμερική, την Ασία, και την Αυστραλία αλλά πολύ σπάνια στην Ευρώπη. Τα εδώδιμα έντομα έχουν διαφημιστεί ως βιώσιμη τροφή του μέλλοντος, ωστόσο για τους δυτικούς καταναλωτές, η έννοια της εντομοφαγίας είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστη και συχνά αηδιαστική. Οι κύριοι αποτρεπτικοί παράγοντες για την κατανάλωση εντόμων στους Δυτικούς πολιτισμούς είναι η νεοφοβία και η αηδία. Τα περισσότερα εδώδιμα έντομα πληρούν τις καθημερινές απαιτήσεις σε ενέργεια και θρεπτικά συστατικά αφού περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (πολυακόρεστα, μονοακόρεστα), απαραίτητα αμινοξέα, και μέταλλα. Τα έντομα δεν ενέχουν σοβαρούς κινδύνους για τον άνθρωπο εφόσον συλλέγονται στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης, εφαρμόζονται όλοι οι κανόνες υγιεινής, γίνονται τακτικά αναλύσεις φυτοφαρμάκων, μυκοτοξινών, βαρέων μετάλλων στα έντομα και τις ζωοτροφές που τους χορηγούνται, και αποφεύγεται η συνήθεια της κατανάλωσης ωμών εντόμων. Ωστόσο ορισμένα έντομα ενδέχεται να προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις κατά την κατανάλωση τους λόγω της παρουσίας πρωτεϊνών (πχ τροπομυοσίνη μια πρωτεΐνη που βρίσκεται συνήθως τόσο στα οστρακοειδή όσο και σε ορισμένα έντομα) και εν τέλη να οδηγήσουν σε τροφική αλλεργία.

Το θέμα της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι τα πιθανά οφέλη για τον άνθρωπο που προκύπτουν από την κατανάλωση εντόμων υπό την μορφή σνάκ και ως συστατικών σε προϊόντα διατροφής, θέματα ασφάλειας (μικροβιολογικοί, χημικοί και κίνδυνοι αλλεργιογένεσης) καθώς και η ισχύουσα νομοθεσία για τα έντομα και τα νέα τρόφιμα. Επίσης γίνεται λεπτομερής περιγραφή των μεθόδων επεξεργασίας καθώς και του διαγράμματος ροής από την στιγμή της συλλογής μέχρι και την διάθεση των εντόμων στους καταναλωτές.

**Λέξεις κλειδιά: εδώδιμα έντομα, εντομοφαγία, νέα τρόφιμα, επεξεργασία, ασφάλεια τροφίμων**

## **Abstract**

The consumption of insects by humans has not emerged only in recent years. Entomophagy has a long tradition, and insects have been a food source for many cultures. Insect consumption is widespread in Africa, America, Asia, and Australia, while it is very rare in Europe. Edible insects are touted as the sustainable food of the future, but for Western consumers, the concept of entomophagy is largely unknown and often disgusting. The main reasons that discourage the consumption of insects in Western cultures are neophobia and disgust. Most edible insects meet daily energy and nutritional requirements as they are rich in fatty acids (polyunsaturated and monounsaturated), essential amino acids, and minerals. Eating insects can provide an alternative source of protein compared to other animal protein sources such as chicken, beef, and fish. In addition, compared to conventional livestock (e.g., poultry, pigs, and cattle), insects require less energy, water, and nutrients, are more efficient in protein production, and emit fewer greenhouse gases. The results of toxicity studies show that there is no danger from eating insects. All foods containing insects as an ingredient comply with the existing microbiological criteria for food as laid down in Commission Regulation (EC) No. 2073/2005 and the reference levels of acrylamide in bakery products established by Regulation (EU) 2017/2158. Insects do not pose a serious risk to humans as long as they are collected at an appropriate stage of development, all sanitary regulations are followed, the insects and the food given to them are regularly tested for pesticides, mycotoxins, and heavy metals, and the consumption of raw insects is avoided. However, some insects can cause allergic reactions when consumed due to the presence of proteins (e.g., tropomyosin, a protein found in both shellfish and some insects), eventually leading to food and respiratory allergies.

The subject of this research paper is the potential benefits to humans of eating insects as snacks and as ingredients in foods, safety aspects (microbiological, chemical, and allergenic risks), and current legislation on insects and innovative foods. It also details the processing methods and flowchart from the time of collection to the distribution of insects to consumers.

**Keywords: edible insects, entomophagy, novel foods, process, food safety**

## Πίνακας περιεχομένων

1.Εισαγωγή.....	9
2. Παραγωγική Διαδικασία.....	13
2.1 Από τη συλλογή στην εκτροφή.....	13
2.2 Μέθοδοι επεξεργασίας.....	16
2.2.1 Ζεμάτισμα.....	20
2.2.2 Ξήρανση.....	23
2.3 Ολόκληρες, αποξηραμένες προνύμφες κίτρινου αλευροσκώληκα και σκόνη ολόκληρων, αποξηραμένων και αλεσμένων προνυμφών.....	25
2.4 Καταψυγμένα και αποξηραμένα σκευάσματα μεταναστευτικής ακρίδας και οικιακού γρύλου ( <i>L.migratoria</i> και <i>A. Domesticus</i> ).....	27
2.5 Μερικώς απολιπασμένη σκόνη του Οικιακού γρύλου ( <i>A.Domesticus</i> ).....	29
2.6 Κατεψυγμένα και αποξηραμένα σκευάσματα της προνύμφης <i>Tenebrio molitor</i> (κίτρινος αλευροσκώληκας), ενός είδους εντόμου που ανήκει στην οικογένεια των <i>Tenebrionidae</i> (σκούρα σκαθάρια).....	30
2.7 Αποθήκευση.....	31
3 Ασφάλεια και νομοθεσία.....	34
3.1 Μικροβιολογικοί-Παρασιτικοί κίνδυνοι.....	37
3.2 Χημικοί κίνδυνοι.....	43
3.3 Αλλεργιογένεση.....	44
3.4 Τοξικότητα.....	46
4. Σύνθεση.....	50
4.1 Ενεργειακή αξία.....	51
4.2 Πρωτεΐνες.....	51
4.3 Υδατάνθρακες.....	54
4.4 Λιπαρά οξέα.....	54
4.5 Δευτερεύοντα συστατικά.....	56
5. Παράγοντες που επηρεάζουν την διατροφική σύσταση/κατάσταση των εντόμων καθώς και τις λειτουργικές ιδιότητες τους.....	59
5.1 Απεντέρωση(Degutíng).....	59
5.2 Θερμική επεξεργασία.....	59
5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργικές ιδιότητες.....	62
5.3.1 Απορρόφηση Νερού.....	62
5.3.2 Ικανότητα συγκράτησης νερού(ΙΣΝΕ).....	63



5.3.3	Ικανότητα απορρόφησης λαδιού.....	63
5.3.4	Ιδιότητες διασποράς/γαλακτωματοποίησης/αφρισμού.....	63
6.	Οφέλη για την υγεία.....	65
6.1	Μικροβίωμα του εντέρου-Οφέλη στο γαστρεντερικό σύστημα.....	65
6.2	Πιθανή χρήση ως συμπλήρωμα για άσκηση.....	67
6.3	Αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες.....	68
6.4	Άλλα οφέλη για την υγεία.....	69
7.	Προτεινόμενες χρήσεις των εντόμων.....	70
8.	Οργανοληπτική αξιολόγηση-Αποδοχή καταναλωτών.....	72
8.1	Συναισθήματα που σχετίζονται με την κατανάλωση εντόμων.....	76
8.1.1	Αηδία και ευαισθησία στην αηδία.....	76
8.1.2	Φόβος και νεοφοβία.....	76
8.1.3	Αναζήτηση ποικιλίας και αναζήτηση εντύπωσης(Variety seeking and sensation seeking).....	77
8.1.4	Θετικά συναισθήματα.....	77
8.2	Αισθητική ποιότητα.....	78
8.2.1	Οπτικά και ενημερωτικά σήματα ή ενδείξεις.....	78
8.2.2	Ηδονικές αξιολογήσεις.....	81
9.	Συμπέρασμα.....	82
	Βιβλιογραφία.....	84

## 1.Εισαγωγή

Έως το 2050 προβλέπεται μια σταθερή αύξηση του πληθυσμού στα 9 δισεκατομμύρια άτομα γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής των τροφίμων/ζωοτροφών από τα διαθέσιμα αγρο-οικοσυστήματα και σε ακόμη μεγαλύτερη πίεση στο περιβάλλον (Raheem et al., 2018). Προβλέπονται ελλείψεις γεωργικής γης, νερού, δασικών, αλιευτικών πόρων, πόρων βιοποικιλότητας, θρεπτικών ουσιών καθώς και μη ανανεώσιμης ενέργειας (FAO 2017). Τα έντομα όταν χρησιμοποιούνται ως τροφή και ζωοτροφή παρουσιάζουν πλεονεκτήματα για την υγεία, το περιβάλλον και τα μέσα διαβίωσης. Τα έντομα ξοδεύουν λιγότερη ενέργεια και θρεπτικά συστατικά από τα κανονικά κτηνοτροφικά ζώα, είναι πιο αποτελεσματικά στην παραγωγή πρωτεϊνών από φυτομάζα, έχουν γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης, υψηλούς ρυθμούς αναπαραγωγής και καλή θρεπτική αξία. Επίσης δεν απαιτούν μεγάλες επιφάνειες για την ανάπτυξη τους και για την εκτροφή τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη ποικιλία τροφίμων. Η εκτροφή των εντόμων έχει περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις, καθώς τα έντομα διατηρούνται εύκολα, απαιτούν λιγότερους πόρους (μικρότερη χρήση γης κλπ) και, ταυτόχρονα, έχουν μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον, κυρίως λόγω μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και λιγότερης κατανάλωσης νερού σε σύγκριση με την κοινή κτηνοτροφία. Μελέτες δείχνουν ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και αμμωνίας των εμπορικά εκτρεφόμενων εντόμων είναι χαμηλότερες σε σχέση με αυτές της συμβατικής κτηνοτροφίας (Pali-Schöll et al., 2018). Αυτοί οι παράγοντες μετατρέπουν την παραγωγή εντόμων ως μια πιθανή βιομηχανία φιλική προς το περιβάλλον (de Carvalho et al., 2019). Ωστόσο, δεν έχει ακόμη πλήρως αναγνωριστεί ο πραγματικός αντίκτυπος των αποβλήτων που προκύπτουν από την παραγωγή των εντόμων, καθώς συνδέονται με την παραγωγή μεθανίου και αμμωνίας. Τα έντομα μπορούν να εκτραφούν με υπολειμματικά απόβλητα, όπως π.χ. κοπριά πουλερικών, χοίρων και αγελάδων, καθώς και με απόβλητα ψαριών. Αυτή η τροφή μπορεί να μετατραπεί πολύ αποτελεσματικά σε βιομάζα με σχετικά χαμηλή εισροή ενέργειας, λόγω του ποικιλοθερμικού μεταβολισμού των εντόμων. Η εκτροφή αυτή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με πολύ λιγότερη χρήση γης από άλλα ζώα (Oonincx et al. 2010) και με χαμηλή απαίτηση χώρου, με τη συσσώρευση πολλαπλών ορόφων η μία πάνω στην άλλη.

Με την εκτιμώμενη αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050, η κατά κεφαλήν ζήτηση πρωτεϊνών θα αυξηθεί με τέτοιο τρόπο που θα είναι απαραίτητο να αυξηθεί η παραγωγή των τροφίμων κατά περισσότερο από 50% (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Υπάρχει ένα κενό κατά τη σύγκριση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης στις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς, σύμφωνα με τους Premalatha et al., στις ανεπτυγμένες χώρες, η μέση κατανάλωση πρωτεΐνης είναι 96 g/άτομο/ημέρα, εκ των οποίων το 65% προέρχεται από ζωικές πηγές και το 35% από φυτικές πηγές. Αντίθετα, στις αναπτυσσόμενες χώρες, η μέση κατανάλωση πρωτεΐνης είναι 56g/άτομο/ημέρα, εκ των οποίων μόνο το 15% έχει ζωική προέλευση ενώ το 85% φυτική, η οποία, εκτός από ποσοτικά χαμηλότερη, είναι και χαμηλότερης ποιότητας αφού οι πηγές φυτικών πρωτεϊνών περιέχουν μια διαφορετική σύνθεση αμινοξέων με αντιδιατροφικούς παράγοντες που οφείλονται σε μια μη ισορροπημένη αναλογία μεταξύ βασικών και μη βασικών αμινοξέων (Rodríguez-Miranda et al., 2019).

Η άνθρωπο-εντομοφαγία, η κατανάλωση εντόμων ως τροφή από τον άνθρωπο, δεν είναι νέο φαινόμενο, γιατί προφανώς εφαρμόζεται από την πολύ πρόιμη ανάπτυξη των ανθρώπων (Pali-Schöll et al., 2018). Τα έντομα που βρίσκονται στην φύση αποτελούν σημαντικό πόρο βιομάζας στα υδάτινα, δασικά και γεωργικά οικοσυστήματα (de Carvalho et al., 2019). Τα έντομα βρίσκονται σε κάθε ήπειρο και υπάρχουν ιστορικά αρχεία που

επιβεβαιώνουν ότι έχουν καταναλωθεί από τον άνθρωπο σε όλες τις ηπείρους εκτός από την Ανταρκτική (de Carvalho et al., 2019). Υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό καταγεγραμμένων βρώσιμων ειδών εντόμων στο Μεξικό, την Ινδία και γενικά στη Νοτιοανατολική Ασία, σε αντίθεση με τα πολύ χαμηλά ποσοστά της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής (de Carvalho et al., 2019). Η κατανάλωση εντόμων είναι ασυνήθιστη στους δυτικούς πολιτισμούς, αν και η εντομοφαγία εμφανίζεται σε περίπου 113 χώρες και καλύπτει περίπου 2 δισεκατομμύρια ανθρώπους, κυρίως στην Ασία, την Αφρική και τη Λατινική Αμερική (de Carvalho et al., 2019; Moura et al., 2022). Συνολικά, τα είδη που καταναλώνονται περισσότερο είναι τα σκαθάρια (31%), οι κάμπιες (18%), οι μέλισσες, τα μυρμήγκια, οι σφήκες (14%), οι ακρίδες και οι γρύλοι (13%) (Moura et al., 2022). Η καλλιέργεια των εντόμων σε μεγάλη κλίμακα έχει αναπτυχθεί για την παραγωγή μεταξιού, δολώματος για ψάρεμα και ζωοτροφών (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Πολλά προϊόντα εντόμων χρησιμοποιούνται ήδη στην καθημερινότητά μας όπως είναι το μέλι, οι χρωστικές των τροφίμων, ο βασιλικός πολτός, η πρόπολη και άλλα. Τα έντομα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά τροφίμων/ζωοτροφών/πρόσθετα ή ακόμη και να καταναλωθούν για ιατρικούς σκοπούς. Μερικά παραδείγματα είναι η σκόνη του αλευροσκώληκα/κρίκετ που χρησιμοποιείται ως συστατικό σε τρόφιμα, οι ψητή καρυκευμένοι αλευροσκώληκες/τριζόνια, οι αλευροσκώληκες που έχουν παρασκευαστεί με θαλασσινό αλάτι και πιπέρι ή ακόμα και με καραμέλα βουτύρου και οι γρύλοι με μουστάρδα μελιού και λάιμ τσίλι. Τα έντομα μπορούν επίσης να βρεθούν σε επεξεργασμένα προϊόντα όπως γλειφιτζούρια, μπάρες σοκολάτας, σε γκρανόλα ή ακόμα και σε μπισκότα και κράκερ. Ο βαθμός επεξεργασίας των τροφίμων που περιέχουν έντομα μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή των καταναλωτών και να μειώσει τα αρνητικά συναισθήματα που σχετίζονται με την εντομοφαγία (de Carvalho et al., 2019).

Η αφρικανική (37,67%) και η αμερικανική (36,45%) ήπειρος καταναλώνουν σχεδόν το 75% των βρώσιμων ειδών εντόμων σε όλο τον κόσμο. Άλλα είδη καταναλώνονται στην Ασία (17,75%), στην Αυστραλία (6,19%) και στην Ευρώπη (1,94%). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα διάφορων μελετών, έχει διαπιστωθεί ότι στο Μεξικό υπάρχει μεγάλη ποικιλία βρώσιμων ειδών εντόμων με συνολικά 348 είδη, το 26% των οποίων μπορεί να βρεθεί στην Πολιτεία της Οαχάκα, όπου καταναλώνεται από 46 εθνοτικές ομάδες. Από τα έντομα που καταναλώνονται περισσότερο σε όλο τον κόσμο, τα σκαθάρια και οι κάμπιες αντιπροσωπεύουν περίπου το 50%, ενώ τα υπόλοιπα αντιπροσωπεύονται από γρύλους, ακρίδες, μυρμήγκια, σφήκες, τερμίτες, μέλισσες, λιβελούλα και μύγες. Σε ορισμένες περιοχές, όπως είναι η Ευρώπη, η Αυστραλία, η Νοτιοανατολική Ασία και η Ινδία, οι γρύλοι, οι σφήκες, οι ακρίδες και οι κάμπιες καταναλώνονται ως γκουρμέ φαγητό σε πριβέ εστιατόρια και πωλούνται σε καταστήματα ταϊλανδέζικων τροφίμων (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Το ενδιαφέρον των τουριστών στο να καταναλώνουν είδη τροφίμων με βάση τα έντομα όπως είναι ο σκόρος και οι προνύμφες παρουσιάζει εκθετική ανάπτυξη, παρόλο που οι ακρίδες των ορυζώνων, γνωστές ως «*inago*» θεωρούνται τροφή πολυτελείας στην Ιαπωνία (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Η κατανάλωση των εντόμων συνέβαινε από την αρχαιότητα στις αγροτικές περιοχές του Μεξικού. Ωστόσο, στις σημερινές μέρες, η ζήτηση έχει αυξηθεί στις αστικές πόλεις, και σε γκουρμέ εστιατόρια, όπου σερβίρονται ως αλείμματα, για γέμιση σε σούπες καθώς και σε διάφορα μαγειρευτά. Στους δρόμους του Μεξικού σε καντίνες τάκος, μπορείτε να βρείτε και να καταναλώσετε, σκουλήκι αγαύης, σαπουλίνες (ακρίδες) και εσκαμόλες (αυγά μυρμηγκιών). Σε διάφορα μέρη του κόσμου, τα έντομα είτε καταναλώνονται ωμά ή ενσωματώνονται σε διάφορα προϊόντα, από σαλάτες μέχρι μπισκότα (Rodríguez-Miranda et al.). Στο Μιχοακάν του Μεξικού, οι ακρίδες είναι ευρέως περιζήτητες, διατίθενται στο εμπόριο και έχουν καθιερωθεί ως μέρος της διατροφής και η

κατανάλωση των προνυμφών και των μυρμηγκιών είναι ευρέως διαδεδομένη (Moura et al., 2022).

Στην Ταϊλάνδη όπου τα βρώσιμα έντομα είναι πολύ δημοφιλή, γίνεται μαζική συλλογή 164 ειδών εντόμων και πώληση αυτών στις αγορές και στις υπεραγορές της Μπανγκόκ. Τα έντομα που καταναλώνονται πιο συχνά είναι σκαθάρια, κάμπιες, μέλισσες, σφήκες, μυρμήγκια, ακρίδες, γρύλοι, τζιτζίκια, ημίπτερα, κελυφοειδές έντομα και ετερόπτερα, τερμίτες, λιβελλούλες και μύγες (Raheem et al., 2018). Επίσης στην Ταϊλάνδη, οι σφήκες, οι κάμπιες μπαμπού, οι γρύλοι και άλλα έντομα καταναλώνονται από τους αγροτικούς πληθυσμούς και σερβίρονται σε ντόπιους και ξένους ως λιχουδιά (de Carvalho et al., 2019). Τα τοπικά μπαρ της Ταϊλάνδης, σερβίρουν τηγανητά έντομα ως αλμυρό συμπλήρωμα της μύρας. Σύμφωνα με τον Ramos-Elorduy (2005), 349 είδη εντόμων καταναλώνονται σε 29 ασιατικές χώρες (Raheem et al., 2018). Η Κίνα έχει μια μακρόχρονη παράδοση στην κατανάλωση βρώσιμων εντόμων που χρονολογείται πριν από περισσότερα από 3.000 χρόνια. 178 είδη εντόμων από 96 γένη, 53 οικογένειες και 11 τάξεις καταναλώνονται πιο συχνά στην Κίνα και βρίσκονται στον κατάλογο πολλών εστιατορίων. Επίσης χρησιμοποιούνται και για φαρμακευτικούς σκοπούς. Οι μορφές των εντόμων που καταναλώνονται ποικίλλουν από αυγά έως ενήλικες, αλλά τα εστιατόρια παρασκευάζουν κυρίως προνύμφες και νύμφες. Η προετοιμασία των εντόμων περιλαμβάνει διαδικασίες όπως το τηγάνισμα, το σιγοβράσιμο, το βράσιμο, και το ψήσιμο (Raheem et al., 2018) Όπως αναφέρθηκε τα έντομα στην Κίνα χρησιμοποιούνται συχνά ως τροφή για τα οφέλη που προσφέρουν στην υγεία. Το πιο γνωστό παράδειγμα είναι το μανιτάρι κάμπια (*caterpillar fungus*), το οποίο πιστεύεται ότι ενισχύει την ανοσία και ότι κατέχει αντικαρκινικές ιδιότητες. Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι το αλκοόλ των μυρμηγκιών μπορεί να ενισχύσει την ανοσία και να βελτιώσει τη σεξουαλική ικανότητα. Ποτά με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και αμινοξέα ή σκόνη βρώσιμων εντόμων έχουν μελετηθεί και αναπτυχθεί στην Κίνα (Raheem et al., 2018). Σε όλη την Αφρική υπάρχουν πάνω από 1.500 είδη βρώσιμων εντόμων. Καθώς η τιμή του βόειου κρέατος, του κοτόπουλου και των ψαριών συνεχίζει να αυξάνεται σε όλο τον κόσμο, έχει προκύψει μια ευκαιρία για τα έντομα να καλύψουν τις τωρινές και μελλοντικές ανάγκες της ανθρωπότητας και των ζώων σε ζωικές πρωτεΐνες. Η αυξανόμενη ζήτηση για κατανάλωση εντόμων στη Αφρική οφείλεται στο γεγονός ότι η ζωική πρωτεΐνη γίνεται πιο ακριβή και σπάνια (Raheem et al., 2018).

Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην περιγραφή της παραγωγής κυρίως τριών ειδών εντόμων, τα οποία είναι: 1) ο κίτρινος αλευροσκώληκας (*T.molitor sp.*), 2) η μεταναστευτική ακρίδα (*Locusta migratoria*), 3) και ο «οικιακός γρύλος» (*'house cricket'*).

Ο κίτρινος αλευροσκώληκας (*T.molitor*) προέρχεται από την Ανατολική Μεσόγειο, ωστόσο λόγω του αποικισμού και του εμπορίου το *T.molitor* βρίσκεται σε διάφορες περιοχές παγκοσμίως. Οι κίτρινοι αλευροσκώληκες καταναλώνονται ως μέρος της συνηθισμένης διατροφής ή χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς σε ορισμένες χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ταϊλάνδη, Κίνα, Μεξικό). Οι κίτρινοι αλευροσκώληκες ανήκουν στα έντομα που επιτρέπεται από την Κορεάτικη Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων να καταναλώνονται ως τροφή στην Κορέα. Από την 1η Μαΐου του 2017, οι προνύμφες του *T. molitor* είναι μεταξύ των ειδών εντόμων που μπορούν να εισαχθούν νόμιμα στην ελβετική αγορά ως τρόφιμα (ολόκληρα, ψιλοκομμένα ή αλεσμένα) (Turck et al., 2021).

Ο όρος «οικιακός γρύλος» (*'house cricket'*) αναφέρεται στο *A.domesticus*, ένα είδος εντόμου που ανήκει στην οικογένεια των *Gryllidae*, υποοικογένεια *Gryllinae*, και γένος *Acheta*. Το *A.domesticus* είναι παρόν σε διάφορες περιοχές παγκοσμίως,

συμπεριλαμβανομένης της Αυστραλίας, της Ασίας, της Αφρικής, της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Το *A.domesticus* είτε συλλέγεται από τη φύση είτε εκτρέφεται σε φάρμες, και καταναλώνεται παγκοσμίως ως μέρος της συνήθους διατροφής σε ορισμένες χώρες εκτός της ΕΕ όπως η Ταϊλάνδη, Καμπότζη, η Γκάνα και το Μεξικό (Turck et al., 2021). Οι οικιακοί γρύλοι και οι κίτρινοι αλευροσκώληκες είναι τα δύο πιο συχνά εκτρεφόμενα έντομα σε όλο τον κόσμο λόγω της εμπορικής τους επιτυχίας. Ωστόσο, πωλούνται κυρίως ως τροφή για κατοικίδια. Στην Ταϊλάνδη είναι εγγεγραμμένες περίπου 20.000 μικρές και μεσαίες εκμεταλλεύσεις του *A.Domesticus*. Τα προϊόντα διανέμονται σε χονδρεμπόρους και σε τοπικές αγορές. 7.500 τόνοι γρύλων (συμπεριλαμβανομένου του *A. Domesticus*) παράγονται ετησίως. Το 2017, η Επιτροπή Γεωργικών Προτύπων της Ταϊλάνδης καθιέρωσε καλές γεωργικές πρακτικές για την εκτροφή του κρίκετ, συμπεριλαμβανομένου του *A.domesticus* (Turck et al., 2021). Από την 1η Μαΐου 2017, το *A.domesticus* όταν βρίσκεται στην ενήλικη φάση είναι μεταξύ των ειδών εντόμων που μπορούν να εισαχθούν νόμιμα στην ελβετική αγορά ως τρόφιμο (ολόκληρο, ψιλοκομμένο ή αλεσμένο). Στον Καναδά, θεωρείται μη νέο για χρήση ως τρόφιμο ή συστατικό τροφής. Επιπλέον, στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία, θεωρείται ως μη παραδοσιακό ή νέο τρόφιμο, δεν εγείρει ανησυχίες για την ασφάλεια, με εξαίρεση μόνο τον πιθανό κίνδυνο αλλεργιογένεσης σε άτομα που είναι αλλεργικά στα μαλακόστρακα ή άλλα άτομα που είναι ευαίσθητα στην κατανάλωση γρύλων ή τροφίμων που περιέχουν γρύλους. Το *A. domesticus* διατίθεται στην αγορά της ΕΕ, της Αυστραλίας και των ΗΠΑ για ανθρώπινη κατανάλωση ως ολόκληρο έντομο ή ως συστατικό τροφίμων σε μεγάλο αριθμό προϊόντων διατροφής (π.χ. διατροφικές μπάρες, γλειφιτζούρια, αλεύρι, σοκολάτα κ.λπ.) (Turck et al., 2021). Τα νέα σκευάσματα της μερικώς απολιπασμένης σκόνης του *A.domesticus*, κυκλοφορούν ήδη στην αγορά για ανθρώπινη κατανάλωση σε χώρες όπως η Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, οι Ηνωμένες Πολιτείες από το 2018, Γερμανία, Αυστραλία και η Ιαπωνία από το 2019, Τσεχία, Ισπανία, Δανία, και Καναδάς, από το 2021, όπου μεταξύ 50 και 500 kg καινοτόμων τροφίμων ήταν διαθέσιμα στις αγορές (Turck et al., 2022).

## 2. Παραγωγική Διαδικασία

### 2.1 Από τη συλλογή στην εκτροφή

Στις περισσότερες χώρες ο πιο συνηθισμένος τρόπος συλλογής των εντόμων ,είναι η ελεύθερη συγκομιδή από την άγρια φύση. Τα έντομα που συλλέγονται από την φύση μπορεί να μην είναι διαθέσιμα όλο το χρόνο λόγω των εποχιακών και γεωγραφικών παραλλαγών.

Επομένως, η παραγωγή εντόμων σε βιομηχανική κλίμακα, με τη βοήθεια βιώσιμων τεχνολογιών αναπαραγωγής, εκτροφής και επεξεργασίας , μπορεί να μειώσει τους περιορισμούς της διαθεσιμότητας των εντόμων και να μειώσει την τιμή πώλησης τους(Raheem et al., 2018). Στις τροπικές αφρικανικές χώρες, τα περισσότερα είδη εντόμων συλλέγονται στη φύση. Η συγκομιδή από την άγρια φύση (δάση,γεωργικά χωράφια κλπ) είναι ο πιο παραδοσιακός τρόπος συλλογής εντόμων (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Η ακρίδα της ερήμου, η μεταναστευτική ακρίδα, η κόκκινη ακρίδα και η καφέ ακρίδα είναι όλες εδώδιμες στις Αφρικανικές χώρες. Οι ακρίδες συλλέγονται γενικά το πρωί όταν οι θερμοκρασίες είναι πιο κρύες, με αποτέλεσμα αυτά τα ψυχρόαιμα έντομα να είναι σχετικά ακίνητα. Στον Νίγηρα, δεν είναι ασυνήθιστο να βρείτε ακρίδες προς πώληση σε τοπικές αγορές ή να πωλούνται ως σνακ στις άκρες των δρόμων. Δυστυχώς, λόγω της ιδιότητάς τους ως γεωργικά παράσιτα, μπορεί να έχουν ψεκαστεί με εντομοκτόνα σε κυβερνητικά προγράμματα ελέγχου ή από τους αγρότες. Μόνο στη Νότια Αφρική, η αξία του σκουληκιού *morane* στο εμπόριο ζώων ξεπερνά τα 85 εκατομμύρια δολάρια (Raheem et al., 2018). Ενδημικό στα δάση *morane* στην Αγκόλα, την Μποτσουάνα, τη Μοζαμβίκη, τη Ναμίμπια, τη Νότια Αφρική, τη Ζάμπια και τη Ζιμπάμπουε, ο βιότοπος των καμπιών καλύπτει περίπου 384.000 km<sup>2</sup> δάσους (FAO 2003). Στην Νότια Αφρική υπολογίζεται ότι 9,5 δισεκατομμύρια κάμπιες *Morane* συλλέγονται ετησίως (Raheem et al., 2018).

Η συγκομιδή κάθε είδους εντόμου είναι μοναδική και εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης (αυγά, νύμφες, προνύμφες ή ενήλικες), την εποχή (βροχερή ή ξηρή) και την τοποθεσία (δάσος, έρημος ή γεωργικά χωράφια). Οι νύμφες του είδους (μυρμηγκιού) *Limetopum apicuatum* (εσκαμόλες) συλλέγονται κατά τη διάρκεια της θερμής-ξηρής περιόδου (Φεβρουάριος έως Μάιος) και τα αυγά αφαιρούνται από τις μυρμηγκοφωλιές. Τα κόκκινα σκουλήκια της αγαύης (*Hypopta agavis*) συλλέγονται από τους ανανάδες της αγαύης (*Agave saliminara*) μετά την έναρξη της περιόδου των βροχών, και οι ακρίδες που ανήκουν στο είδος *Sphenarium urpurascens* (σαπουλίνες) συλλέγονται με το χέρι από τα χωράφια όταν ξεκινά η βροχερή περίοδος (Melgar-Lalanne et al., 2019). Στην Ταϊλάνδη, οι κάμπιες μπαμπού ζευγαρώνουν σε κλουβιά από δίχτυα νάιλον τοποθετημένα πάνω από αναπτυσσόμενες ρίζες μπαμπού. Οι κάμπιες μπαμπού συσκευάζονται γενικά σε πλαστικά

κουτιά και πωλούνται στις τοπικές αγορές. Σε ορισμένες περιοχές της Ταϊλάνδης οι άνθρωποι συλλέγουν νεαρές σφηκοφωλιές και τις προστατεύουν μέχρι να είναι έτοιμες για κατανάλωση. Στην Αφρική και την Ασία, οι ημι-εξημερωμένες μέλισσες εκτρέφονται σε ξύλινες κυψέλες, παλιούς κορμούς δέντρων ή άλλα δοχεία (Melgar-Lalanne et al., 2019). Τα μυρμήγκια υφαντών φτιάχνουν φωλιές υφαίνοντας φύλλα μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μετάξι προνυμφών. Μερικοί αγρότες στην Ταϊλάνδη διατηρούν αποικίες σε δέντρα-ξενιστές, και τα μυρμήγκια συλλέγονται μία φορά το χρόνο και χρησιμοποιούνται για ιατρικούς και μαγειρικούς σκοπούς. Συνηθίζεται οι γυναίκες να κάνουν τη συγκομιδή. Οι προνύμφες του σκαθαριού του φοίνικα συλλέγονται στη φύση από τον κορμό του Φοίνικα και η διαθεσιμότητά τους συνδέεται με τις εποχιακές παραλλαγές. Η μέθοδος συλλογής των εντόμων από τη φύση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά τους. Οι ρυγχωτοί κάνθαρες του φοίνικα μπορούν να προσελκυστούν ώστε να δημιουργήσουν τεχνητά τόπους αναπαραγωγής, ενώ ορισμένα είδη κρίκετ μπορούν να εντοπιστούν από τον ήχο που κάνουν. Μερικά νυχτερινά ιπτάμενα, όπως είναι οι τερμίτες και οι ακρίδες, μπορούν να παρασυρθούν σε παγίδες από το φως (Raheem et al., 2018). Για ορισμένα έντομα που βρίσκονται σε δέντρα ή σε θάμνους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κόλλα αλειμμένη πάνω από ένα κλαδί, κλαδάκι, βλαστό ή στον κορμό. Στην Αφρική και συγκεκριμένα στο βόρειο Καμερούν, χρησιμοποιούν κόλλα από τον χυμό του δέντρου *Diospyros mespilitermes*. Τα παιδιά τοποθετούν ένα ραβδί με κόλλα στη μία άκρη για να πιάνουν τους γρύλους που βρίσκονται μέσα στις τρύπες. Στη Νότια Αφρική, τα παιδιά παγιδεύουν τα τζιτζίκια σκαρφαλώνοντας σε δέντρα ή χρησιμοποιώντας μακριά κοντάρια, τα άκρα των οποίων έχουν βυθιστεί σε κόλλα. Η ακρίδα *S. purpurascens* του Μεξικού είναι ένα είδος που συντηρείται και αποθηκεύεται με σκοπό να καταναλωθεί. Σε ορισμένες περιοχές του Μεξικού καταναλώνονται εκατοντάδες τόνοι ετησίως. Αυτό το είδος θα μπορούσε να παράγει περισσότερους από 300 χιλιάδες τόνους πρωτεΐνης ετησίως. Σε χρονική περίοδο 8 μηνών (Μάιος–Δεκέμβριος), οι ακρίδες συλλέγονται σε ορισμένες τοποθεσίες της Πολιτείας της Πουέμπλα και πωλούνται τόσο στην Πουέμπλα όσο και στην Οαχάκα. Η συλλογή είναι χειρωνακτική και πραγματοποιείται με τη χρήση κωνικών διχτύων που έχουν βάθος 90 εκατοστά και διάμετρο περίπου 80 εκατοστά, με τα οποία αφαιρούνται τα φυτά και παγιδεύονται οι ακρίδες. Όλα τα μέλη της οικογένειας συμμετέχουν σε αυτή τη δραστηριότητα, και συλλέγουν έως και 70 κιλά ακρίδων κάθε εβδομάδα, καταγράφοντας συνολική εξαγωγή που φτάνει τους 100 τόνους ετησίως μόνο στον δήμο *Santa María Zacatepec*, στο Πουέμπλα, και η εκτίμηση των ετήσιων κερδών ανέρχεται σε περίπου 3000 δολάρια ανά οικογένεια (Rodríguez-Miranda et al., 2019).

Η εξημέρωση των βρώσιμων εντόμων είναι σχετικά απλή και οικονομική, αν και σήμερα μόνο τρία είδη θεωρούνται πλήρως εξημερωμένα: οι μέλισσες, οι μεταξοσκώληκες και τα κοχίνια, αρκετά άλλα είδη είναι εν μέρει εξημερωμένα. Οι κύριοι λόγοι για αυτό είναι: (1) τα περισσότερα έντομα μπορούν εύκολα να εκτραφούν σε μικρούς χώρους ή δοχεία, (2) ο κύκλος ζωής τους είναι σύντομος, (3) μπορούν να τρώνε δασικά ή γεωργικά απόβλητα αντί για σιτηρά, (4) η εκτροφή εντόμων μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο σε αστικές όσο και σε αγροτικές περιοχές, και (5) είναι δυνατές οι βραχυπρόθεσμες οικονομικές αποδόσεις. Όταν εξετάζουμε την εκτροφή των εντόμων θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν τους παράγοντες που σχετίζονται με τα υποστρώματα ή τις ζωοτροφές του και τα δοχεία αναπαραγωγής τους. Αυτοί οι παράγοντες διαφέρουν ανάλογα με το είδος του εντόμου. Για την ωρίμανση της μαύρης μύγας στρατιώτη απαιτούνται λίγες μέρες, αλλά χρειάζονται μερικοί μήνες για να μεγαλώσουν οι γρύλοι. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος διαβίωσης, επηρεάζει την ανάπτυξη των εντόμων. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο ταχύτερη θα και είναι η ανάπτυξη των εντόμων (Raheem et al., 2018). Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη των εντόμων είναι η θρεπτική σύσταση των ζωοτροφών. Για παράδειγμα, μια πολύ μικρή ποσότητα πρωτεΐνης δεν είναι καλή για την ανάπτυξη των εντόμων, ενώ η υπερβολική ποσότητα πρωτεΐνης οδηγεί στην υπερπαραγωγή ουρικού οξέος. Η επιλογή της τροφής είναι μια λεπτή ισορροπία μεταξύ του κόστους και του ρυθμού ανάπτυξης του εκτρεφόμενου εντόμου. Η μη βέλτιστη διατροφή, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ευαισθησία σε ασθένειες και κανιβαλισμό μεταξύ των ζώων, όπως έχει παρατηρηθεί στους γρύλους και στα αλευροσκουλήκια (Raheem et al., 2018).

Τα περισσότερα εκτρεφόμενα έντομα μπορούν εύκολα να εκτραφούν σε μικρά αερίζομενα πλαστικά δοχεία σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (έως 30 °C) και σχετική υγρασία (έως 70%) και τρέφονται με οργανικά απόβλητα και δημητριακά. Έχουν χαμηλές τεχνικές απαιτήσεις, υψηλές πυκνότητες παραγωγής και δεν απαιτούν ηλιακό φως σε ορισμένα στάδια της ζωής τους. Το πιο συχνά εκτρεφόμενο έντομο είναι οι προνύμφες του κίτρινου αλευροσκώληκα. Σε μια πρόσφατη ανασκόπηση, οι Soares-Araujo, dos Santos Benfica, Ferraz και Moreira Santos (2019) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η βέλτιστη θερμοκρασία εκτροφής ήταν 25 έως 28 °C με σχετική υγρασία κοντά στο 70% και η διαίτα πρέπει να περιέχει 5% έως 10 % μαγιά, 80% έως 85% υδατάνθρακες και σύμπλεγμα βιταμινών Β. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές στρατηγικές για τη διατροφή των εντόμων, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης υποπροϊόντων τροφίμων και οργανικών αποβλήτων. Ωστόσο, απαιτείται μια διαίτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (περίπου 20%) και



υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά (περίπου 9%) για να επιτευχθούν τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την αποτελεσματική μετατροπή της ζωοτροφής, την επιβίωση, τον χρόνο ανάπτυξης και τη διατροφική σύνθεση. Το πίτουρο ή άλλα παραπροϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διατροφή των εντόμων ως συμπληρώματα. Τα λαχανικά και τα φρούτα χρησιμοποιούνται μόνο ως πηγή νερού και μια μικρή ποσότητα νερού προστίθεται για την πρόληψη της μόλυνσης από μύκητες (Melgar-Lalanne et al., 2019).

## 2.2 Μέθοδοι επεξεργασίας

Το μαγείρεμα βελτιώνει την οργανοληπτική ποιότητα των τροφίμων μέσω του σχηματισμού αρωματικών ενώσεων καθώς και των αλλαγών στο χρώμα και την υφή. Ορισμένες διαδικασίες μαγειρέματος μπορούν να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων μειώνοντας τα τροφιμογενή παθογόνα βακτήρια και τα ένζυμα. Από διατροφική άποψη, το μαγείρεμα ενισχύει την πεπτικότητα και τη βιοδραστικότητα των πρωτεϊνών στο πεπτικό σύστημα. Ωστόσο, ορισμένα θρεπτικά συστατικά θα μπορούσαν να χαθούν μέσω της διαλυτοποίησης, διαφυγής, βιοχημικών αντιδράσεων ή σχηματισμού νέων παραπροϊόντων. Η θερμική επεξεργασία μπορεί να προκαλέσει πρωτεόλυση, οξείδωση των λιπιδίων και διαλυτοποίηση βιταμινών και μετάλλων. Μπορεί επίσης να συμβεί μετουσίωση της πρωτεΐνης, καταστροφή ή τροποποίηση αμινοξέων και αντιδράσεις Maillard. Στα λιπίδια και τα λιπαρά οξέα μπορεί να συμβεί αυτοοξείδωση, θερμοοξείδωση ή φωτοοξείδωση (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Υπάρχουν πολλές παραδοσιακές τεχνικές για το μαγείρεμα των βρώσιμων εντόμων, όπως το μαγείρεμα στον ατμό, το ψήσιμο, το κάπνισμα, το τηγάνισμα, το βράσιμο και το πάστωμα. Πριν από αυτές τις τεχνικές προηγείται ένα βήμα ζεματίσματος για τη μείωση του αριθμού των τροφιμογενών μικροοργανισμών και για την αδρανοποίηση των ενζύμων. Προφανώς, κάθε τεχνολογία παράγει προϊόντα με διαφορετικά οργανοληπτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά (Melgar-Lalanne et al., 2019). Το Μεξικό είναι η χώρα με την μεγαλύτερη παράδοση στην κατανάλωση εντόμων. Οι ακρίδες και οι γρύλοι ("*chapulines*") συνήθως φρυγανίζονται ή ψήνονται σε ένα τηγάνι χωρίς λάδι μέχρι να γίνουν τραγανά. Όταν τα έντομα βράσουν, το νερό που χρησιμοποιείται μπορεί να οξινιστεί με χυμό λεμονιού ή ξύδι και να προστεθούν αρωματικά συστατικά (σκόρδο και κρεμμύδι). Μετά το ψήσιμο, όταν τα έντομα είναι ακόμα ζεστά, συνήθως προστίθεται λεμόνι, αλάτι και τσίλι. Κατά τη διάρκεια του βρασμού, σχηματίζονται αρωματικές ενώσεις και τα έντομα αποκτούν ένα κοκκινωπό χρώμα (Melgar-Lalanne et al., 2019). Στην Οαχάκα, πριν το ζεμάτισμα, εφαρμόζεται ένα βήμα νηστείας στα έντομα για 1 έως 3 ημέρες για να αποφευχθεί η δημιουργία πικρών γεύσεων. Πολλά παραδοσιακά πιάτα φτιάχνονται με σα-

πουλίνες, όπως τα τάκος (τορτίγια καλαμποκιού με έντομα και καυτερή σώς), ζεστές σάλτσες τσίλι (σάλτσα τσίλι με σαπουλίνες) και «*chiles relleños*» (chiles γεμιστό με σαπουλίνες). Οι σαπουλίνες καταναλώνονται επίσης ως σνακ σε συνδυασμό με αλκοολούχα ποτά (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Στην Αφρική υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία εντόμων, με περισσότερα από 470 είδη που αναγνωρίζονται ως βρώσιμα σε όλη την ήπειρο. Τα περισσότερα βρώσιμα έντομα συλλέγονται από την φύση, καθαρίζονται (με την αφαίρεση, σε ορισμένες περιπτώσεις, ορισμένων μερών, όπως τα φτερά και τα πόδια), και στη συνέχεια ψήνονται ή βράζονται. Επίσης τα έντομα συνηθίζεται να καταναλώνονται φρέσκα και ωμά. Όσον αφορά τις ζωοτροφές, τα έντομα ξηραίνονται στον ήλιο, αλέθονται σε σκόνη και στη συνέχεια προστίθενται σε διαφορετικά σκευάσματα (Melgar-Lalanne et al., 2019). Η βρώσιμη κάμπια του είδους *Imbrasia epimethea*, που καταναλώνεται στην Αγκόλα, συλλέγεται και πλένεται με νερό στην συνέχεια αφαιρούνται τα έντερα για να αποφευχθούν οι επιγεύσεις. Επίσης αφαιρούνται οι μακριές τρίχες για να αποφευχθεί η τοξικότητα. Οι κάμπιες βράζονται σε αλμυρό νερό για 30 λεπτά μέχρι να εξατμιστεί το νερό. Στη συνέχεια ξηραίνονται στον ήλιο για 3 ημέρες, και μετά από αυτό το χρονικό διάστημα μπορούν να αποθηκευτούν σε συνθήκες περιβάλλοντος. Τηγανίζονται πριν από την κατανάλωση (Ramirez-Garcia et al., 2022).

Έχουν αναπτυχθεί πολλοί μέθοδοι επεξεργασίας που στηρίζονται στην τεχνολογία των εμποδίων και στη επίδραση που έχουν στην μικροβιολογική ανάπτυξη αλλά και στην ενζυματική δραστηριότητα προκειμένου να παρατείνουν την διάρκεια ζωής των φρέσκων εσκαμόλες. Η τεχνολογία πολλαπλών εμποδίων μπορεί να θεωρηθεί ως μια οικονομική εναλλακτική λύση για την απόκτηση ελάχιστα επεξεργασμένων εσκαμόλες που έχουν παρόμοια εμφάνιση με τα φρέσκα εσκαμόλες χωρίς όμως την προσθήκη χημικών συντηρητικών. Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο επεξεργασίας ήταν δυνατή η παράταση της διάρκειας ζωής από 4 σε 45 ημέρες στους 4°C, γεγονός που επιτρέπει στους συλλέκτες των εσκαμόλες καλύτερη εμπορία του προϊόντος. Οι βέλτιστες συνθήκες αφορούσαν  $a_w = 0,90$ , pH 5,0 και χρόνος ζεματίσματος 15s (Ramirez-Garcia et al., 2022).

Λόγω της σημαντικής απάθειας των καταναλωτών ως προς την κατανάλωση των εντόμων, έχει πραγματοποιηθεί μια ουσιαστική προσπάθεια για την αύξηση της δημοτικότητας των εντόμων (Adedeji et al., 2022). Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3DP) είναι μια νέα τεχνολογία για την επεξεργασία των τροφίμων, η οποία είναι κατάλληλη για το σχεδιασμό σύνθετων τροφίμων και ειδικών διατροφικών απαιτήσεων που δεν μπορούν να

επιτευχθούν χρησιμοποιώντας συμβατικές τεχνολογίες (Adedeji et al., 2022). Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή τρισδιάστατων εκτυπωμένων τροφίμων, όπως οι σοκολάτες, τα αρτοσκευάσματα και τα αλεύρια, αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς (Adedeji et al., 2022). Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την τρισδιάστατη εκτύπωση τροφίμων είναι η δυνατότητα εκτύπωσης μιας δομής τροφίμων, η οποία σχετίζεται με την ικανότητα εξώθησης του υλικού μέσω του ακροφυσίου του εκτυπωτή και την τελική υφή των προϊόντων. Κατά συνέπεια η δυνατότητα εκτύπωσης είναι πολύ σημαντική, όταν χρησιμοποιούνται νέα συστατικά ως τρισδιάστατη μελάνη. Τα έντομα έχουν χρησιμοποιηθεί ως συστατικά λόγω της ικανότητας τους να ενισχύουν τις πρωτεΐνες σε προϊόντα δημητριακών.(Adedeji et al., 2022). Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η εκτύπωση προϊόντων με μήτρες αλεύρου σίτου με σκόνη γρύλου (*Acheta domesticus*) σε ποσοστό έως και 75%. Σε αυτή τη μελέτη, αξιολογήθηκαν οι δομικές και μορφολογικές ιδιότητες των βιομελανών με βάση τη σκόνη εντόμων (0%–75%)σε μήτρα αλεύρου σίτου. Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξημένη ικανότητα απορρόφησης νερού,αύξηση της συγκέντρωσης των αμινοξέων και του βαθμού ερυθρότητας και κιτρινίσματος. Η τρισδιάστατη εκτύπωση τροφίμων μπορεί να είναι αποτελεσματική για την επεξεργασία βρώσιμων ειδών εντόμων, βελτιώνοντας την οργανοληπτική ποιότητα και μειώνοντας την απάθεια των καταναλωτών (Adedeji et al., 2022).

Ο πίνακας 1 δείχνει τις διάφορες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία διάφορων ειδών εντόμων που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Σε όλες τις περιπτώσεις, τα έντομα συλλέγονται από τη φύση (Mutungi et al., 2017). Το πρώτο βήμα,αφορά την απομάκρυνση-διαχωρισμό της ξένη ύλης και των μη αποδεκτών μερών του σώματος αφαιρώντας το έντερο, τα φτερά, τα πόδια και το κεφάλι ανάλογα με το είδος και αν το πλύσιμο γίνει σε κρύο ή χλιαρό νερό. Τα έντομα στη συνέχεια ψήνονται ή βράζονται και τρώγονται ολόκληρα ή επεξεργάζονται με ξήρανση στον ήλιο με σκοπό την παραλαβή σκόνης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα έντομα τρώγονται ωμά (Mutungi et al., 2017).

Insect; Country	Stage; source	Processing/ preparation methods
Tree locust ( <i>Anacridium melanorhodon</i> ); Sudan <sup>1,2,8</sup>	Adult; wild	Boiled or fried.
Palm beetle ( <i>Oryctes monocerus</i> ); Nigeria <sup>3,20,21</sup>	Larvae; wild	Washed, eaten raw, boiled, fried, smoked or roasted, sometimes prepared in stews and soups.
<i>Anaphe infracta</i> ; Nigeria <sup>4</sup>	Larvae; reared/ wild	Roasted, or dry-fried
<i>Anaphe panda</i> ; Congo, Tanzania, Zaire <sup>4,25</sup>	Larvae; wild/ reared	Roasted, or dry-fried; Cooked fresh or dried and powdered for storage.
<i>Anaphe reticulata</i> ; Nigeria <sup>4</sup>	Larvae; wild/ reared	Roasted, or dry-fried.
<i>Anaphe venata</i> ; Nigeria <sup>4</sup>	Larvae; wild/ reared	Roasted, or dry-fried.
<i>Rhynchophorus palmarum</i> ; Côte d'Ivoire <sup>5</sup>	Larvae; wild	Stewed, fried in oil with salt and pepper, as paste or grilled over coals.
<i>Hemijana variegata</i> (South Africa) <sup>6</sup>	Larvae; wild	Washed, boiled in salty water, sun-dried.
<i>Microtermes bellicosus</i> ; Nigeria <sup>7</sup>	Adult; wild	Dewinged, roasted and salted or ground into flour.
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (Nigeria) <sup>9,10</sup>	Larvae; wild	Fried; smoked.
<i>Macrotermes nigeriensis</i> ; Nigeria <sup>11</sup>	Adult; wild	Washed, salted, mildly fried or roasted without oil; also eaten raw.
<i>Ruspolia differens</i> (green and brown grasshoppers); Kenya <sup>12</sup>	Adult; wild	Dewinged, toasted in own oil; may then be dried; also eaten raw
<i>Macrotermes subhyalinus</i> ; Kenya <sup>12</sup>	Adult; wild	Dewinged, toasted in own oil and dried.
Mopane caterpillar; Zimbabwe <sup>13</sup>	Larvae; wild	Degutted, roasted on charcoal and sun-dried or salted and sundried; packed in sacks or tins to sell to traders or in the market.
Melon bug ( <i>Aspongopus viduatus</i> ); Sudan <sup>14</sup>	Adult	Oil extracted after soaking in hot water.
Sorghum bug ( <i>Agonoscelis pubescens</i> ); Sudan <sup>15,25</sup>	Adult; wild	Fried or roasted oil extracted for cooking and medicinal purposes.
Melon bug ( <i>A. viduatus</i> ); Namibia <sup>16</sup>	Adult; wild	Milled, used as spices in powder form.
Ground cricket ( <i>Henicus whellani</i> ); Zimbabwe <sup>17</sup>	Adult; wild	Degutted, cleaned with cold water, boiled in water.
<i>Encosternum delegorguei</i> ; Zimbabwe <sup>18</sup>	Adult; wild	Killed in warm water, cooked and dried.
Ants; Botswana <sup>19</sup>	Adult; wild	Mixed and pounded together with wild vegetables.
Harvester termites ( <i>H. mossambicus</i> ); Botswana <sup>19</sup>	Adult; wild	Roasted in hot ash and sand; pounded into a cake.
Winged termites ( <i>Hodotermes mossambicus</i> ); Botswana <sup>19</sup>	Adult; wild	Roasted in hot ash and sand.
Grasshopper ( <i>R. differens</i> ); Botswana <sup>19</sup>	Adult; wild	Roasted in hot ash and sand after removing head and intestines, sun-dried before storage; pounded in to powder, and eaten with porridge.
Hawk moth ( <i>Herse Convovuli</i> ); Botswana <sup>19,25</sup>	Larvae; wild	Intestines squeezed out, roasted in hot ash and sand sun-dried and stored in bags; may be pounded into powder and mixed with stewed watermelon.
<i>Stemocera orissa</i> ; Botswana <sup>19,25</sup>	Adult; wild	Roasted in hot ash and sand, hind wings and head may be removed; pounded and mixed with wild fruits and plants to form a paste.
Termites; Kenya <sup>20</sup>	Adult; wild	Crushed to a mush and eaten with honey.
Palm weevil ( <i>R. phoenicis</i> ); Nigeria <sup>21</sup>	Larvae; wild	Eaten raw, boiled, fried or roasted, sometimes prepared in stews and soups.
<i>Cirina forda</i> ; Nigeria <sup>22</sup>	Larvae; wild	Boiled and dried in the sun.
Termites; Zambia <sup>23</sup>	Adult; wild	Boiled or roasted, then sun-dried or smoke-dried.
<i>Lepidoptaria littoralis</i> ; Nigeria <sup>24</sup>	Larvae; wild	Boiled in water with a pinch of potash-powder, strained and sun-dried, then salted and seasoned and roasted in oven.
Termites; Zambia <sup>24</sup>	Adult; wild	Killed by boiling or roasting for a few minutes, then sun-dried or smoke-dried.
<i>Chaoborus edulis</i> (Lake fly); Uganda <sup>25</sup>	Adult; wild	Ground to a cake, then sun-dried.
Bees; Congo <sup>25</sup>	Larvae, pupae; wild	Grilled.
Bees; Tanzania <sup>25</sup>	Larvae; wild	Eaten raw in their combs, shaken out and added with honey to porridge.
Ants e.g. <i>Carebara</i> spp; Central Africa Republic, Cameroon <sup>25</sup>	Eggs; wild	Raw or fried.
<i>Carebara</i> spp.; South Africa <sup>25</sup>	Queen; wild	Gasters removed, eaten raw or fried with salt.
Termites; Congo <sup>25</sup>	Adult; wild	Fried in own fat.
Termites; Uganda <sup>25</sup>	Adult; wild	Steamed or smoked in banana leaves; sometimes only the heads eaten.
Silk worm; Madagascar <sup>25</sup>	Larvae; wild	Killed by dipping in hot water, and then eaten.
<i>Cirina forda</i> ; Mali, Burkina Faso <sup>25</sup>	Larvae; wild	Boiled in water, and then fried in karité butter.
Stinking blattid cockroach; Cameroon <sup>25</sup>	Adult; wild	Elythra removed, fried and mixed with porridge of vegetables or fruits.
<i>R. differens</i> ; Uganda <sup>25</sup>	Adult; wild	Antennae, legs and wings removed, then fried
<i>R. phoenicis</i> ; Cameroon <sup>26</sup>	Larvae; wild	Roasting / boiling / smoking / grilling, then dried and milled in to flour.
Stinkbugs ( <i>Encosternum delegorguei</i> ); Zimbabwe <sup>27</sup>	Adult; wild	Eaten raw or cooked; head removed, washed, fried or toasted and sun-dried.
<i>Eulepida mashona</i> ; Zimbabwe <sup>28</sup>	Adult; wild	Boiling.

**Πίνακας 1:** Παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας και παρασκευής βρώσιμων εντόμων για τροφή σε διάφορα μέρη της Αφρικής. Πηγή:(Mutungi et al., 2017)

Οι κάμπιες *morane* και οι αλεσμένοι γρύλοι που συνηθίζεται να καταναλώνονται στα νότια μέρη της Αφρικής αφού τους αφαιρεθούν τα έντερα στην συνέχεια, πλένονται και βράζονται σε αλμυρό νερό ή ψήνονται και στη συνέχεια αποξηραίνονται στον ήλιο ή καπνίζονται και συσκευάζονται σε σάκους για αποθήκευση ή μεγάλα μεταλλικά δοχεία και πλαστικά δοχεία προς πώληση σε έμπορους και καταναλωτές, αντίστοιχα. Στην Κένυα, οι τερμίτες ,αφού τους αφαιρεθούν τα φτερά, φρυγανίζονται και στη συνέχεια ξηραίνονται στον ήλιο, ενώ στην Ουγκάντα μαγειρεύονται στον ατμό σε φύλλα μπανάνας (Mutungi et al., 2017). Στο Σαχέλ,τη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό,το Σουδάν και στην Ουγκάντα,οί ακρίδες τηγανίζονται αφού τους αφαιρεθούν οι κεραίες, τα πόδια και τα φτερά. Σε ορισμένα μέρη του Σουδάν αφαιρείται το κεφάλι και η κοιλιά έτσι ώστε να τρώγεται μόνο ο θώρακας. Στην Ωκεανία της Αυστραλίας, οι ιθαγενείς έχουν ως συνήθεια να καταναλώνουν ψητές προνύμφες σκόρων, το άρωμα των οποίων δεν διαφέρει πολύ από αυτό των αμύγδαλων (Raheem et al., 2018). Τα θηλυκά σκαθάρια *Huhu* τοποθετούν 250–300 αυγά

σε κορμούς εξωτικών δέντρων που βρίσκονται σε αποσύνθεση, όπως είναι το πεύκος *Pinus radiata*. Τα αυγά εκκολάπτονται σε προνύμφες που γεννιούνται μέσα στο ξύλο, καταναλώνοντας το ξύλινο υλικό (Kavle et al., 2022). Οι ιθαγενείς Μαορί της Νέας Ζηλανδίας καταναλώνουν τις προνύμφες *Huhu* ωμές ή τηγανητές και η παραδοσιακή συγκομιδή αυτών γίνεται με το σπάσιμο των κορμών των δέντρων που βρίσκονται σε αποσύνθεση (Kavle et al., 2022). Στη Μποτσουάνα, οι λαοί *San* (ή *Bushmen*) της κεντρικής Καλαχάρι συγκομίζουν μια ποικιλία από έντομα (ακρίδες, γερακοσκόρος, (*Herse Connovuli*), σκαθάρι (*Sternocera Orissa*), τερμίτες θεριστές, (*Hodo termes mossambicus*) τα οποία παρασκευάζουν ψήνοντας τα σε καυτή στάχτη ή άμμο αφού τους αφαιρέσουν τα κεφάλια, τα φτερά και τα εσωτερικά τους όργανα (Mutungi et al., 2017). Στη Ζιμπάμπουε και στα βόρεια μέρη της Νότιας Αφρικής, οι βρομούσες (*Encosternum delegorguei*) τρώγονται είτε ωμές είτε μαγειρεμένες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα κεφάλια αφαιρούνται και μερικές φορές τα τηγανισμένα έντομα ξηραίνονται στον ήλιο για περαιτέρω αποθήκευση (Mutungi et al., 2017).

Άρα, οι βασικές διεργασίες για την επεξεργασία των εντόμων που προορίζονται για ανθρώπινη διατροφή στην Αφρική περιλαμβάνουν καθαρισμό που ακολουθείται από ξηρές ή υγρές θερμικές κατεργασίες, και αυτές μπορεί να συνοδεύονται από ξήρανση και άλεση πριν από τη συσκευασία και την αποθήκευση (Mutungi et al., 2017). Πιο συγκεκριμένα οι βασικές διεργασίες περιλαμβάνουν τον καθαρισμό (κοσκίνισμα ή πλύσιμο πολλές φορές σε κρύο ή ζεστό νερό), τη θερμική επεξεργασία (ζεμάτισμα, βράσιμο ή ψήσιμο), την ξήρανση (ξηήρανση στον ήλιο ή στον φούρνο) και στη συνέχεια τεμαχισμό ή άλεση. Όσον αφορά την αποθήκευση, έχουν διερευνηθεί αρκετές μέθοδοι συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα για την αύξηση της διάρκειας ζωής αυτών των προϊόντων (Mutungi et al., 2017).

### **2.2.1 Ζεμάτισμα**

Το ζεμάτισμα είναι μια διαδικασία κατά την οποία ένα τρώσιμο τοποθετείται σε βραστό νερό για σύντομο χρονικό διάστημα, αφαιρείται και στη συνέχεια βυθίζεται σε παγωμένο νερό ή τοποθετείται κάτω από κρύο τρεχούμενο νερό για να σταματήσει η θερμική διαδικασία. Χρησιμοποιείται ως προεπεξεργασία για τα περισσότερα βρώσιμα έντομα που διατίθενται στο εμπόριο, για τη μείωση του αριθμού των μικροβίων και για την αδρανοποίηση των ενζύμων αποικοδόμησης που ευθύνονται για την αλλοίωση των τροφίμων (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, το ζεμάτισμα μειώνει σημαντικά τους συνολικούς αριθμούς των μεσόφιλων βακτηρίων των ζυμών και των μυκήτων. Ωστόσο, δεν μπορεί να εξαλείψει ή ακόμη και να μειώσει τα σπόρια των μεσόφιλων βακτηρίων. Το ζεμάτισμα μειώνει τον αριθμό των βακτηρίων γαλακτικού οξέος και των ψυχρότροφων βακτηρίων. Μετά το ζεμάτισμα παρατηρείται μια ελαφρά αύξηση της υγρασίας.

Στον κίτρινο αλευροσκώληκα, παρατηρήθηκε αύξηση της υγρασίας από 62,81% σε 70,44% μετά από 40 δευτερόλεπτα, αλλά η ενεργότητα του νερού (διαθέσιμο νερό) παρέμεινε σταθερή (0,96). Αυτή η επίδραση θα μπορούσε να οφείλεται στην απορρόφηση και την παγίδευση του νερού μέσα στην προνύμφη του κίτρινου αλευροσκώληκα κάτω από τον χιτινώδη εξωσκελετό. Ωστόσο, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη χημική σύνθεση μεταξύ νωπών και των ζεματισμένων προνυμφών (ξηρή μάζα). Οι αλλαγές στη χημική σύνθεση συμβαίνουν σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, κυρίως λόγω της έκπλυσης διαλυτών θρεπτικών ουσιών που μπορεί να επηρεάσουν την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Insect species	Blanching treatment	Main findings	Reference
<i>Alphitobius diaperinus</i> (beetle)	Submerged in bath with water at 90 °C until water temperature reaches 88 °C (5 min).	Reduction in total microbial count of 4.0 log cfu/g but aerobic endospores persisted. No typical pathogens were identified. Some mold producers of mycotoxins found.	Wynants et al., 2018
<i>Ruspolia differens</i> (grasshopper)	Submerged in boiling water for 5 min, drained, and allowed to cool.	Not indicated.	Fombong et al., 2017
<i>Tenebrio molitor</i> L. (mealworm larvae)	Submerged for 10 min in boiling water in a 1/12 (w/w) larvae-water ratio.	Slight increase in water content but no significant changes in composition of macronutrients.	Purchke et al., 2017
<i>Tenebrio molitor</i> L. (live larvae)	Submerged for 1 min in boiling water or sterilized in cans with brine solution (5% NaCl) for 16 min at 120 °C.	Reduction in TVC (with boiling 4 log cfu/g) and sterilization (5 log cfu/g); No yeast or mold observed with either treatment.	Caparros Megido et al., 2017
<i>Archea domesticus</i> (house cricket)	Submerged in boiling water for 4 min or sterilized in cans with brine solution (NaCl 5%) for 16 min at 120 °C.	Reduction in TVC with boiling (4 log cfu/g) and sterilization (5 log cfu/g); No yeast or mold observed with either treatment.	Caparros Megido et al., 2017
<i>Macrotermes</i> spp. (smoked termites)	Submerged in boiling water for 1 min.	Reduction in TVC (3 log cfu/g) with boiling. No yeast or mold observed with either treatment.	Caparros Megido et al., 2017
<i>Cirina gorda</i> (mickwater caterpillar)	Submerged in boiling water for 5 min.	Reduction in TVC (3 log cfu/g). No yeast or mold observed with either treatment.	Caparros Megido et al., 2017
<i>Tenebrio molitor</i> L. (mealworm)	Submerged in boiling water for 3 min in a 1/10 (w/w) larvae-water ratio. Drained for 2 min, and excess water removed with absorbent paper.	Increase in water content. No significant changes in composition of macronutrients. Decrease in luminosity color factor. No microbiological data.	Azzollini et al., 2016
<i>Tenebrio molitor</i> (mealworm larvae)	a) Submerged in boiled water: - 1 min - 10 min - 5 min followed by oven-drying at 55 °C, 24 hr - 1 min in acid water (pH 4.0) b) Roasting for 10 min whole and crushed.	No significant differences in TVC, Ent, or BS were found with different boiling treatments. With roasting, more Ent were detected both in whole and crushed forms.	Klunder et al., 2012
<i>Archeta domesticus</i> (cricket)	a) Submerged in boiling water for 5 min. b) Stir-frying for 5 min.	Better TVC results were found by submerging in boiling water; No differences in Ent and BS.	Klunder et al., 2012
<i>Brachytrupus</i> sp. (large cricket)	Submerged in boiling water for 5 or 10 min.	No differences were found in TVC, Ent, or BS.	Klunder et al., 2012
<i>Tenebrio molitor</i> L. (mealworm larvae)	Submerged in boiling water in a 1/10 larvae/water ratio (w/v) for 10, 20, or 40 s, followed by chilling in an ice bath for 30 s.	TVC was reduced by between 5 to 6 log cfu/g, Enterobacteriaceae, BAL, and yeasts and molds almost disappeared. BS were maintained. Longer treatments were more effective.	Vandeweyer et al., 2017
<i>Archeta domesticus</i> L. (house crickets)	Submerged in boiling water (98 °C) for 5 min.	Not determined.	Kamau et al., 2018
<i>Hermetia ilucens</i> L. (Black soldier fly)	Submerged in boiling water (98 °C) for 5 min.	Not determined.	Kamau et al., 2018

Where TVC, total viable count; Ent, Enterobacteriaceae; BS, bacterial spores; and LAB, Lactic acid bacteria.

**Πίνακας 2.** Μέθοδοι ζεματίσματος που συνήθως εφαρμόζονται σε βρώσιμα έντομα. Πηγή: (Melgar-Lalanne et al., 2019)

### 2.2.2 Ξήρανση

Η ξήρανση είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία για την αύξηση της διάρκειας ζωής των τροφίμων. Οι τεχνικές ξήρανσης κυμαίνονται από παραδοσιακές μεθόδους (για παράδειγμα, ψήσιμο, τηγάνισμα και ξήρανση στον ήλιο) έως σύγχρονες μεθόδους (για παράδειγμα, ξήρανση με κατάψυξη, ξήρανση με μικροκύματα κλπ), όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.

Η ξήρανση μπορεί να μειώσει τη συνολική περιεκτικότητα του νερού και, ως εκ τούτου, τη διαθεσιμότητά του για αντιδράσεις αποικοδόμησης, συμπεριλαμβανομένων των ενζυμικών αντιδράσεων και των αντιδράσεων που ξεκινούν από αλλοιογόνους μικροοργανισμούς. Η μικροβιακή ανάπτυξη εξαρτάται άμεσα από την ενεργότητα νερού ( $a_w$ ). Η συντριπτική πλειοψηφία των μικροοργανισμών σταματά να αναπτύσσεται σε  $a_w < 0,65$ . Όταν η  $a_w$  είναι χαμηλή, οι μικροοργανισμοί εμφανίζουν βραδεία ανάπτυξη αλλά όταν οι συνθήκες γίνουν κατάλληλες, μπορούν να αρχίσουν να αναπτύσσονται ξανά. Η μείωση του ελεύθερου νερού αυξάνει σημαντικά τη συγκέντρωση της ξηρής ύλης χωρίς να βλάπτει τους ιστούς ή τη φυσική εμφάνιση των τροφίμων και είναι ένα σημαντικό βήμα για την εκχύλιση των συστατικών. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι επεξεργασίας για την ξήρανση ολόκληρων των βρώσιμων εντόμων είναι η ξήρανση στον ήλιο, η ξήρανση με κατάψυξη και η ξήρανση σε φούρνο, ενώ οι τεχνικές της λυοφιλοποίησης, της ξήρανσης σε φούρνο και οι μη συμβατικές τεχνικές ξήρανσης χρησιμοποιούνται κυρίως για τη παραγωγή αλεύρων και σκόνης εντόμων (Melgar-Lalanne et al., 2019). Ωστόσο, ανεξάρτητα από τις εφαρμοζόμενες επεξεργασίες ζεματίσματος και ξήρανσης των εντόμων, θα πρέπει να ξαναθερμανθούν πριν από την κατανάλωση για να εξαλειφθούν οι μικροοργανισμοί που απομένουν. Το βράσιμο των αποξηραμένων εντόμων για 30 λεπτά έχει βρεθεί ότι μπορεί να εξαλείψει τον πληθυσμό των συνολικών βακτηρίων, των εντεροβακτηριδίων, των σταφυλόκοκκων, των βακίλων, των ζυμομυκήτων και των μυκήτων (Melgar-Lalanne et al., 2019). Η πιο παραδοσιακή μέθοδος ξήρανσης είναι η ξήρανση στον ήλιο, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε οικογενειακό επίπεδο και οδηγεί στην παραγωγή ελαφρύτερων προϊόντων κατά την μεταφορά. Η μέθοδος αυτή αποτρέπει ως έναν βαθμό την μικροβιακή μόλυνση και μειώνει ορισμένες επιβλαβείς ενώσεις, όπως είναι οι νευροτοξίνες. Ωστόσο, ο κύριος περιορισμός αυτής της μεθόδου είναι οι κακές συνθήκες υγιεινής της διαδικασίας αλλά και του τελικού προϊόντος. Λαμβάνοντας υπόψη τις περιορισμένες-κακές πρακτικές υγιεινής που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, τα αποξηραμένα έντομα θα μπορούσαν να μολυνθούν μέσω της επαφής με το έδαφος και τον αέρα. Επειδή αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται σε οικογενειακό επίπεδο και δεν υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός



δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε υγρασία και της ενεργότητας του νερού.

Edible insect	Common name	Drying method	Conditions used	Reference
<i>Ruspolia nitidula</i>	Grasshopper	Air convection dryer.	80 °C/10 hr until moisture of 5% is reached.	Ssepuyua et al., 2017
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	Palm weevil	Solar drying Oven-drying Smoke-drying	5 days 50 °C/48 hr Exposure to smoke heat for 6 hr.	Tiencheu et al., 2013
<i>Sternocera orissa</i>	Giant jewel beetle	Oven-drying Freeze-drying Frying pan	66 °C/24 hr -55 °C/24 hr/085 mtorr 130-cm diameter, 50-mL tap water Fried without cooking oil	Shadung, Mphosi, & Mashela, 2012
<i>Imbrasia epimethea</i>	African moth	Oven-drying Solar drying	8 hr/80 °C 3 days	Lautenschläger et al., 2017
<i>Macrotermes subhylanus</i>	Winged termite	Solar drying	Approximately 30 °C RH 40% Time not indicated	Kinyuru et al., 2015
<i>Polyrhachis vicina Roger</i>	Black ant	Solar drying	(20-35 °C until dried, between 2 and 5 days)	Li et al., 2009
<i>Ruspolia differens</i>	Longhorn grasshopper	Freeze-drying	Phase (1) -50 °C/0.40 bars /48 hr Phase (2) -55 °C/0.021 bars /48 hr	Fombong et al., 2017
<i>T. molitor</i>	Yellow mealworm	Oven-drying Microwave-assisted drying	60 °C/24 hr 8, 10, 13, 16, 20 min 2 kw	Vandeweyer et al., 2017
<i>T. molitor</i>		Oven-drying	Conventional hot air drying 60 °C/24 hr 80 °C/7 hr	Purschke et al., 2018a
		Freeze-drying Fluidized bed drying	0.2 mbars/48 hr Bed temperature: 60 °C Air outlet temperature: 55 °C Differential pressure bed: 15 bar Differential pressure filter: -1.3 bar Air flow: 500 m <sup>3</sup> /hr	
		Oven-drying with air circulation	45 °C/48 hr	Viera-Alves, Sanjinez-Argandoña, Linzmeier, Cardoso, & Macedo, 2016
<i>Cirina forda</i> Westwood	Moth	Freeze-drying Freeze-drying Oven-drying	Not indicated Not indicated 40 °C / 24 hr after boiling 2 hr	Buβler et al., 2016 Wynants et al., 2018 Omotoso, 2006
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> F.	Palm weevil	Oven-drying	60 °C to constant weight	Idolo, 2010
<i>Clanis bilineata</i>	Dou-Dan	Ultrasound-assisted aqueous extraction (UAAE)	BILON-65OCT multi-purpose constant-temperature ultrasonic extraction system equipped with one powerful ultrasonic transducer (20 kHz, 650 W)	Sun et al., 2018

**Πίνακας 3:** Μέθοδοι ξήρανσης που χρησιμοποιούνται για βρώσιμα έντομα.

Πηγή:(Melgar-Lalanne et al., 2019)

Το κάπνισμα είναι μια άλλη μέθοδος επεξεργασίας κατά την οποία το ακατέργαστο προϊόν εκτίθεται στον καπνό που παράγεται από την πυρόλυση του ξύλου. Για τα έντομα, το κάπνισμα γίνεται σε ξηρό περιβάλλον και ταυτόχρονα με την ξήρανση γίνεται και μια διαδικασία ωρίμανσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η συνδυασμένη δράση των ενζύμων και της θερμότητας προάγει τις αλλαγές των πρωτεϊνών και των λιπιδίων (Melgar-Lalanne et al., 2019). Η λυοφιλίωση είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική για την εργαστηριακή ανάλυση των θρεπτικών χαρακτηριστικών των εντόμων. Δεδομένης της χαμηλής θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται και της προκύπτουσας εξάχνωσης

του νερού, η μικροβιολογική και οξειδωτική υποβάθμιση είναι περιορισμένη, με αποτέλεσμα ένα τελικό προϊόν υψηλής ποιότητας με εξαιρετική θρεπτική αξία και μεγάλη διάρκεια ζωής, ιδανικό για την ερευνητική χρήση, όχι όμως για βιομηχανική χρήση λόγω του υψηλού κόστους. Ωστόσο, στα προϊόντα που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, θα μπορούσε να προωθηθεί η οξείδωση των λιπιδίων, όπως φαίνεται στον κίτρινο αλευροσκόληκα με συνακόλουθη μείωση της διαλυτότητας των πρωτεϊνών. Τα λυοφιλοποιημένα έντομα συνήθως πωλούνται στην Ευρώπη. Τα προϊόντα που έχουν ξηρανθεί στον φούρνο είναι συγκρίσιμα με τα λυοφιλοποιημένα, αλλά έχουν χαμηλότερο κόστος ενέργειας, μειωμένη οξείδωση λιπιδίων και υψηλή διαλυτότητα πρωτεϊνών. Η ξήρανση των εντόμων με μικροκύματα είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της ενεργότητας του νερού μετά από 16 λεπτά ( $a_w < 0,30$ ), οδηγώντας σε σημαντική μείωση του μικροβιολογικού πληθυσμού. Η καταλληλότητα της ξήρανσης με μικροκύματα έχει δοκιμαστεί στις προνύμφες του κίτρινου αλευροσκόληκα και είχε ως αποτέλεσμα τελικά προϊόντα με  $a_w$  κάτω από 0,6. Οι νωπές και ζεματισμένες προνύμφες που ξηράνθηκαν εμφάνισαν μικρές αλλαγές στην περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνη, λίπος και τέφρα. Επιπλέον, ο δείκτης αμαύρωσης παρέμεινε σταθερός κατά τη διάρκεια 4 μηνών αποθήκευσης και η μόνη σημαντική απώλεια σε σχέση με την λυοφιλίωση ήταν η βιταμίνη B12. Ωστόσο, πρέπει να διεξαχθούν περισσότερες μελέτες σχετικά με τον τρόπο διατήρησης της οργανοληπτικής ποιότητας των εντόμων όταν χρησιμοποιείται ξήρανση σε μικροκύματα (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Τα κύρια είδη εντόμων που θα εξεταστούν λεπτομερώς ως προς την παραγωγή αλλά και την ασφάλεια τους είναι: 1) Ολόκληρη θερμικά αποξηραμένη προνύμφη κίτρινου αλευροσκούληκα (*Tenebrio molitor*) ένα είδος εντόμου που ανήκει στην οικογένεια των *Tenebrionidae* (Σκούρα σκαθάρια) 2) κατεψυγμένα και αποξηραμένα σκευάσματα από μεταναστευτικές ακρίδες (*Locusta migratoria*) 3) κατεψυγμένα και αποξηραμένα σκευάσματα από ολόκληρο οικιακό γρύλο (*Acheta domesticus*) 4) μερικώς απολιπασμένη σκόνη οικιακού γρύλου (*Acheta domesticus*) 5) Κατεψυγμένα και αποξηραμένα σκευάσματα από ολόκληρο κίτρινο αλευροσκόληκα (προνύμφη *Tenebrio molitor*). Όλα τα έντομα εκτρέφονται σε πιστοποιημένες εγκαταστάσεις παραγωγής.

### **2.3 Ολόκληρες, αποξηραμένες προνύμφες κίτρινου αλευροσκόληκα και σκόνη ολόκληρων, αποξηραμένων και αλεσμένων προνυμφών.**

Αυτό το είδος έχει τέσσερα στάδια ανάπτυξης (αυγό, προνύμφη, νύμφη και ενήλικη μορφή) και συνήθως καταναλώνεται υπό την μορφή ολόκληρης αποξηραμένης προνύμφης ή ως συστατικό τροφίμων, στις περισσότερες περιπτώσεις υπό την μορφή σκόνης (Moura et

al., 2022). Η παραγωγική διαδικασία των εντόμων μπορεί να χωριστεί σε τρία κύρια μέρη, δηλαδή την εκτροφή, τη συγκομιδή και τη μετασυλλεκτική επεξεργασία (Turck et al., 2021). Η εκτροφή περιλαμβάνει το ζευγάρι του πληθυσμού των ενήλικων εντόμων και την εκτροφή των προνυμφών. Τα αυγά διαχωρίζονται από τα ενήλικα έντομα με κοσκίνισμα, έτσι ώστε οι προνύμφες να μπορούν στην συνέχεια να αναπτυχθούν χωριστά. Μετά την εκκόλαψη από τα αυγά, οι ανοιχτοκίτρινες-καφέ προνύμφες του κίτρινου αλευροσκώληκα αναπτύσσονται σε δοχεία κατασκευασμένα από πιστοποιημένο πλαστικό σκληρού τύπου (τα οποία απολυμαίνονται συστηματικά) κατάλληλο για επαφή με τα τρόφιμα (πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας). Έχει αναφερθεί κατάποση πλαστικών υλικών μαλακού τύπου από τις προνύμφες της οικογένειας *Tenebrionidae* (Turck et al., 2021). Ωστόσο τα δοχεία αναπαραγωγής που χρησιμοποιούνται είναι, κατασκευασμένα από σκληρό πλαστικό, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα κατάποσης πλαστικού (Turck et al., 2021). Για την εκτροφή των προνυμφών δεν χρησιμοποιούνται αντιμικροβιακές ουσίες ή κτηνιατρικά φαρμακευτικά προϊόντα. Οι ζωοτροφές που χρησιμοποιούνται είναι φυτικής προέλευσης και αποτελούνται από υλικά όπως είναι τα λαχανικά και το αλεύρι δημητριακών (αλεύρι σίτου) ή πίτουρο. Το νερό παρέχεται στις προνύμφες μέσω ορισμένων συστατικών της τροφής (π.χ. λαχανικά) και η υγρασία του αέρα ελέγχεται με τη χρήση κατάλληλων συστημάτων αερισμού (Turck et al., 2021). Για την συγκομιδή των προνυμφών (~11 εβδομάδων), χρησιμοποιείται μηχανικό κοσκίνισμα, διαχωρίζοντάς τες από το υπόστρωμα, το έκδυμα (*exuviae*) και τα περιττώματα. Οι προνύμφες του κίτρινου αλευροσκώληκα που βρίσκονται σε σήψη, και έχουν πιο σκούρο χρώμα σε σύγκριση με τις ζωντανές προνύμφες, αφαιρούνται μετά από οπτική επιθεώρηση. Μετά τη συγκομιδή, εφαρμόζεται ένα ελάχιστο στάδιο νηστείας 24 ωρών, για να επιτραπεί στις προνύμφες να απορρίψουν το περιεχόμενο του εντέρου τους. Η μετασυλλεκτική επεξεργασία περιλαμβάνει έκπλυση των προνυμφών με νερό, θανάτωση τους με ζεμάτισμα (βύθιση για 1–5 λεπτά σε βραστό νερό), αποστράγγιση, αφυδάτωση, συσκευασία και αποθήκευση. Η θανάτωση των προνυμφών με βρασμό συμβάλλει στη μείωση του μικροβιακού φορτίου τους καθώς και στην εξάλειψη των δυνητικά υπαρχόντων ιών και παρασίτων. Επιπλέον, αυτό το βήμα μειώνει τη δραστηριότητα των ενζύμων (π.χ. τυροσινάση/φαινολοοξειδάση) που μπορεί να προκαλέσουν ενζυματικό καφέ χρώμα στις προνύμφες. Η αφυδάτωση των προνυμφών πραγματοποιείται σε αεριζόμενο φούρνο στους 78°C (η διάρκεια μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τον όγκο των εντόμων που πρόκειται να ξηραθούν) με αποτέλεσμα ένα τελικό προϊόν με  $aw < 0,6$ . Η σκόνη λαμβάνεται μέσω μηχανικής άλεσης ολόκληρων, αποξηραμένων προνυμφών. Η διαδικασία της άλεσης

μπορεί να απελευθερώσει από το έντερο της προνύμφης τυχόν εναπομείναν μικροχλωρίδα, και ενδεχομένως να επηρεάσει περαιτέρω τη μικροβιακή κατάσταση της σκόνης της προνύμφης. Το προϊόν αποθηκεύεται σε ερμητικά κλειστή συσκευασία σε θερμοκρασία δωματίου. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή δύο σκευάσματος, δηλαδή ολόκληρες, αποξηραμένες προνύμφες κίτρινου αλευροσκώληκα και σκόνη ολόκληρων, αποξηραμένων και αλεσμένων προνυμφών (Turck et al., 2021).

Ο κίτρινος αλευροσκώληκας (*T.molitor*) είναι ένα από τα πιο μελετημένα βρώσιμα έντομα. Αυτό το είδος εκτρέφεται ευρέως για ανθρώπινη κατανάλωση, και είναι το πρώτο νέο τρόφιμο που θεωρείται ασφαλές από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), σύμφωνα με τον Κανονισμό 2015/2283 (EFSA 2021). Η διάθεση στην αγορά των προνυμφών *T. molitor* ως τρόφιμο εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) το 2021 (Moura et al., 2022).

#### **2.4 Καταψυγμένα και αποξηραμένα σκευάσματα μεταναστευτικής ακρίδας και οικιακού γρύλου (*L.migratoria* και *A. Domesticus*).**

Η παραγωγική διαδικασία της μεταναστευτικής ακρίδας και του οικιακού γρύλου μπορεί να χωριστεί σε τρεις φάσεις, την εκτροφή, την συλλογή και την μετασυλλεκτική επεξεργασία. Όλα τα βήματα πραγματοποιούνται υπό ελεγχόμενες συνθήκες σε ένα κλειστό σύστημα εκτροφής (closed farming system). Η εκτροφή περιλαμβάνει το ζευγάρι του πληθυσμού των ενήλικων εντόμων και την εκτροφή των νυμφών. Τα αυγά διαχωρίζονται από τα ενήλικα έντομα, έτσι ώστε οι νύμφες να μπορούν να αναπτυχθούν χωριστά. Μετά την εκκόλαψη από τα αυγά, οι νύμφες της μεταναστευτικής ακρίδας αναπτύσσονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, σε δοχεία κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα, κατάλληλα για επαφή με τα τρόφιμα. Τα δοχεία απολυμαίνονται τακτικά. Καθόλην την διαδικασία της παραγωγής δεν χρησιμοποιούνται αντιμικροβιακές ουσίες, κτηνιατρικά φαρμακευτικά προϊόντα ή διαλύτες (Turck et al., 2021).

Στην περίπτωση του οικιακού γρύλου χρησιμοποιούνται τακτικά απολυμασμένα δοχεία κατασκευασμένα από πιστοποιημένο πολυπροπυλένιο κατάλληλο για επαφή με τρόφιμα. Τα πλαστικά συστατικά δεν καταναλώνονται από τα έντομα. Επίσης και σε αυτήν την περίπτωση καθόλην την διαδικασία παραγωγής δεν χρησιμοποιούνται φυτοφάρμακα, αντιμικροβιακά, αντιπαρασιτικά μέσα ή διαλύτες. Οι ζωοτροφές που χρησιμοποιούνται για την εκτροφή των εντόμων είναι φυτικής προέλευσης και συμμορφώνονται με την Οδηγία 2002/32/EC<sup>2</sup> και παράγονται σύμφωνα με τους κανόνες Ορθής Βιομηχανικής Πρακτι-

κής (GMP). Ως τροφή χρησιμοποιούνται ζωοτροφές κοτόπουλων και λαχανικά του εμπορίου.

Υπάρχουν δύο φαινότυποι του *L.migratoria*, ο μοναχικός(solitary) και ο κοινωνικός(gregarious). Τα ενήλικα έντομα εκτρέφονται και συλλέγονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες κατά τη διάρκεια της μοναχικής φάσης. Τα ενήλικα έντομα συλλέγονται (σε ηλικία 3-5 εβδομάδων για *L.migratoria* και 4-5 για το *A.Domesticus*) αφού διαχωριστούν από το υπόστρωμα και τα κόπρανα. Τα σάπια έντομα αναγνωρίζονται με οπτική επιθεώρηση και απομακρύνονται από τις παρτίδες εκτροφής. Μετά τη συλλογή εφαρμόζεται ένα βήμα νηστείας τουλάχιστον 24 ωρών για να επιτραπεί στα ενήλικα έντομα να απορρίψουν το περιεχόμενο του εντέρου τους (Turck et al., 2021). Η μετασυλλεκτική επεξεργασία περιλαμβάνει τη θανάτωση των ενηλίκων με κατάψυξη και την αποθήκευσή τους στους  $-18^{\circ}\text{C}$ . Από την επεξεργασία των εντόμων προκύπτουν τρία σκευάσματα:1) Η ζεματισμένη και κατεψυγμένη μεταναστευτική ακρίδα ή οποία λαμβάνεται μετά από την αφαίρεση των ποδιών και των φτερών, ξέπλυμα με νερό, ζεμάτισμα σε ζεστό νερό ( $> 90^{\circ}\text{C}$  για τουλάχιστον 10 λεπτά) και κατάψυξη,2) Η ζεματισμένη και λυοφιλοποιημένη μεταναστευτική ακρίδα λαμβάνεται μετά την αφαίρεση των ποδιών και των φτερών, ξέπλυμα με νερό, ζεμάτισμα σε ζεστό νερό ( $> 90^{\circ}\text{C}$  για τουλάχιστον 10 λεπτά) και λυοφιλοποίηση,3) Η ζεματισμένη, λυοφιλοποιημένη και αλεσμένη μεταναστευτική ακρίδα(σκόνη) λαμβάνεται μετά από ξέπλυμα σε νερό, ζεμάτισμα σε ζεστό νερό ( $> 90^{\circ}\text{C}$  για τουλάχιστον 10 λεπτά), λυοφιλοποίηση και άλεση (συμπεριλαμβανομένων των ποδιών και των φτερών) (Turck et al., 2021). Η θερμική επεξεργασία των προϊόντων συμβάλλει στη μείωση του μικροβιακού φορτίου στην εξάλειψη πιθανών ιών, παρασίτων, καθώς και την μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας. Η αφυδάτωση των εντόμων γίνεται σε ψυκτικό ξηραντήρα, με αποτέλεσμα ένα τελικό προϊόν με υγρασία  $< 5\%$ . Τα μέρη του σώματος (πόδια και φτερά) αφαιρούνται για να μειωθεί ο κίνδυνος εντερικής δυσκοιλιότητας που θα μπορούσε να προκληθεί από την κατάποση των μεγάλων αγκάθων στην κνήμη του εντόμου. Τα αγκάθια στο *A. domesticus* είναι μικρότερα απ' ό,τι στην *L. migratoria*, και ο κίνδυνος πρόκλησης εντερικής δυσκοιλιότητας αναμένεται να είναι χαμηλότερος και μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με την αφαίρεση ποδιών και των φτερών. Η σκόνη λαμβάνεται μέσω μηχανικής άλεσης του εντόμου (με πόδια και φτερά) και κοσκίνισμα για την μείωση του μεγέθους των σωματιδίων κάτω από 1 mm. Τα σκευάσματα του νέου τροφίμου συσκευάζονται σε ερμητικά κλειστή συσκευασία και αποθηκεύονται στους  $-18^{\circ}\text{C}$  (κατεψυγμένη μορφή) ή σε θερμοκρασία δωματίου (αποξηραμένα, και σε μορφή σκόνης) (Turck et al., 2021).

## **2.5 Μερικώς απολιπασμένη σκόνη του Οικιακού γρύλου (*A.Domesticus*).**

Στην περίπτωση της μερικώς απολιπασμένης σκόνης του οικιακού γρύλου η διαδικασία είναι ακριβώς ίδια με αυτή που περιγράφηκε προηγουμένως. Η ζωοτροφή που χρησιμοποιείται σε αυτήν την περίπτωση είναι φυτικής προέλευσης που συμμορφώνεται με την οδηγία 2002/32/ΕΚ. Ωστόσο αναφέρεται η παρουσία γενετικά τροποποιημένου (GMO) αλεύρου καλαμποκιού στο μείγμα των ζωοτροφών και η εταιρία παραγωγής δεσμεύεται να ενημερώσει τους καταναλωτές σχετικά με την παρουσία συστατικού GMO στις ζωοτροφές, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1830/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Σεπτεμβρίου 2003 σχετικά με την ιχνηλασιμότητα και την επισήμανση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και την ιχνηλασιμότητα των τροφίμων και των προϊόντων ζωοτροφών που παράγονται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Η εκτροφή γίνεται σε πολλαπλές μονάδες παραγωγής που λειτουργούν υπό τους ίδιους όρους. Δεν χρησιμοποιούνται φυτοφάρμακα, αντιβιοτικά ή διαλύτες σε όλη τη διαδικασία παραγωγής καθώς και ούτε αυξητικές ορμόνες κατά τη διάρκεια της εκτροφής. Έχει αναφερθεί ότι τα μέρη της μανιόκας (φύλλα, κορμός και κλαδιά) μπορεί να περιλαμβάνονται στη ζωοτροφή (Turck et al., 2022). Τα σάπια έντομα απομακρύνονται μετά από οπτική επιθεώρηση καθ' όλη τη διάρκεια της εκτροφής. Τα ενήλικα έντομα συλλέγονται (ηλικίας 5-7 εβδομάδων) αφού διαχωριστούν από το υπόστρωμα και τα κόπρανα. Τα ενήλικα έντομα του οικιακού γρύλου μεταφέρονται ζωντανά σε θερμοκρασία < 25°C στην εγκατάσταση επεξεργασίας (σε απόσταση 20 km). Στη συνέχεια, εφαρμόζεται ένα βήμα νηστείας 24 ωρών για να επιτρέψει στα έντομα να απορρίψουν το περιεχόμενο του εντέρου τους, ακολουθούμενο από κατάψυξη στους -18°C για τη θανάτωση των εντόμων. Η διαδικασία μετά τη συγκομιδή περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια πλυσίματος σε τρεχούμενο και αλατισμένο νερό (0,5% χλωριούχο νάτριο) για την απομάκρυνση των ξένων σωμάτων, ζεμάτισμα σε ζεστό νερό (100°C για τουλάχιστον 3 λεπτά), αφυδάτωση σε θάλαμο κυκλοφορίας θερμού αέρα (< 90°C για τουλάχιστον 6 ώρες), εξαγωγή λίπους (μηχανική εξώθηση < 65°C) και άλεση. Τελικά πραγματοποιείται το κοσκίνισμα για να ληφθεί η «μερικώς απολιπασμένη σκόνη γρύλου μεγέθους σωματιδίων < 0,17 mm. Η θερμική επεξεργασία συμβάλλει στη μείωση του μικροβιολογικού φορτίου των εντόμων καθώς και στην εξάλειψη των δυνητικά υπαρχόντων ιών και παρασίτων και στη μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας. Η αφυδάτωση των εντόμων γίνεται σε θαλάμους κυκλοφορίας θερμού αέρα, με αποτέλεσμα ένα τελικό προϊόν με περιεκτικότητα σε υγρασία < 6 g/100 g. Το

προϊόν μετά την επεξεργασία του αποθηκεύεται σε σφραγισμένη συσκευασία κενού σε θερμοκρασία δωματίου (Turek et al., 2022)

## **2.6 Κατεψυγμένα και αποξηραμένα σκευάσματα της προνύμφης *Tenebrio molitor* (κίτρινος αλευροσκώληκας), ενός είδους εντόμου που ανήκει στην οικογένεια των *Tenebrionidae* (σκούρα σκαθάρια).**

Το προϊόν παράγεται από την εκτροφή και την επεξεργασία κίτρινων αλευροσκώληκων. Τα προϊόντα που παράγονται είναι κατεψυγμένα και λυοφιλοποιημένα σκευάσματα κίτρινου αλευροσκώληκα, ολόκληρα ή υπό τη μορφή σκόνης. Τα εκτρεφόμενα κίτρινα αλευροσκώληκα παρόλο που είναι παμφάγα συνήθως τρέφονται με αλεύρι σίτου ή πίτουρο. Η διαδικασία παραγωγής μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια, δηλαδή τη εκτροφή, τη συγκομιδή και τη μετασυλλεκτική επεξεργασία. Τα έντομα παραλαμβάνονται από εξωτερική εγκατάσταση εκτροφής. Η εκτροφή περιλαμβάνει το ζευγάρι του πληθυσμού των ενήλικων εντόμων και την εκτροφή των προνυμφών. Τα αυγά διαχωρίζονται από τα ενήλικα έντομα και εκκολάπτονται χωριστά. Μετά την εκκόλαψη από τα αυγά, οι ανοιχτοκίτρινες-καφέ προνύμφες αναπτύσσονται σε ειδικά δοχεία κατασκευασμένα από πιστοποιημένο πλαστικό σκληρού τύπου που έρχεται σε επαφή με τρόφιμα (πολυπροπυλένιο υψηλής πυκνότητας). Αυτό μειώνει την πιθανότητα κατάποσης πλαστικού από τις προνύμφες (EFSA NDA Panel, 2021). Έχει αναφερθεί κατάποση πλαστικών υλικών μαλακού τύπου από προνύμφες της οικογένειας *Tenebrionidae*. Δεν χρησιμοποιούνται διαλύτες, αντιμικροβιακές ουσίες ή κτηνιατρικά φαρμακευτικά προϊόντα κατά την εκτροφή των προνυμφών. Η ζωοτροφή που χορηγείται στα έντομα είναι φυτικής προέλευσης, και συμμορφώνεται με την Οδηγία 2002/32/EC<sup>4</sup> και παράγεται σύμφωνα με τους κανόνες Ορθής Κατασκευαστικής Πρακτικής (GMP+). Το νερό παρέχεται στις προνύμφες μέσω ορισμένων συστατικών της ζωοτροφής (π.χ. λαχανικά). Κατά την εκτροφή των προνυμφών, τα νεκρά έντομα και τα κόπρανα παρακολουθούνται και απομακρύνονται από την εγκατάσταση. Χρησιμοποιείται μηχανικό κοσκίνισμα για τη συγκομιδή των προνυμφών (~ 7 εβδομάδων), διαχωρίζοντας τις από το υπόστρωμα, το έκδυμα και τα κόπρανα. Οι νεκρές προνύμφες, οι οποίες έχουν πιο σκούρο χρώμα σε σύγκριση με τις ζωντανές προνύμφες, αφαιρούνται μετά από οπτική επιθεώρηση. Μετά τη συγκομιδή, εφαρμόζεται ένα βήμα νηστείας 12–24 ωρών, για να επιτραπεί στις προνύμφες να απορρίψουν το περιεχόμενο του εντέρου τους. Η μετασυλλεκτική επεξεργασία περιλαμβάνει τη θανάτωση των προνυμφών με κατάψυξη, έκπλυση των ακατέργαστων κατεψυγμένων προνυμφών με νερό, ζεμάτισμα (βύθιση σε βραστό νερό με

θερμοκρασία προϊόντος > 90°C για τουλάχιστον 2 λεπτά). Αυτή η θερμική επεξεργασία συμβάλλει στη μείωση του μικροβιακού φορτίου των προνυμφών στην εξάλειψη των δυνητικά υπαρχόντων ιών και παρασίτων καθώς και στην μείωση της δραστηριότητας των ενζύμων (π.χ. τυροσινάση/φαινολοοξειδάση) τα οποία μπορεί να προκαλέσουν καφέ χρώμα στις προνύμφες. Στη συνέχεια, οι ζεματισμένες προνύμφες υφίστανται ταχεία ψύξη (blast chilled) (μείωση της θερμοκρασίας του προϊόντος σε < 10°C σε λιγότερο από 90 λεπτά) και στη συνέχεια αποθηκεύονται στους -18°C (ολόκληρη, ζεματισμένη και κατεψυγμένη προνύμφη *T. molitor*). Για την παραγωγή της ολόκληρης, ζεματισμένης και λυοφιλοποιημένης προνύμφης του *T. molitor* οι κατεψυγμένες προνύμφες υποβάλλονται περαιτέρω σε ξήρανση με κατάψυξη (λυοφιλοποίηση), με σκοπό η περιεκτικότητα σε υγρασία να είναι < 5%. Η σκόνη ολόκληρης, ζεματισμένης και λυοφιλοποιημένης προνύμφης *T. Molitor* λαμβάνεται μέσω μηχανικής άλεσης των λυοφιλοποιημένων προνυμφών. Στην συνέχεια ακολουθεί αποθήκευση των ανωτέρω σε ειδική συσκευασία στους 20 ± 5°C (40-50% σχετική υγρασία) (Turck et al., 2021). Για όλες τις μορφές των καινοτόμωνσκευασμάτων, η προτεινόμενη διάρκεια ζωής είναι 12 μήνες. (Turck et al., 2021).

## 2.7 Αποθήκευση

Σε πολλά μέρη του κόσμου, τα «έτοιμα προς κατανάλωση» έντομα (“ready-to-eat”) πωλούνται χύμα στις τοπικές αγορές μετά από ξήρανση στον ήλιο, ψήσιμο ή τηγάνισμα χωρίς να εφαρμόζονται κατάλληλες συνθήκες υγιεινής κατά τον χειρισμό (Melgar-Lalanne et al., 2019). Όταν τα έντομα δεν έχουν προηγουμένως υποβληθεί σε θερμική επεξεργασία (πχ βράσιμο), ενδέχεται να περιέχουν υψηλό μικροβιολογικό φορτίο και αυξημένο κίνδυνο επαναμόλυνσης ή διασταυρούμενης επιμόλυνσης. Επομένως, είναι απαραίτητο να γίνει σωστή επεξεργασία, συσκευασία και αποθήκευση για να ελαχιστοποιηθούν τα βακτηριακά φορτία. Επειδή το ζεμάτισμα δεν εξαλείφει τα βακτηριακά σπόρια, για την πλήρη αποστείρωση των αλεύρων που προκύπτουν από την άλεση των εντόμων, απαιτείται θερμική επεξεργασία σε θερμοκρασίες μεταξύ 120 και 140 °C για 15 λεπτά.

Γενικά, οι συνθήκες αποθήκευσης εξαρτώνται από το είδος του εντόμου και αν το προϊόν πωλείται ως ολόκληρο και έτοιμο προς κατανάλωση ή σε μορφή σκόνης. Κάθε προϊόν εμφανίζει μια συγκεκριμένη διάρκεια ζωής, που αποτελείται από το άθροισμα των αρχικών μετρήσεων του ακατέργαστου προϊόντος, συν τις τροποποιήσεις που προκύπτουν από την επεξεργασία καθώς και από την δευτερογενή μόλυνση (Melgar-Lalanne et al., 2019). Σε μια μελέτη εξετάστηκε η μικροβιολογική ποιότητα των ακόλουθων μακρο-



χρόνια αποθηκευμένων βρώσιμων εντόμων: κίτρινος αλευροσκώληκας (*Tenebrio molitor*), μικρός αλευροσκώληκας (*Alphitobius diaperinus*), γρύλος αγρού (*Gryllus assimilis*) και μεταναστευτική ακρίδα (*Locusta migratoria*). Όλα τα δείγματα βρέθηκαν να είναι ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση. Η καταλληλότερη επεξεργασία για την μακροχρόνια αποθήκευση αυτών ήταν η θανάτωση με βραστό νερό, η ξήρανση στους 103 °C για 12 ώρες και η επακόλουθη ερμητική συσκευασία (Melgar-Lalanne et al., 2019). Στην περίπτωση των φρέσκων εντόμων, ως μέθοδος αποθήκευσης για τη διατήρηση της μικροβιακής τους ποιότητας συνιστάται η κατάψυξη (-20 °C) αντί για την ψύξη (5 έως 7 °C). Για τα αποξηραμένα και κονιοποιημένα βρώσιμα έντομα, η ψύξη είναι η καλύτερη μέθοδος για την αποφυγή της οξειδωτικής και μικροβιολογικής υποβάθμισης. Παρόμοια αποτελέσματα λήφθηκαν για τους γρύλους αγρού (*Gryllus bimaculatus*) και τους υπερσκώληκες (*Zofobas atratus*) (Melgar-Lalanne et al., 2019). Όταν η συντήρηση στην ψύξη συνδυάζεται με κενό ή με τροποποιημένες ατμόσφαιρες, η διάρκεια ζωής των προϊόντων αυξάνεται σημαντικά. Η αποθήκευση υπό κενό και στο σκοτάδι μπορεί να βελτιώσει τη διάρκεια ζωής των βρώσιμων εντόμων (ολόκληρα) ακόμα και όταν αποθηκεύονται σε θερμοκρασία δωματίου. Η συσκευασία κενού βελτιώνει τη μικροβιολογική ποιότητα του προϊόντος, ενώ το σκοτάδι αποτρέπει την οξείδωση των λιπιδίων. Για παράδειγμα, ολόκληρη η ακρίδα του είδους *Ruspolia nitidula*, όταν τηγανίστηκε στο τηγάνι και αποξηράνθηκε, διατήρησε την ποιότητα της (οργανοληπτική και μικροβιολογική) για 12 εβδομάδες. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στους συνολικούς μικροβιακούς πληθυσμούς όταν εφαρμόστηκε κενό (μειωμένη πίεση). Επιπλέον, η αποθήκευση υπό κενό μπορεί να διατηρήσει τις μικροβιακές (συνολικός αριθμός μικροοργανισμών), τις οργανοληπτικές (συνολική αποδοχή) και τις χημικές ιδιότητες (τιμές οξέος, τιμή υπεροξειδίου και τιμές θειοβαρβιτουρικού οξέος) του έτοιμου προς κατανάλωση είδους *R. nitidula* για 22 εβδομάδες, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία (Melgar-Lalanne et al., 2019). Μια τροποποιημένη ατμόσφαιρα αποτελούμενη από 60% CO<sub>2</sub> και 40% N<sub>2</sub> χρησιμοποιήθηκε για την αποθήκευση προϊόντων που μοιάζουν με κιμά από προνύμφες του κίτρινου αλευροσκώληκα και του *Alphitobius diaperinus* υπό συνθήκες ψύξης. Παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της μικροβιακής ανάπτυξης σε σχέση με τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες (Melgar-Lalanne et al., 2019). Ο πληθυσμός των αερόβιων μικροοργανισμών της προνύμφης του κίτρινου αλευροσκώληκα (*T. molitor*) παρέμεινε χαμηλός (1,0 log CFU/g) μετά από 28 ημέρες αποθήκευσης σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Ωστόσο, ο συνολικός πληθυσμός των αερόβιων μικροοργανισμών ήταν 6,9 log CFU/g στα τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία δωματίου. Αντίθετα, το

είδος *A.diaperinus* μπορούσε να αποθηκευτεί μόνο για 14 ημέρες ( $1,9 \log \text{CFU/g}$ ) σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (Melgar-Lalanne et al., 2019). Επίσης η διάρκεια ζωής του προϊόντος εξαρτιόταν από τα αρχικά είδη κιμά που χρησιμοποιήθηκαν. Ωστόσο, πριν γίνει αποθήκευση αυτού του προϊόντος σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες θα πρέπει να γίνει ανάλυση για την παρουσία ειδικών παθογόνων. Παρόμοια αποτελέσματα λήφθηκαν από τους Flekna, Make, Bauer και Bauer (2017), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι υπό αναερόβιες συνθήκες (30%  $\text{CO}_2$ , 70%  $\text{N}_2$ ), το προϊόν του κίτρινου αλευροσκώληκα μπορεί να διατηρηθεί για 3 εβδομάδες στο ψυγείο χωρίς να παρουσιάσει μικροβιακές αλλαγές ή οξειδωτική φθορά (Melgar-Lalanne et al., 2019).

### 3 Ασφάλεια και νομοθεσία

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1069/20091, τα έντομα θεωρούνται «εκτρεφόμενα ζώα». Τα έντομα, είτε ολόκληρα είτε επεξεργασμένα, είναι τρόφιμα όπως ορίζονται στο άρθρο. 2 του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 178/2 και, όπως για κάθε άλλο ζώο που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση υπόκεινται στην υπερεθνική και εθνική νομοθεσία για την ασφάλεια των τροφίμων. Σε γενικές γραμμές, η επεξεργασία και η αποθήκευση των εντόμων και των προϊόντων που προέρχονται από έντομα πρέπει να ακολουθεί τους ίδιους υγειονομικούς κανονισμούς που ισχύουν για τα συμβατικά τρόφιμα. Επιπλέον, εφαρμόζεται το ρυθμιστικό πλαίσιο που ισχύει για τα νέα τρόφιμα. Επειδή υπάρχει μικρή εμπειρία σχετικά με την παραγωγή και την κατανάλωση αυτών των τροφίμων, πρέπει να υποβληθούν σε μια τυποποιημένη διαδικασία αξιολόγησης ασφάλειας προτού τους επιτραπεί να διατεθούν στην αγορά της ΕΕ, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι δεν αποτελούν κίνδυνο για τον καταναλωτή (Pali-Schöll et al., 2018). Σύμφωνα με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ως νέα τρόφιμα ορίζονται τα τρόφιμα και τα συστατικά τροφίμων που δεν έχουν καταναλωθεί σε σημαντικό βαθμό από τον άνθρωπο (στην Ευρωπαϊκή Ένωση) πριν από τις 15 Μαΐου του 1997, όταν τέθηκε σε ισχύ ο πρώτος υπερεθνικός κανονισμός για τα νέα τρόφιμα.(Pali-Schöll et al., 2018).

Όσον αφορά τα τρόφιμα που καταναλώνονται παραδοσιακά σε τρίτες χώρες, η αξιολόγηση της ασφάλειας θα είναι πιο αποτελεσματική προκειμένου να διευκολυνθεί η πρόσβαση στην αγορά της ΕΕ. Με τον τρόπο αυτό, σύμφωνα με το άρθ. 14 του νέου κανονισμού για τα νέα τρόφιμα, αρκεί μια απλοποιημένη διαδικασία έγκρισης-αδειοδότησης (γνωστοποίηση) εάν μπορεί να αποδειχθεί η ασφαλής χρήση των σχετικών τροφίμων εκτός της ΕΕ για μια περίοδο τουλάχιστον 25 ετών, και εφόσον δεν έχει ασκηθεί έφεση από τα κράτη μέλη ή την EFSA στην τελευταία περίπτωση, το σχετικό τρόφιμο υπόκειται στην τυπική διαδικασία έγκρισης-αδειοδότησης (Pali-Schöll et al., 2018). 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) έχουν εργαστεί πάνω σε κανονισμούς και κατευθυντήριες γραμμές για τα βρώσιμα έντομα. Τα πρότυπα και οι κανονισμοί για τη χρήση των εντόμων ως συστατικών στα τρόφιμα και στις ζωοτροφές μπορούν να βρεθούν κυρίως στη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα τρόφιμα και τα νέα τρόφιμα (de Carvalho et al., 2019). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) εντοπίζονται σημαντικά εμπόδια για την εγκατάσταση αγοράς εντόμων σε μεγάλη κλίμακα, όπως είναι οι αυστηροί υγειονομικοί κανονισμοί για τη δημιουργία εκμεταλλεύσεων (εγκατάσταση εκτροφής εντόμων), η έλλειψη

κατευθυντήριων γραμμών για τη μαζική εκτροφή εντόμων και σαφήνειας σχετικά με τα εγκεκριμένα έντομα για την αγορά από τις συστάσεις της ΕΕ για τα νέα τρόφιμα, οι ελλιπείς πληροφορίες σχετικά με τα είδη που καταναλώθηκαν πριν από το 1997 και η περιορισμένη χρήση επεξεργασμένης ζωικής πρωτεΐνης για την διατροφή πουλερικών και χοίρων (de Carvalho et al., 2019). Πριν από τον Ιούλιο του 2012, αυτός ο περιορισμός εφαρμοζόταν και στα εκτρεφόμενα ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας, αλλά από αυτήν την ημερομηνία και μετά συμφωνήθηκε μια ρυθμιστική χαλάρωση για τη διατροφή των ειδών υδατοκαλλιέργειας (de Carvalho et al., 2019).

Ο πρώτος κανονισμός της ΕΕ για τα νέα τρόφιμα, που χρονολογείται από το 1997, αντικαταστάθηκε από έναν νέο ευρωπαϊκό κανονισμό, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ στις 31 Δεκεμβρίου του 2015 και είναι νομικά δεσμευτικός για τα κράτη μέλη από την 1η Ιανουαρίου του 2018. Αυτό το νέο κανονιστικό πλαίσιο αφορά πρωτίστως τη συγκέντρωση, την απλούστευση και την επίσπευση των διαδικασιών αξιολόγησης και αδειοδότησης (Pali-Schöll et al., 2018). Ενώ οι αιτήσεις για την έγκριση ενός νέου τροφίμου είχαν προηγουμένως αξιολογηθεί στα επιμέρους κράτη μέλη, αυτές πλέον αξιολογούνται κεντρικά από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA). Επί της ουσίας, οι μεμονωμένες (ατομικές) άδειες αντικαθίστανται από γενικές άδειες, που ισχύουν όχι μόνο για τον αιτούντα, αλλά για όλους τους διανομείς του σχετικού τροφίμου (Pali-Schöll et al., 2018). Το 2015, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθιέρωσαν τον Κανονισμό (ΕΕ) 2015/2283 για τα νέα τρόφιμα, όχι μόνο επικαιροποιώντας τον ορισμό του, αλλά και επικαιροποιώντας τα κριτήρια ώστε να θεωρούνται τα τρόφιμα ως νέα τρόφιμα και αποκαθιστώντας το στάτους των νέων τροφίμων, τις διαδικασίες διάθεσής τους στην αγορά της ΕΕ μαζί με τις απαραίτητες απαιτήσεις ασφάλειας και επιστήμης (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2015) (de Carvalho et al., 2019). Το πεδίο εφαρμογής του νέου κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283 της 25ης Νοεμβρίου του 2015, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου του 2018, θα πρέπει θεωρητικά να παραμείνει ίδιο με το πεδίο εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 258/97. Σύμφωνα με το άρθρο 1 παράγραφος 2 του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 258/97, τα νέα τρόφιμα και τα νέα συστατικά τροφίμων είναι τρόφιμα που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση σε μεγάλο βαθμό στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα πριν από την έναρξη ισχύος του παρόντος κανονισμού στις 15 Μαΐου 1997. Τα έντομα ταξινομούνται ως «νέα τρόφιμα» στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς δεν υπάρχει κανένα σημαντικό ιστορικό ανθρώπινης κατανάλωσης πριν από το 1997 (Raheem et al., 2018).

Η χρήση των εντόμων ως ζωοτροφών περιορίζεται επί του παρόντος σε κατοικίδια ζώα (όπως πτηνά, ερπετά και αμφίβια), λόγω των διατάξεων του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 999/20016 (Κανονισμός TSE) για την απαγόρευση των ζωοτροφών, ο οποίος δεν επιτρέπει την χρήση επεξεργασμένης ζωικής πρωτεΐνης εντόμων ως ζωοτροφή για την εκτροφή ζώων λόγω της έλλειψης στοιχείων που να τεκμηριώνουν την ασφάλεια τους (Επιστημονική Επιτροπή EFSA 2015) (Pali-Schöll et al., 2018). Η Μόνιμη Επιτροπή Φυτών, Ζώων, Τροφίμων και Ζωοτροφών της ΕΕ (επονομαζόμενη ScoPAFF) ενέκρινε έναν κανονισμό που επιτρέπει τη χρήση πρωτεϊνών από έντομα ως τροφή για τα ψάρια (Entomo Agroindustrial, 2016). Ο κανονισμός αυτός υιοθετήθηκε το 2017 στον Κανονισμό (ΕΕ) 2017/893 της Επιτροπής της 24ης Μαΐου 2017, επιτρέποντας έτσι τη χρήση επεξεργασμένης ζωικής πρωτεΐνης που προέρχεται από εκτρεφόμενα έντομα ως ζωοτροφή για ζώα υδατοκαλλιέργειας (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2017) (de Carvalho et al., 2019).

Όλα τα νέα τρόφιμα που εξετάστηκαν ως προς την ασφάλεια εμπίπτουν στην κατηγορία «τρόφιμο που αποτελείται, απομονώνεται ή παράγεται από ζώα ή μέρη τους», όπως περιγράφεται στο άρθρο 3 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283 (Turck et al., 2021; Turck et al., 2022) Σύμφωνα με πληροφορίες που παρέχονται όλα τα νέα τρόφιμα, παράγονται σύμφωνα με τις αρχές Ορθής Κατασκευαστικής Πρακτικής (GMP) και Ανάλυσης Κινδύνου και Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου (HACCP). Επιπλέον, το εφαρμοζόμενο σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας για την παραγωγή των νέων αυτών τροφίμων ακολουθεί τις απαιτήσεις του προτύπου ISO 22000:2005. Οι μεταναστευτικές ακρίδες και οι οικιακοί γρύλοι εκτρέφονται σε εγκατάσταση που είναι εγγεγραμμένη ως εταιρεία παραγωγής τροφίμων στην Ολλανδική Αρχή Ασφάλειας Τροφίμων και Καταναλωτικών Προϊόντων (NVWA) (Turck et al., 2021). Ο οικιακός γρύλος (*A.Domesticus*) που χρησιμοποιείται για την παρασκευή μερικώς απολιπασμένης σκόνης εκτράφηκε σε εγκατάσταση πιστοποιημένη από το Τμήμα Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης της πόλης Lhōc Ninh, στην επαρχία Binh Phuόc (Βιετνάμ) (Turck et al., 2021).

Παρόλο που τα βρώσιμα έντομα έχουν υψηλή διατροφική ποιότητα, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την έλλειψη υγειονομικών ελέγχων και ελέγχων ποιότητας στα σημεία πώλησής τους. Τα έντομα πωλούνται συνήθως χύμα, μια κατάσταση που έχει ανησυχήσει τους υπεύθυνους της δημόσιας υγείας για την ασφάλεια των τροφίμων. Τέτοιες ανησυχίες βασίζονται σε μια μεγάλη ποικιλία μελετών που έχουν διεξαχθεί για την πρόληψη των τροφιμογενών ασθενειών (μικροβιολογικές, αλλεργιογόνες και χημικές). Η έλλειψη υγιεινής και οι ανεπαρκείς συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευσης θεωρούνται ως οι πιο

σημαντικές ανησυχίες που αφορούν την κατανάλωση των εντόμων ακόμα και από την ποιότητα των ίδιων των εντόμων, καθώς συνήθως δεν είναι τοξικά για τον άνθρωπο. Είναι ζωτικής σημασίας να εφαρμοστούν οι κατάλληλες τεχνολογίες μετά τη συγκομιδή για τη διατήρηση, τη μετατροπή, τη διανομή και την αποθήκευση βρώσιμων εντόμων, προκειμένου να παρέχονται προϊόντα που είναι ασφαλή και υγιεινά, μειώνοντας έτσι τους φόβους των καταναλωτών (Pali-Schöll et al., 2018). Γενικότερα τα νέα τρόφιμα και ειδικότερα τα έντομα μπορεί να συνδέονται με μια σειρά πιθανών κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία (π.χ. βιολογικοί,χημικοί κίνδυνοι, αλλεργιογένεση) και το περιβάλλον, που πρέπει να αξιολογηθούν και να ελαχιστοποιηθούν από τις κανονιστικές απαιτήσεις. Από νομική άποψη, η εκτροφή των εντόμων σε μεγάλη κλίμακα για την παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών (για άλλα ζώα εκτροφής) εγείρει κυρίως δύο ζητήματα: (i) το ζήτημα της ασφάλειας των τροφίμων και (ii) το ζήτημα της προστασίας των ζώων (Pali-Schöll et al., 2018).

### **3.1 Μικροβιολογικοί-Παρασιτικοί κίνδυνοι**

Όσον αφορά την μικροχλωρίδα των εντόμων, λαμβάνονται υπόψη δύο προοπτικές, η μικροχλωρίδα που σχετίζεται εγγενώς με τα έντομα και η μικροχλωρίδα που εισάγεται κατά τη διάρκεια της εκτροφής και της μεταποίησης. Ως εκ τούτου, οι βακτηριακοί κίνδυνοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε σχέση με τη μικροχλωρίδα των εντόμων που σχετίζεται με τη διατροφή, το χειρισμό, την επεξεργασία και τη συντήρηση (ΕΑΑΤ Επιστημονική Επιτροπή 2015)(de Carvalho et al., 2019). Σε χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις που έγιναν και στα 2 σκευάσματα του κίτρινου αλευροσκώληκα (ολόκληροι αποξηραμένοι και σε μορφή σκόνης )βρέθηκαν τα ίδια αποτελέσματα με εξαίρεση ορισμένες μικροβιολογικές παραμέτρους αλλά και της οξειδωτικής κατάστασης των λιπών. Συγκεκριμένα η διαδικασία της άλεσης αυξάνει την επιφάνεια της σκόνης και την πιθανότητα της διασταυρούμενης επιμόλυνσης με αποτέλεσμα να είναι πιο επιρρεπή στην αλλοίωση (Turck et al., 2021). Στα μη επεξεργασμένα έντομα,είναι πιθανή η παρουσία παθογόνων βακτηρίων (π.χ. *Escherichia coli*) λόγω της χρησιμοποιούμενης ζωοτροφής αλλά και των συνθηκών της εκτροφής. Η αποτελεσματική επεξεργασία των εντόμων μειώνει τον κίνδυνο μετάδοσης αυτών των βακτηρίων. Ως εκ τούτου, η μικροβιακή ασφάλεια των βρώσιμων εντόμων είναι σημαντική κυρίως κατά τον χειρισμό ή/και την επεξεργασία των εντόμων (de Carvalho et al., 2019). Δεν είναι όλα τα έντομα ασφαλή για κατανάλωση διότι μπορεί να είναι φορείς ζωονοσογόνων παραγόντων και να μεταφέρουν τοξίνες στον άνθρωπο. Άλλη μια ανησυχία για τα έντομα αποτελεί η μικροβιολογική μόλυνση (Rodríguez-Miranda et al.,

2019). Επίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν από την κατανάλωση εντόμων που βρίσκονται σε ακατάλληλο στάδιο ανάπτυξης, των λανθασμένων μαγειρικών παρασκευασμάτων ή ακόμα και του λανθασμένου χειρισμού των εντόμων. Ο κίνδυνος μόλυνσης είναι ακόμη μεγαλύτερος αν ληφθεί υπόψη η συνήθεια της κατανάλωσης ωμών εντόμων, και η αποφυγή του μαγειρέματος (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Για παράδειγμα ο κίτρινος αλευροσκώληκας μπορεί να μολυνθεί από παράσιτα, εντομοπαθογόνους μύκητες και ιούς. Οι ζωνοσογόνοι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν ήπια συμπτώματα στον άνθρωπο, και για τους οποίους θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την παρακολούθηση της παρουσίας τους είναι ο κεστοειδής σκώληκας των αρουραίων ή << ταινία αρουραίων >> (*Hymenolepis diminuta*), λόγω της παρουσίας τροφικών στις εγκαταστάσεις εκτροφής, ο Υμενολεπίς η νανώδης (κεστοειδής σκώληκας *Hymenolepis nana*) και ο ιός της νόσου των Newcastle (Turck et al., 2021). Κρίνονται απαραίτητα τα μέτρα για τον έλεγχο της μόλυνσης των εγκαταστάσεων εκτροφής από παράσιτα και τροφικά. Η εμφάνιση παρασίτων στις προνύμφες του *T. molitor* έχει συνδεθεί με κακές συνθήκες υγιεινής. Το *T. molitor* μπορεί να μολυνθεί ή να φιλοξενεί και άλλους ιούς οι οποίοι είναι συγκεκριμένοι σε επίπεδο είδους ή οικογένειας και δεν είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο ή άλλα σπονδυλωτά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων που έγιναν σε παρτίδες της σκόνης, και ολόκληρης της προνύμφης του κίτρινου αλευροσκώληκα οι τιμές δεν υπέρβαιναν τα καθορισμένα όρια των προδιαγραφών. Οι μικροβιολογικές αναλύσεις που έγιναν σε παρτίδες της σκόνης της προνύμφης του κίτρινου αλευροσκώληκα όπου αποθηκεύτηκε σε θερμοκρασία δωματίου έδειξαν ότι οι τιμές δεν υπέρβαιναν τα καθορισμένα όρια προδιαγραφών για μια προβλεπόμενη διάρκεια ζωής 24 ημερών. Ωστόσο σε τέτοιο χρονικό διάστημα αυξάνεται ο αριθμός των υπεροξειδίων λόγω της οξειδωσης του λίπους κατά την αποθήκευση. Αυτό είναι πιθανό να σχετίζεται με το στάδιο της ξήρανσης της παραγωγικής διαδικασίας (αλλαγές διάρκειας/όγκου των εντόμων που έχουν αποξηραθεί) (Turck et al., 2021). Οι μικροβιολογικές τιμές δεν υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια προδιαγραφών για 12 μήνες διάρκεια ζωής σε όλες τις μορφές των σκευασμάτων του κίτρινου αλευροσκώληκα (κατεψυγμένη, αποξηραμένη, σκόνη) (Turck et al., 2021). Κατά τη διάρκεια της εκτροφής της, η μεταναστευτική ακρίδα (*L. migratoria*) μπορεί να μολυνθεί από παθογόνα, συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων, ιών, εντομοπαθογόνων μυκήτων, μικροσποριδίων και πρωτιστών. Το *Bacillus thuringiensis* είναι ένα τροφιμογενές παθογόνο που επηρεάζει την μεταναστευτική ακρίδα και η παρουσία του θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά με

μικροβιολογικές αναλύσεις. Και σε αυτήν την περίπτωση ορισμένα παθογόνα επηρεάζουν μόνο τα έντομα και όχι τον άνθρωπο (Turck et al., 2021).

Ορισμένα βακτήρια της εντερικής μικροχλωρίδας των εντόμων μπορεί να οδηγήσουν στον σχηματισμό βιογενών αμινών. Το *Pseudomonas aeruginosa* θα μπορούσε να είναι υπεύθυνο για την παραγωγή βιογενών αμινών στα προϊόντα εντόμων. Επίσης μπορεί να εμφανιστεί κατά την επεξεργασία και την αποθήκευση των τροφίμων ως αποτέλεσμα της βακτηριακής μόλυνσης, και μέσω πρόσληψης από την ζωοτροφή. Οι μικροβιολογικές τιμές των δειγμάτων που αναλύθηκαν έδειξαν ότι δεν υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια προδιαγραφών. Όλα τα τρόφιμα που περιέχουν ως συστατικά έντομα συμμορφώνονται με τα υπάρχοντα μικροβιολογικά κριτήρια για τα τρόφιμα, όπως ορίζονται στον κανονισμό της Επιτροπής (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 και τα επίπεδα αναφοράς ακρυλαμιδίου στα προϊόντα αρτοποιίας που καθορίστηκαν με τον κανονισμό (ΕΕ) 2017/2158. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έγιναν σε πέντε ανεξάρτητες παρτίδες έδειξαν ότι τα μέσα επίπεδα ισταμίνης ήταν 2,96 και 1,88 mg/kg σε χρονικό διάστημα  $t = 0$  μήνες και  $t = 12$  μήνες, αντίστοιχα. Αναφέρθηκαν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης σπερμιδίνης (150 mg/kg και 115 mg/kg σε  $t = 0$  και  $t = 12$  μήνες, αντίστοιχα) και σπερμίνης (25 mg/kg και 245 mg/kg σε  $t = 0$  και  $t = 12$  μήνες, αντίστοιχα). Δεν έχουν καθοριστεί νόμιμα μέγιστα επίπεδα για τη σπερμιδίνη και τη σπερμίνη στα τρόφιμα. Όσον αφορά το *Pseudomonas aeruginosa* το οποίο ανήκει στο γένος *Pseudomonas* και το οποίο θα μπορούσε να έχει συμβάλει στην εμφάνιση βιογενών αμινών τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι για όλες τις μορφές των καινοτόμων σκευασμάτων, το *P. aeruginosa* εμφάνισε επίπεδα  $< 10$  cfu/g.

Οι μικροβιολογικές τιμές όλων των δειγμάτων που αναλύθηκαν (κατεψυγμένη, αποξηραμένη και μορφή σκόνης) δεν υπερβαίνουν τα όρια προδιαγραφών. Υπό την προϋπόθεση ότι οι προδιαγραφές πληρούνται στο τέλος της διάρκειας ζωής και ότι τα προϊόντα που περιέχουν το νέο προϊόν συμμορφώνονται με τα αντίστοιχα νομοθετικά όρια για τους ρύπους που παράγονται από τις διεργασίες, καθώς και με τα μικροβιολογικά κριτήρια, τα δεδομένα σταθερότητας δεν εγείρουν ανησυχίες για την ασφάλεια κατά τους 12 μήνες που μελετήθηκαν.

Όσον αφορά τον οικιακό γρύλο (*A. Domesticus*) κατά την διάρκεια της εκτροφής του μπορεί να προσβληθεί από ιούς οι οποίοι όμως είναι παθογόνοι μόνο για τα έντομα και όχι για τον άνθρωπο. Τα παραδείγματα των τροφιμογενών βακτηρίων (των οποίων τα επίπεδα θα πρέπει να παρακολουθούνται με μικροβιακή ανάλυση των εντεροβακτηριδίων), που μπορεί να υπάρχουν στο *A. domesticus* περιλαμβάνουν τα γένη των *Citrobacter*, *Klebsiella* και *Yersinia*. Στη Μποτσουάνα, παρατηρήθηκε πολλαπλασιασμός μυκήτων που



περιλαμβάνουν μέλη των γενών *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* και *Phycomycetes spp.* σε λιαστές πεταλούδες morpane (*Imbrasia belina*). Ορισμένα είδη που ανήκουν στα γένη *Aspergillus*, *Penicillium* και *Fusarium* είναι μυκοτοξινογόνα και πράγματι, ανιχνεύθηκαν αφλατοξίνες στα προϊόντα αυτά (Mutungi et al., 2017). Στη Νιγηρία, μελέτησαν τους μικροβιακούς πληθυσμούς που σχετίζονται με το έντερο καθώς και την επιφάνεια του σώματος των προνυμφών της οικιακής μύγας (*M. domestic*) και του σκαθαριού *Rhinoceros* (*O. monocerus*). Απομονώθηκαν παθογόνα που περιλαμβάνουν *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* και κολοβακτηρίδια (*E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella aerogenes*, *Aerobacter aerogenes*). Μια μελέτη που διεξήχθη σε κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής στην Αλγερία, έδειξε ότι το μικρότερο αλευροσκούληκο (*Alphito bius diaperinus*) περιείχε υψηλά επίπεδα παθογόνων βακτηρίων (Mutungi et al., 2017). Το εσωτερικό αυτών των εντόμων φιλοξενούσε Gram θετικά βακτήρια, συμπεριλαμβανομένων των κολοβακτηριδίων και των στρεπτόκοκκων, ενώ τα εξωτερικά μέρη φιλοξενούσαν κυρίως *Staphylococcus spp.*, *Micrococcus spp.* και *Salmonella spp.* Γενικά, οι βακτηριακοί πληθυσμοί ήταν υψηλότεροι στο έντερο σε σύγκριση με το δέρμα και τα απομονωμένα στελέχη ανήκαν στα γένη *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* και *Serratia*. Η παρουσία του *S.aureus* και του *B.cereus* ήταν σημαντική λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν εντεροτοξίνες, αν και το *S. aureus* μπορεί εύκολα να καταστραφεί με το μαγείρεμα (Mutungi et al., 2017). Στην Νιγηρία, οι Braide et al. (2011) ανέφεραν υψηλούς πληθυσμούς βακτηρίων και μυκήτων σε επεξεργασμένες (απεντερωμένες, πλυμένες, καρυκευμένες, ψητές και λιαστές) προνύμφες του είδους *B. alcinoe*, όπου απομόνωσαν τα γένη *Pseudomonas* and *Proteus spp.* εκτός από το τοξικογόνο *S. aureus*, *B. cereus* και *E. coli*. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ανεπαρκή επεξεργασία ή μόλυνση μετά την επεξεργασία. Τα είδη του γένους *Pseudomonas* και *Proteus* είναι πρωτεολυτικά και σε ορισμένες περιπτώσεις λιπολυτικά. Ως εκ τούτου, εμπλέκονται στην αλλοίωση των τροφίμων προκαλώντας ανεπιθύμητη γεύση και απώλεια της θρεπτικής τους αξίας. Επίσης ανιχνεύθηκαν στελέχη μυκήτων συμπεριλαμβανομένων των *Aspergillus*, *Penicillium* και *Fusarium spp.* οι οποίες παράγουν μυκοτοξίνες. Αυτά τα βακτήρια και οι μύκητες απομονώθηκαν και σε άλλα επεξεργασμένα είδη εντόμων που αγοράστηκαν από πλανόδιους πωλητές στις υπαίθριες αγορές της Νότιας Νιγηρίας, υποδηλώνοντας κακή επεξεργασία ή κακή υγιεινή και ανεπαρκή χειρισμό κατά τη λιανική πώληση (Mutungi et al., 2017). Τα *Escherichia coli* και *Klebsiella aerogenes* ταυτοποιήθηκαν στα πρόσφατα συγκομισμένα δείγματα εντόμων του είδους *R.phoenicis* (συλλέχθηκαν στην ζώνη των τροπικών δασών της Νιγηρίας), ενώ τα στελέχη των *Staphy-*

*lococcus* απομονώθηκαν από θερμικά επεξεργασμένα δείγματα που συλλέγονται από πλανόδιους πωλητές. Η μόλυνση του θερμικά επεξεργασμένου είδους εντόμου *R.phoenicis* αποδόθηκε σε ανεπαρκή θερμική επεξεργασία και ανθυγιεινό χειρισμό από υγιείς φορείς των ειδών του γένους *Staphylococcus* (Mutungi et al., 2017).

Σε μια μελέτη αξιολογήθηκε η μικροβιολογική ποιότητα των εκτρεφόμενων αλευροσκώληκων (*Tenebrio molitor*) και του γρύλου (*Acheta domesticus* και *Brachytrupes spp.*) αναλύοντάς τα ως φρέσκα, βρασμένα, ψητά και αποθηκευμένα δείγματα. Αναφέρθηκε η παρουσία των εντεροβακτηρίων, ( $10^4 - 10^6$  cfu/g) και των σπορογόνων βακτηρίων ( $10^2-10^4$  cfu/g) στα φρέσκα έντομα, ωστόσο το βράσιμο για 5 λεπτά εξουδετέρωσε τα εντεροβακτήρια, όχι όμως τα βακτήρια που σχηματίζουν σπόρια. Τα βρασμένα έντομα μπορούν να αποθηκευτούν για περισσότερο από 2 εβδομάδες όταν ψύχονται στους 5 – 7 °C, και για λιγότερο από 1 εβδομάδα σε θερμοκρασία δωματίου εκτός εάν έχουν αποξηρανθεί ή οξινισθεί (Mutungi et al., 2017). Επίσης αποδείχθηκε ότι το ψήσιμο από μόνο του δεν ήταν αρκετό για την εξάλειψη των εντεροβακτηρίων επειδή η μεταφορά θερμότητας στους εσωτερικούς ιστούς ήταν ανεπαρκής. Για το λόγο αυτό, συνιστάται ένα σύντομο βήμα ζεματίσματος σε ζεστό νερό πριν από το ψήσιμο. Η θερμική επεξεργασία μπορεί να σκοτώσει τα εντεροβακτηριοειδή, αλλά οι σπορογόνοι οργανισμοί μπορεί να απαιτούν μια πιο έντονη θερμική επεξεργασία, όπως είναι η κονσερβοποίηση. Το ζεμάτισμα ολόκληρων των εντόμων ακολουθούμενο από ψήσιμο για περίπου 10 λεπτά είχε ως αποτέλεσμα την μείωση των συνολικών μικροοργανισμών κατά 5 λογαριθμικούς κύκλους, ενώ ταυτόχρονα μείωσε τον αριθμό των σπορίων κατά 2 λογαριθμικούς κύκλους (Mutungi et al., 2017). Μετά από αυτές τις επεξεργασίες, τα υπόλοιπα σπόρια μπορούν να παραμείνουν σταθερά σε ανεκτά επίπεδα με κατάλληλη συσκευασία και με πρόσθετα εμπόδια όπως η οξίνιση που συνοδεύεται από αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία (Mutungi et al., 2017). Στην Ουγκάντα έγιναν μελέτες μετά την συγκομιδή του νωπού εντόμου του είδους *R. nitidula* και βρέθηκε ότι η διάρκεια ζωής του είναι 1–2 ημέρες. Μια διαδικασία συντήρησης που περιλαμβάνει σοτάρισμα, ξήρανση και αποθήκευση σε θερμοκρασία δωματίου σε αδιαφανή συσκευασία κενού ή διαφανές πλαστικό δοχείο αύξησε τη διάρκεια ζωής σε 12 εβδομάδες. Οι θερμοκρασίες ψύξης και κατάψυξης κατά την αποθήκευση του συσκευασμένου προϊόντος εν κενώ ή μη, αύξησαν τη διάρκεια ζωής του *R. nitidula* από 12 σε 22 εβδομάδες.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα παρασιτικών κινδύνων που μπορεί να οδηγήσουν σε λοιμώξεις ή ακόμα και θάνατο, ωστόσο το περιβάλλον μιας καλά διαχειριζόμενης κλειστής φάρμας δεν θα επέτρεπε την

ολοκλήρωση του κύκλου ζωής των παρασίτων (EFSA Scientific Committee 2015; Pereira et al. 2010). Μερικά έντομα είναι ενδιάμεσοι ξενιστές παρασίτων που επηρεάζουν σημαντικά την ανθρώπινη υγεία (Mutungi et al., 2017). Σύμφωνα με μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Νιγηρία βρέθηκε ένας σημαντικός αριθμός σκουληκιών και πρωτόζωων που προκαλούν ανησυχία για τη δημόσια υγεία (*Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis*, *Taenia sp*, *Entamoeba histolytica*) και τα οποία απομονώθηκαν από κατσαρίδες και οικιακές μύγες (Mutungi et al., 2017). Στην Ινδονησία, την Ινδία, την Ταϊλάνδη, την Τζακάρτα και στην Λαϊκή Δημοκρατία του Λάος έχουν αναφερθεί περιστατικά ασθένειας στους ανθρώπους από τους τρηματώδεις σκόληκες των *Phaneropsolus bonnei* και *Prosthodendrium molenkampii*. Τα μετακερκάρια έχουν βρεθεί στη ναϊάδα και την ενήλικη μορφή της λιβελούλας και του ζυγόπτερου. Στους ανθρώπους έχουν βρεθεί σκόληκες, που προέρχονται από τις προνύμφες των εντόμων. Στο Ιράν αναφέρθηκε σε ανθρώπους το παράσιτο *Gongylonema pulchrum* (Molavi, Massoud και Gutierrez, 2006). Αυτός ο νηματώδης σκόληκας χρησιμοποιεί τα σκαθάρια και τις κατσαρίδες ως ενδιάμεσους ξενιστές, και είναι επομένως ένας πιθανός ζωνοσογόνος παράγοντας που θα μπορούσε να μεταδοθεί μέσω της κατανάλωσης κακομαγειρεμένων εντόμων (Mutungi et al., 2017). Έχουν αναφερθεί και άλλα περιστατικά στα οποία τα έντομα ήταν φορείς παρασίτων. Τα έντομα τριατομίνες είναι φορείς του παρασίτου *Trypanosoma cruzi* που προκαλεί τη νόσο *Chagas* (Αμερικανική Τρυπανοσωμίαση). Η μόλυνση στους ανθρώπους μπορεί να συμβεί από την κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων. Στην Ινδία έχει αναφερθεί ο πιθανός κίνδυνος της εντερικής μυΐασης, (φαινόμενο που εμφανίζεται όταν τα αυγά ή οι προνύμφες της δίπτερης μύγας προσλαμβάνονται από την τροφή και αποβάλλονται με τα κόπρανα ως προνύμφες), (Sehgal et al., 2002) που συνδέεται με το *M.domestica*. Άλλα έντομα που σχετίζονται με τη μυΐαση είναι η μύγα κηφήνων (*Eristalis tenax*), και η μαύρη μύγα στρατιώτη (*H.illucens*). Τα πρωτόζωα *E.histolytica* και *Giardia lamblia* έχουν απομονωθεί από τις κατσαρίδες. Οι κατσαρίδες τρέφονται συχνά με ανθρώπινα κόπρανα και επομένως μπορούν να διασπείρουν κύστεις εντερικών πρωτόζωων στο περιβάλλον εάν τα κόπρανα είναι μολυσμένα (Mutungi et al., 2017).

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι λόγω της φυτικής προέλευσης του υποστρώματος και της απουσίας γονιδίων που κωδικοποιούν πρωτεΐνες πράιον ή σχετιζόμενες με πράιον, δεν είναι πιθανή η ανάπτυξη ειδικών ασθενειών που σχετίζονται με πράιον λόγω της κατανάλωσης εντόμων (Turck et al., 2021).

### 3.2 Χημικοί κίνδυνοι

Οι χημικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν αυτούς που υπάρχουν φυσικά, αυτούς που συντίθενται ή συσσωρεύονται από τα έντομα ή ακόμα και εκείνους που προστίθενται κατά την επεξεργασία των τροφίμων. Τα έντομα μπορούν να παράγουν δηλητήρια που μπορεί να συσσωρεύουν βαρέα μέταλλα από το περιβάλλον (de Carvalho et al., 2019). Αυτή η συσσώρευση θα εξαρτηθεί από το είδος των εντόμων, το στάδιο της ανάπτυξης και τα βαρέα μέταλλα. Σε περιπτώσεις εντόμων με σύντομο κύκλο ζωής, η βιοσυσσωρευση είναι λιγότερο πιθανό να συμβεί (de Carvalho et al., 2019). Η μεταφορά των βαρέων μετάλλων από τις ζωοτροφές των εντόμων φαίνεται να είναι ο κύριος λόγος μόλυνσης (de Carvalho et al., 2019). Η συλλογή εντόμων από την φύση αυξάνει τον κίνδυνο τοξικότητας στον άνθρωπο και η κατανάλωση τους κρίνεται επικίνδυνη για κάθε οργανισμό της τροφικής αλυσίδας που ενδέχεται να τα καταναλώσει διότι μπορεί να μεταφέρουν φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Η χημική μόλυνση είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τα έντομα που συλλέγονται συχνά από την άγρια φύση της Αφρικής. Η ακρίδα της ερήμου, η καφέ ακρίδα, η κόκκινη ακρίδα και η μεταναστευτική ακρίδα είναι γεωργικά παράσιτα που θα μπορούσαν να ψεκαστούν με εντομοκτόνα που ενδεχομένως να υπάρχουν ακόμη κατά την συγκομιδή των εντόμων (Mutungi et al., 2017). Μελέτες έδειξαν ότι τα υψηλά επίπεδα μόλυνσης (με βαρέα μέταλλα, φυτοφάρμακα κλπ) οφείλονται σε απόβλητα που απελευθερώνονται από κοντινά διυλιστήρια, αερομεταφερόμενα κατάλοιπα από εργοστάσια εξόρυξης σε γειτονικές περιοχές, τα οποία πέφτουν πάνω στις επιφάνειες του σώματος των εντόμων και πιθανώς, στη λάθος χρήση των χημικών φυτοφαρμάκων κοντά στο περιβάλλον των εντόμων (Mutungi et al., 2017).

Οι κίτρινοι αλευροσκώληκες καθώς και άλλα έντομα βιοσυσσωρεύουν βαρέα μέταλλα, υπολείμματα φυτοφαρμάκων, και άλλες ανεπιθύμητες ενώσεις π.χ. πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), διοξίνες και γι αυτό τα επίπεδα αυτών των χημικών ενώσεων πρέπει να παρακολουθούνται στην ζωοτροφή που τους χορηγείται. Τα επίπεδα των βαρέων μετάλλων θα πρέπει να συγκρίνονται με τα μέγιστα επίπεδα που ισχύουν για άλλα τρόφιμα σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1881/2006. Στην ισχύουσα νομοθεσία της Ευρωπαϊκής ένωσης δεν ορίζονται μέγιστα επίπεδα βαρέων μετάλλων για τα έντομα. Οι αφλατοξίνες B1, B2, G1, G2, οι δεοξυνιβαλενόλες, φουμονισίνες, ζεαραλενόλες και οι ωχρατοξίνες θα πρέπει να ελέγχονται και να διατηρούνται εντός των ορίων της νομοθεσίας. Οι διοξίνες και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά στις ζωοτροφές που χορηγούνται στα έντομα. Επίσης θα πρέπει να παρέχονται αναλυτι-

κά δεδομένα για τα επίπεδα των φυτοφαρμάκων (οργανοχλωριούχα, πυρεθροειδή, και οργανοφωσφορικά φυτοφάρμακα) τα οποία πρέπει να βρίσκονται κάτω από τα όρια ποσοτικοποίησης (LOQ) της εφαρμοζόμενης μεθόδου. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έγιναν σε όλα τα σκευάσματα των εντόμων έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις των φυτοφαρμάκων στη σκόνη είναι κάτω από τα όρια ποσοτικού προσδιορισμού (LOQ) της μεθόδου που εφαρμόστηκε (GC-MS ITD Equal CEN/TR 16468 και LC-MS Equal CEN/TR 15641) και ότι συμμορφώνονται με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 396/20053 για τον καθορισμό ανώτατων ορίων καταλοίπων (MRL) φυτοφαρμάκων στα τρόφιμα (Turck et al., 2021).

Οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διοξινών και παρόμοιων με τις διοξίνες PCB, αφλατοξινών B1, B2, G1, G2, ωχρατοξίνης, νιβαλενόλης, δεοξυνιβαλενόλης, ζεαραλενόνης, φουμονισίνης B1 και φουμονισίνης B2 σε σκευάσματα αποξηραμένων οικιακών γρύλων συγκρίνονται με τα μέγιστα επίπεδα για άλλα τρόφιμα όπως ορίζονται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1881/2006. Οι συγκεντρώσεις των μολυντών που αναφέρθηκαν για το νέο προϊόν είναι χαμηλότερες από τα μέγιστα όρια που ορίζονται για άλλα τρόφιμα. Στην ισχύουσα νομοθεσία της ΕΕ, δεν ορίζονται μέγιστα επίπεδα αυτών των μολυντών για τα έντομα ως τρόφιμα.

Η περιεκτικότητα σε ανόργανο αρσενικό σε πέντε ανεξάρτητες παρτίδες αποξηραμένων εντόμων, βρέθηκε να είναι  $< 0,02$  mg/kg. Όσον αφορά τον οικιακό γρύλο τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων που προέκυψαν από αναλύσεις που έγιναν σε πέντε ανεξάρτητες παρτίδες της σκόνης έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων είναι κάτω από τα όρια ποσοτικού προσδιορισμού (LOQ) των εφαρμοζόμενων μεθόδων (GC-MS ITD Equal CEN/TR 16468 και LC-MS Equal CEN/TR 15641) με εξαίρεση το πιπερονυλοβουτοξείδιο για το οποίο οι συγκεντρώσεις είναι 0,01 mg/kg (Turck et al., 2021). Σύμφωνα με μια μελέτη που έγινε στην Αυστραλία, αποδείχθηκε ότι ο σκόρος *Bogong* (*Agrotis infusa*) ήταν σε θέση να συσσωρεύσει υπο-θανατηφόρες ποσότητες αρσενικού, αλλά οι οποίες θα μπορούσαν στη συνέχεια να βιο-συσσωρευτούν σε θανατηφόρα επίπεδα με τη συνεχιζόμενη κατανάλωση αυτών των σκόρων (Mutungi et al., 2017). Τέλος, δεν πρέπει να αγνοούνται και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες μόλυνσης, όπως είναι ορισμένοι φυσικοί κίνδυνοι πχ πέτρες, γυαλί, πλαστικό ή μεταλλικά θραύσματα (de Carvalho et al., 2019).

### 3.3 Αλλεργιογένεση

Ορισμένα έντομα ενδέχεται να προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις κατά την κατανάλωση τους. Έχουν αναφερθεί ορισμένες περιπτώσεις αναφυλακτικού σοκ και ήπιων αλλεργικών

αντιδράσεων που πιθανώς σχετίστηκαν με την κατανάλωση εντόμων όπως οι κάμπιες, οι μεταξοσκώληκες και τα κοχινοειδή έντομα. Η κατανάλωση οικιακών γρύλων και άλλων εντόμων που περιέχουν τροπομοσίνη, μια πρωτεΐνη που βρίσκεται συνήθως τόσο στα οστρακοειδή όσο και σε ορισμένα έντομα, μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερο κίνδυνο αλλεργικής αντίδρασης σε όσους είναι αλλεργικοί στα οστρακοειδή ή ευαίσθητοι στην τροπομοσίνη (SLU, S.U.o.A.S.) (Nowakowski et al., 2021). Η έκθεση στις πρωτεΐνες του κίτρινου αλευροσκώληκα καθώς και άλλων εντόμων μπορεί να προκαλέσει πρωτογενή ευαισθητοποίηση (primary sensitisation) και να οδηγήσει σε τροφική και αναπνευστική αλλεργία. Επίσης εκτός από την πρωτογενή ευαισθητοποίηση, έχει αναφερθεί και η διασταυρούμενη αντιδραστικότητα (cross-reactivity) σε πρωτεΐνες του κίτρινου αλευροσκώληκα. Τα άτομα που είναι αλλεργικά στα καρκινοειδή τα μαλάκια και τα ακάρεα, δεν πρέπει να καταναλώνουν έντομα λόγω του κινδύνου της διασταυρούμενης αντιδραστικότητας. Ο κύριος λόγος της διασταυρούμενης αντιδραστικότητας είναι η υψηλή ομοιότητα των πρωτεϊνών μεταξύ φυλογενετικά συγγενών οργανισμών, που είναι εμφανής όχι μόνο μεταξύ ειδών εντός του ίδιου υποφύλου, αλλά και μεταξύ ειδών από διαφορετικά υπόφυλα αρθρόποδων. Η πρωτεΐνη του κίτρινου αλευροσκώληκα μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες αντιδράσεις σε ασθενείς που είναι αλλεργικοί στις γαρίδες. Στα εκχυλίσματα της μεταναστευτικής ακρίδας (*L. Migratoria*) έχουν βρεθεί πολλαπλά αλλεργιογόνα διαφορετικού μοριακού βάρους. Οι Barre et al. (2021) χρησιμοποιώντας μια πρωτεομική και μια βιοπληροφορική προσέγγιση, αναγνώρισαν 73 πρωτεΐνες στο *L. Migratoria* και 46 στον οικιακό γρύλο, που αντιστοιχούν σε παν-αλλεργιογόνα (pan-allergens) τα οποία αναπτύσσουν διασταυρούμενη αντιδραστικότητα με άλλες κοινές πρωτεΐνες που υπάρχουν στα αρθρόποδα (ακάρεα οικιακής σκόνης και μαλακόστρακα) και στα μαλάκια. Αυτές περιλαμβάνουν την κινάση, αργινίνη, χιτινάση, S-τρανσφεράση γλουταθειόνης, HSP 70, εξαμερίνη, πρωτεάση σερίνης, τροπομοσίνη και θρυψίνη.

Η τροπομοσίνη εμφανίστηκε ως ένα κύριο παν-αλλεργιογόνο που κατανέμεται σε μεγάλο βαθμό στα ακάρεα της σκόνης, στα έντομα, στα καρκινοειδή και τα μαλάκια (Turck et al., 2021).

Εκτός από την άμεση έκθεση μέσω των εντόμων, αλλεργιογόνα μπορούν να βρεθούν έμμεσα και μέσω των ζωοτροφών που χρησιμοποιούνται (πχ σιτηρά που περιέχουν γλουτένη), όπου ενδεχομένως να απαιτείται υποχρεωτική επισήμανση στην συσκευασία. Από την στιγμή που η ζωοτροφή που χρησιμοποιείται είναι φυτικής προέλευσης υπάρχει πιθανότητα να βρεθούν ίχνη γλουτένης στο έντερο των εντόμων. Οι αλλαγές που γίνονται στην ζωοτροφή ενδέχεται να εισάγουν πρόσθετα αλλεργιογόνα, συμπεριλαμβανομένων αυτών

που απαιτούν υποχρεωτική επισήμανση σύμφωνα με το παράρτημα II του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 1169/2011, καθώς τα αλλεργιογόνα μπορεί να παραμείνουν στο έντερο των εντόμων ακόμα και αν εφαρμοστεί ένα στάδιο νηστείας. Επίσης ευαισθησία στις πρωτεΐνες των εντόμων έχει παρατηρηθεί και όταν συμβαίνει εισπνοή ή και επαφή με αερομεταφερόμενα σωματίδια εντόμων. Η θερμική επεξεργασία και η πέψη δεν εξαλείφουν την αλλεργιογένεση των πρωτεϊνών των εντόμων (Turck et al., 2021). Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν ότι η εισπνοή των σωματιδίων του *T.molitor* μπορεί να οδηγήσει σε άσθμα, καθιστώντας έτσι τα σκαθάρια της οικογένειας *Tenebrionid* δυνητικά σημαντικά αλλεργιογόνα (Bernstein, Gallagher, and Bernstein, 1983; Mlcek et al. 2014).

Όσον αφορά τη χιτίνη, έχει αποδειχθεί ότι ενεργοποιεί μια ποικιλία εγγενών (ηωσινόφιλων, μακροφάγων) και προσαρμοστικών ανοσοκυττάρων (Τ βοηθητικού τύπου 2 λεμφοκύτταρα που εκφράζουν IL-4/IL-13) και αυτό οδηγεί στην προώθηση της υπερευαισθησίας στα αλλεργιογόνα (Turck et al., 2021). Η κατανάλωση των εντόμων μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα πέψης, διότι η χιτίνη είναι μια δύσπεπτη ίνα, και παρόλο που ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να περιέχει χιτινάσες (π.χ. AMCase και χιτοτριουσιδάση) αυτές ενδέχεται να είναι ανενεργές σε ορισμένους ανθρώπους (π.χ. σε πολίτες που ζουν σε Ευρωπαϊκές χώρες), ενώ σε άλλους κυριαρχεί η παρουσία της χιτινάσης στο σώμα τους (π.χ. άτομα από τροπικές χώρες) λόγω της παραδοσιακής τους διατροφής η οποία περιλαμβάνει συχνή κατανάλωση εντόμων. Αυτό θα μπορούσε να σχετίζεται με την απουσία τροφίμων που περιέχουν χιτίνη στις Ευρωπαϊκές Χώρες. Μια πιθανή λύση σε αυτό το πρόβλημα θα ήταν η αφαίρεση της χιτίνης από τα έντομα και η βελτίωση της πεπτικότητας της πρωτεΐνης τους (de Carvalho et al., 2019).

Τα Προϊόντα που προέρχονται από τα έντομα καθώς και τα προϊόντα που έχουν προσβληθεί από έντομα εμπλέκονται και αυτά σε αλλεργικές αντιδράσεις. Η βαφή καρμίνης, μια χρωστική ουσία που προέρχεται από τα αποξηραμένα θηλυκά έντομα του είδους *Cochineal Dactylopius coccus Costa*, και το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως ως χρωστική τροφίμων σε χυμούς φρούτων, στο παγωτό, το γιαούρτι και τις καραμέλες έχει εμπλακεί σε ανεπιθύμητες αλλεργικές αντιδράσεις λόγω της παρουσίας υπολειμμάτων πρωτεϊνών (Mutungi et al., 2017).

### **3.4 Τοξικότητα**

Ορισμένα είδη εντόμων εκκρίνουν χημικές ουσίες με δυνητικά τοξικές επιδράσεις, ως μέρος των αμυντικών τους μηχανισμών. Για παράδειγμα στον κίτρινο αλευροσκώληκα (*T. molitor*), έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στις βενζοκινόνες, οι οποίες είναι ουσίες που εκκρί-

νονται στην κοιλιακή κοιλότητα των ενήλικων σκαθαριών. Έχει αποδειχθεί ότι οι βενζοκινόνες έχουν τοξικές επιδράσεις. Τα ευρήματα αναφέρονται στα ενήλικα έντομα *T.molitor* (σκαθάρια) και όχι στις προνύμφες του *T.molitor*. Σχετικά με τους αμυντικούς μηχανισμούς των προνυμφών του *T.molitor* έχει αναφερθεί ότι τα όξινα μεθανολικά εκχυλίσματα των προνυμφών του *T.molitor* έχουν θανατηφόρες επιδράσεις στα ενήλικα *T.molitor* καθώς και σε έντομα άλλων ειδών. Η ισχυρότερη δράση αυτών των ενώσεων εμφανίζεται σε προνύμφες όψιμου σταδίου. Λόγω των ανωτέρω οι προνύμφες *T.molitor* θα πρέπει να εκτρέφονται χωριστά από τα ενήλικα έντομα.

Όσον αφορά την μεταναστευτική ακρίδα (*L.Migratoria*) και τον οικιακό γρύλο (*A.Domesticus*), δεν έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία η παραγωγή χημικών ουσιών με δυνητικά τοξικές επιδράσεις, ως μέρος των αμυντικών τους μηχανισμών. Δεν παρατηρήθηκε κυτταροτοξική επίδραση στα τρόφιμα(που περιέχουν το *L.migratoria* ή το *A.Domesticus*) που χρησιμοποιήθηκαν στις μελέτες σε καμία συγκέντρωση έως και 250 Ig/mL. Το NOAEL (δεν παρατηρήθηκε επίπεδο ανεπιθύμητων ενεργειών) θεωρήθηκε η υψηλή δόση των 3.000 mg/kg σωματικού βάρους την ημέρα. Η υποχρόνια χορήγηση της σκόνη ακρίδας όταν αναμείχθηκε στη διατροφή των αρσενικών αρουραίων σε συγκεντρώσεις έως και 3% δεν προκάλεσε καμία τοξικότητα (Turck et al., 2021).

Διάφορες μελέτες απέδειξαν την ύπαρξη τοξικότητας σε βρώσιμα έντομα που προκύπτει από τις βιοδραστικές ενώσεις που συντίθενται από τα ίδια τα έντομα ή ουσίες που συσσωρεύονται από το υποστρώματα ζωοτροφών (Mutungi et al., 2017). Στη Μπουρκίνα Φάσο, ορισμένα είδη τερμιτών (*Cubitermes*) είναι τοξικά για τους νεοσσούς. Η ενσωμάτωση αποξηραμένου άλευρου μελισσών στην διατροφή των γαλοπούλων σε επίπεδα μεταξύ 0 – 30% μείωσε γραμμικά την απόδοση των πουλερικών, μια επίδραση που συνδέθηκε με την τοξικότητα του δηλητηρίου της μέλισσας (Mutungi et al., 2017).

Ο τρόπος με τον οποίο τα έντομα αντιμετωπίζουν βιολογικούς και χημικούς ρύπους προκαλεί ανησυχία. Είδη όπως ο αφρικανικός μεταξοσκώληκας πρέπει να υποβληθούν σε θερμικές επεξεργασίες για αποτοξίνωση και έτσι να γίνει το σκουλήκι ασφαλή πηγή πρωτεΐνης υψηλής ποιότητας. Διαφορετικά, η κατανάλωσή τους θα μπορούσε να οδηγήσει σε οξύ αταξικό σύνδρομο(acute ataxic syndrome) (Rodríguez-Miranda et al., 2019).Στη Νιγηρία, η κατανάλωση αφρικανικού μεταξοσκώληκα (*Anaphe venata*) συνδέθηκε με αταξικό σύνδρομο και μειωμένη συνείδηση στους ανθρώπους λόγω ανεπάρκειας θειαμίνης που προκαλείται από την αποσύνθεση της θειαμίνης από μια θερμοανθεκτική θειαμινάση που περιέχεται στις κάμπιες. Υπάρχουν ορισμένα βρώσιμα έντομα π.χ. τα λεπιδόπτερα του γένους *Zygaena* τα οποία συσσωρεύουν κυανογόνους γλυκοζίτες, οι οποίοι



απελευθερώνουν τοξικό υδροκυάνιο κατά την αποικοδόμηση. Εκτός από την οξεία τοξικότητα, έχουν γίνει συσχετισμοί μεταξύ της χρόνιας έκθεσης σε κυανογόνους γλυκοσίδες και ασθενειών όπως η σπαστική παραπληγία, η τροπική αταξική νευροπάθεια και η βρογχοκήλη (Mutungi et al., 2017). Έχουν αναφερθεί χαμηλά επίπεδα κυανογόνων γλυκοζιτών (140 mg/100 g) στα ελευθέρως συγκομιδής αποξηραμένα και κονιοποιημένα εντόμα του είδους *E. mashona* ενώ στις βρωμούσες αναφέρθηκαν χαμηλότερα επίπεδα (23 mg/100 g). Το βράσιμο για 30 λεπτά, μειώνει έως και τρεις φορές την περιεκτικότητα του *E. Mashona* σε κυανογόνους γλυκοζίτες ενώ, το πλύσιμο και το ψήσιμο της βρωμούσας, όπως παραδοσιακά συνέβαινε, αυξάνει επί τρεις φορές την περιεκτικότητα σε κυανογόνους γλυκοζίτες.

Τα δηλητηριώδη έντομα μπορούν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες εκείνα που έχουν φανεροτοξικές και κρυπτοτοξικές επιδράσεις. Τα φανεροτοξικά έντομα όπως είναι οι μέλισσες και τα μυρμήγκια συνθέτουν τα δηλητήρια σε εξειδικευμένα όργανα, αλλά οι τοξικές ουσίες αδρανοποιούνται στο πεπτικό σύστημα, επομένως ο κίνδυνος που θέτουν αφορά τη στοματική και οισοφαγική διέλευση. Τα κρυπτοτοξικά έντομα απελευθερώνουν επιβλαβείς ουσίες που προκύπτουν από τη σύνθεση ή τη συσσώρευση και οι ουσίες μπορεί να εντοπίζονται σε συγκεκριμένα όργανα ή να διαχέονται σε διαφορετικά μέρη του σώματος. Μερικά παραδείγματα από τις πιο επικίνδυνες ουσίες που βρίσκονται στα έντομα περιλαμβάνουν τα μεταβολικά στεροειδή όπως η τεστοστερόνη και η διυδροτεστοστερόνη, που βρίσκονται στα σκαθάρια. Ως εκ τούτου, η συνεχής κατανάλωση σκαθαριών μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερημένη ανάπτυξη, υπογονιμότητα, αρρενοποίηση θηλέων, οίδημα, και καρκίνο του ήπατος. Μια άλλη επιβλαβής ουσία που βρίσκεται στα σκαθάρια *Longhorn* του γένους *Stenocentrus* και *Syllitus*, είναι το τολουόλιο. Το τολουόλιο είναι ένα κατασταλτικό που επηρεάζει τον εγκέφαλο, τα νεφρά και το συκώτι (Mutungi et al., 2017). Ορισμένες διαδικασίες επεξεργασίας έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν την τοξικότητα των βρώσιμων εντόμων. Για παράδειγμα, στη Νιγηρία, (Akinnowo, Abatan and Ketiku, 2002, 2005) ο βρασμός και η ξήρανση στον ήλιο των προνυμφών *C. forda* μείωσε την καρδιακή και ηπατική τοξικότητα σε αλμπίνους αρουραίους, ενώ η ενδεδειγμένη θερμική επεξεργασία της νύμφης του *Anaphe venata* πιστεύεται ότι απενεργοποιεί τη δραστηριότητα της θειαμίνης (Mutungi et al., 2017).

Σύμφωνα με την EFSA σε πειράματα που έγιναν σε αρουραίους δεν παρατηρήθηκαν τοξικές επιδράσεις που να σχετίζονται με τη χιτίνη σε συγκεντρώσεις έως και 5% για μια περίοδο 13 εβδομάδων. Επίσης για όλες τις συγκεντρώσεις του εκχυλίσματος (έως και 250 lg/mL) του χρησιμοποιούμενου τροφίμου εντόμων δεν παρατηρήθηκε κυτταροτοξική

επίδραση σε κύτταρα θηλαστικών in vitro. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων που έγιναν στην σκόνη της προνύμφης του κίτρινου αλευροσκώληκα δεν εμφάνισαν γονοτοξικότητα (Turck et al., 2021).

#### 4. Σύνθεση

Τα έντομα καταναλώνονται παραδοσιακά ως πηγή τροφής από σχεδόν 2 δισεκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο, αποτελώντας μέρος της διατροφής πολλών χωρών. Τα περισσότερα βρώσιμα έντομα πληρούν τις καθημερινές απαιτήσεις για ενέργεια και θρεπτικά συστατικά, αφού περιέχουν πολυακόρεστα και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, απαραίτητα αμινοξέα, ψευδάργυρο, σίδηρο, φυτικές ίνες κλπ. Μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης σε σχέση με άλλες πηγές ζωικής πρωτεΐνης όπως το κοτόπουλο, το βοδινό κρέας και το ψάρι. Για παράδειγμα, ο οικιακός γρύλος όχι μόνο πληροί τις απαιτήσεις των απαραίτητων αμινοξέων που επιβάλλονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), αλλά περιέχει ακόμη μεγαλύτερες ποσότητες σε ορισμένους τύπους απαραίτητων αμινοξέων από ζωικές και φυτικές πηγές πρωτεϊνών όπως είναι το βόειο κρέας, τα αυγά και η σόγια. Τα κύρια συστατικά των εντόμων είναι πρωτεΐνες, λίπος και φυτικές ίνες (κυρίως χιτίνη). Η συγκέντρωση αυτών των ενώσεων εξαρτάται από παράγοντες όπως το είδος της τροφής, το ακριβές στάδιο ανάπτυξης των εντόμων την στιγμή της συλλογή τους, περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και από συγκεκριμένες πτυχές των μεθόδων επεξεργασίας. Άλλες ενώσεις που εμφανίζονται είναι οι πολυφαινόλες, ταννίνες, οξαλικό οξύ, φυτικό οξύ (Turck et al., 2021). Αν και υπάρχει μεγάλη μεταβλητότητα στη θρεπτική σύνθεση των εδώδιμων ειδών εντόμων, η ακρίδα *Sphenarium purpurascens* ξεχωρίζει λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας και της διαθεσιμότητάς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Όπως αναφέρθηκε τα έντομα είναι πηγές πρωτεϊνών υψηλής ποιότητας, λιπιδίων, υδατανθράκων, μεταλλικών στοιχείων και ορισμένων βιταμινών. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να έχουμε κατά νου ότι η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά μπορεί να διαφέρει από τα ελευθέρως συγκομιδής-άγρια είδη εντόμων ως τα εμπορικά εκτρεφόμενα είδη και ότι το στάδιο ανάπτυξής τους έχει επίσης αντίκτυπο στην περιεκτικότητα ορισμένων ουσιών (Klunder et al. 2012). Για παράδειγμα, τα ενήλικα έντομα του κίτρινου αλευροσκώληκα περιέχουν περισσότερη πρωτεΐνη (237 g/Kg) από τις προνύμφες τους (187 g/Kg) (Rodríguez-Miranda et al., 2019).

#### 4.1 Ενεργειακή αξία

Η ενεργειακή αξία της μεταναστευτικής ακρίδας κυμαίνεται από 690,2-2.350 kJ/100 g, ανάλογα με το σκεύασμα (αποξηραμένη, κατεψυγμένη, η σε μορφή σκόνης). Η ενεργειακή αξία των σκευασμάτων του οικιακού γρύλου είναι κατά μέσο όρο 482 (ζεματισμένη και κατεψυγμένη μορφή) και 2.240 kJ/100 g (ζεματισμένο και λυοφιλοποιημένο σκεύασμα), ενώ η ενεργειακή αξία του κίτρινου αλευροσκώληκα (ολόκληρος, αποξηραμένος) είναι κατά μέσο όρο 2,074 kJ (496 kcal)/100 g (Turck et al., 2021).

#### 4.2 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες των εντόμων είναι υψηλής ποιότητας όπως αποδεικνύεται από το υψηλό ποσοστό τους σε απαραίτητα αμινοξέα (46-96%) και την υψηλή πεπτικότητα που μπορεί να ξεπεράσει το 90% (Mutungi et al., 2017). Η περιεκτικότητα σε ακατέργαστη πρωτεΐνη στα σκευάσματα της μεταναστευτικής ακρίδας κυμαίνεται από 14,4 g-55 g/100g. Ωστόσο οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι υπερεκτιμημένες λόγω της παρουσίας του πρωτεϊνικού αζώτου που προέρχεται από την χιτίνη. Χρησιμοποιώντας τον συντελεστή μετατροπής αζώτου σε πρωτεΐνη 5,31 (για την σκόνη εντόμων) αντί για 6,25 παρατηρούμε ότι η περιεκτικότητα είναι κατά 15% χαμηλότερη από τις τιμές που έχουν προκύψει. Παρόλα αυτά για ρυθμιστικούς σκοπούς για τη διατροφική επισήμανση, η πρωτεΐνη ορίζεται ως το συνολικό άζωτο που μετράται με τη μέθοδο Kjeldahl πολλαπλασιαζόμενο με συντελεστή μετατροπής αζώτου σε πρωτεΐνη 6,25 [Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 για την παροχή πληροφοριών για τα τρόφιμα στους καταναλωτές] (Turck et al., 2021). Τα σκευάσματα του οικιακού γρύλου περιέχουν κατά μέσο όρο 15,1 g-60,3 g ακατέργαστης πρωτεΐνης ανά 100 g κατεψυγμένης (ζεματισμένη και κατεψυγμένη μορφή), και αποξηραμένης μορφής (ζεματισμένο και λυοφιλοποιημένο σκεύασμα *A. Domesticus*), αντίστοιχα, που υπολογίζεται χρησιμοποιώντας έναν παράγοντα μετατροπής πρωτεΐνης 6,25 (Turck et al., 2021). Όπως και σε άλλα σκευάσματα εντόμων η χρήση του συμβατικού παράγοντα υπερεκτιμά την πραγματική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο *A. domesticus* λόγω της παρουσίας σημαντικών ποσοτήτων μη πρωτεϊνικού αζώτου που προέρχεται κυρίως από χιτίνη (Janssen et al., 2017). Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε εντόπισε συντελεστή μετατροπής αζώτου σε πρωτεΐνη 5,57 για τη σκόνη. Χρησιμοποιώντας αυτόν τον παράγοντα, η περιεκτικότητα του αποξηραμένου σκευάσματος σε πρωτεΐνες είναι περίπου 11% χαμηλότερη σε σχέση με το αν χρησιμοποιούσαμε τον συντελεστή μετατροπής 6,25. Για ρυθμιστικούς σκοπούς όσον αφορά τη διατροφική επισήμανση, η πρωτεΐνη ορίζεται ως το συνολικό άζωτο που

μετράται με τη μέθοδο Kjeldahl πολλαπλασιαζόμενο επί ένα συντελεστή μετατροπής αζώτου σε πρωτεΐνη 6,25 [Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 για την παροχή πληροφοριών για τα τρόφιμα στους καταναλωτές] (Turck et al., 2021).

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων σχετικά με την ποσότητα των αμινοξέων των πρωτεϊνών στο ζεματισμένο και λυοφιλοποιημένο σκεύασμα του οικιακού γρύλου σε mg/g έδειξαν ότι όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, συμπεριλαμβανομένων των αμινοξέων που περιέχουν θείο, υπήρχαν σε ποσότητες παρόμοιες ή μεγαλύτερες από τα συνιστώμενα επίπεδα της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας (FAO).

Όσον αφορά τα απαραίτητα αμινοξέα η λευκίνη είναι η κυρίαρχη σε πολλά είδη εντόμων όπως το *Acheta domesticus* (80,0 mg/g πρωτεΐνη), το *Locusta migratoria* (85,0 mg/g πρωτεΐνη), σε υψηλότερα επίπεδα από ό,τι στο *A.chinensis* (67,2 mg/g πρωτεΐνη) και το *T.molitor* (75,9 mg. /g πρωτεΐνης) (Moura et al., 2022). Οι προνύμφες *Huhu* (*Huhu* grubs) περιέχουν περισσότερο από 5% πρωτεΐνη και, ως εκ τούτου, με βάση τις συστάσεις του ΠΟΥ, μπορούν να θεωρηθούν ως «καλή πηγή πρωτεΐνης».

Η περιεκτικότητα του κίτρινου αλευροσκώληκα σε ακατέργαστη πρωτεΐνη είναι κατά μέσο όρο 58.4 ( $\pm 2.2$ ) g/100g, ενώ περιεκτικότητα σε όλα τα αμινοξέα βρέθηκε να είναι υψηλότερη σε σύγκριση με άλλα τρόφιμα (κριθάρι, ψάρι, μαγιά μύρας, βοδινό/μοσχάρι, μαλακόστρακα) εκτός από την λυσίνη όπου ήταν υψηλότερη στην μαγιά μύρας (Turck et al., 2021). Όταν συγκρίνονται κατά βάρος, οι προνύμφες των κίτρινων αλευροσκώληκων (*Tenebrio molitor*), έχουν σημαντικά υψηλότερες περιεκτικότητες σε λινολεϊκό οξύ, ισολευκίνη, λευκίνη, βαλίνη, τυροσίνη, αλανίνη και βιταμίνες (εκτός από βιταμίνη B12) σε σχέση με το μοσχάρι. Το έντομο ως πηγή τροφής (π.χ. *T.molitor*) μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες σε απαραίτητα αμινοξέα, και σε ορισμένες περιπτώσεις, σε υψηλότερο ποσοστό σε σύγκριση με πιο «κοινές» πηγές τροφής, όπως είναι το βόειο κρέας (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Η αναλογία βάρους προς πρωτεΐνη ανά ξηρό βάρος της ακρίδας *S.purpurascens* είναι 50% και παραμένει σταθερή σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξης. Οι ακρίδες έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη από εκείνη του ψαριού ή του βοείου κρέατος. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ήταν κοντά στο 50% και έφτασε ακόμη και πάνω από 75%. (g /100g ξηρής βάσης δείγματος). Για παράδειγμα η ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στην ακρίδας *S.purpurascens* είναι 56 g/100g δείγματος σε ξηρή βάση ενώ η μέγιστη 75,87 g/100g δείγματος σε ξηρή βάση, την ίδια στιγμή που στο μοσχάρι κρέας είναι 17,17g/100g δείγματος και 23,27 g/100 g δείγματος σε ξηρή βάση αντίστοιχα (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Κατά τη σύγκριση της ελάχιστης και της μέγιστης συνεισφοράς πρωτεΐνης και λίπους για το *S.purpurascens* με τις ελάχιστες και

μέγιστες τιμές άλλων προϊόντων διατροφής που αντιπροσωπεύουν τις κύριες πηγές πρωτεϊνών που καταναλώνονται από τον άνθρωπο, μπορεί να φανεί ότι, ανά 100 g του δείγματος, τόσο οι ελάχιστες όσο και οι μέγιστες αναφερόμενες τιμές για την πρωτεΐνη από *S. purpurascens* είναι υψηλότερες από αυτές του μοσχαριού, χοιρινού, αρνιού, κοτόπουλου, γαλοπούλας ή ψαριού (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Μια πρόσφατη ανασκόπηση εξηγεί περαιτέρω ότι τα περισσότερα έντομα, ειδικά οι γρύλοι, πληρούν ή υπερβαίνουν τις συνιστώμενες ποσότητες για τους ενήλικες όσων αφορά τα περισσότερα απαραίτητα αμινοξέα, συμπεριλαμβανομένης της ιστιδίνης, της ισολευκίνης, της λευκίνης, της λυσίνης, της θρεονίνης, της τρυπτοφάνης και της αλίνης. Οι Raheem et al. σημειώνουν επίσης ότι τα βρώσιμα έντομα είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και περιέχουν υψηλότερες ποσότητες πρωτεΐνης από τη σόγια, η οποία είναι παραδοσιακή πηγή φυτικής πρωτεΐνης. Συγκρίνοντας την απόδοση πρωτεΐνης ανά κιλό βάρους, ορισμένα έντομα έχουν υψηλότερη απόδοση από τις συμβατικές πηγές πρωτεΐνης ζωικής προέλευσης, όπως είναι το κοτόπουλο, το βοδινό ή το χοιρινό κρέας. Από την άλλη πλευρά, κατά τη σύγκριση της εκτροφής βοοειδών και εντόμων, είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι τα έντομα απαιτούν λιγότερη ενέργεια και λιγότερα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξή τους, καταγράφοντας, σε ορισμένες περιπτώσεις, κατά προσέγγιση αύξηση 13 mg πρωτεΐνης την ημέρα κατά το τελευταίο στάδιο της ανάπτυξής τους. Αυτό είναι δυνατό επειδή έχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη μετατροπή της φυτομάζας σε βιομάζα, που έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη παραγωγή πρωτεΐνης ανά κιλό φυτομάζας που καταναλώνεται. Αντίθετα, κατά την συμβατική κτηνοτροφία καταναλώνονται 77 εκατομμύρια τόνοι πρωτεΐνης ετησίως για την παραγωγή 58 εκατομμυρίων τόνων πρωτεΐνης, η οποία είναι μη βιώσιμη, επιπλέον του ότι έχει μια δυσανάλογη επίδραση στην απώλεια βιοποικιλότητας, την εξάντληση του γλυκού νερού, την κλιματική αλλαγή και άλλα ζητήματα.

Κατά τη σύγκριση της πρωτεΐνης που προσφέρουν ορισμένα βρώσιμα έντομα με αυτή του βόειου κρέατος, προσδιορίστηκε ότι 100 γραμμάρια ψητού κρέατος παρέχουν 22,3 γραμμάρια πρωτεΐνης, ενώ 100 γραμμάρια βραστής προνύμφης σκόρου μεταξιού παρέχουν 28,2 γραμμάρια πρωτεΐνης. Από την άλλη πλευρά, 100g ακρίδας (τηγανητά) παρέχουν έως και 61,1g πρωτεΐνης υψηλής ποιότητας. Η ποιότητα της πρωτεΐνης και συνεπώς η θρεπτική αξία καθορίζεται από τη σύνθεση των αμινοξέων. Από αυτή την άποψη, έχουν διαπιστωθεί ομοιότητες μεταξύ της περιεκτικότητας σε αμινοξέα της σόγιας, των αυγών και του βοείου κρέατος και ορισμένων βρώσιμων εντόμων. Τα έντομα περιέχουν υψηλά επίπεδα φαινυλαλανίνης, γλυκίνης, τυροσίνης, λευκίνης και ισολευκίνης, τα οποία, μαζί με τα υπόλοιπα αμινοξέα που υπάρχουν, καλύπτουν τις καθημερινές

ανάγκες των ενηλίκων ανθρώπων και παιδιών προσχολικής ηλικίας (Rodríguez-Miranda et al., 2019).

### 4.3 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες που υπάρχουν στα έντομα ( περιεκτικότητες μεταξύ 6,71–15,98%) βρίσκονται κυρίως υπό την μορφή χιτίνης (γραμμικός πολυσακχαρίτης ). Γενικά, η χιτίνη αντιπροσωπεύει το 5–20% του ξηρού βάρους των εντόμων (Rodríguez-Miranda et al., 2019).Επειδή οι υδατάνθρακες αντιπροσωπεύουν την κύρια πηγή φυτικών ινών και θερμίδων για τον άνθρωπο, αποτελούν βασικά συστατικά της διατροφής. Υπό αυτή την έννοια, το έντομο *S.purpurascens* είναι μια σημαντική πηγή υδατανθράκων, καθώς οι τιμές που έχουν καταγραφεί κυμαίνονται μεταξύ 15,59 και 30,0 g/100 g δείγματος. Ωστόσο, δεν υπάρχουν μελέτες που να καθορίζουν τον τύπο των υδατανθράκων (μονοσακχαρίτης, δι-σακχαρίτης και πολυσακχαρίτης) που συνθέτουν αυτό το έντομο (Rodríguez-Miranda et al., 2019).Η χιτίνη είναι η κύρια μορφή φυτικών ινών στις προνύμφες του κίτρινου αλευροσκώληκα. Η μέση περιεκτικότητα σε χιτίνη στη σκόνη της προνύμφης του κίτρινου αλευροσκώληκα είναι  $6,42 \pm 0,28$  g/100 g. Τα σκευάσματα της μεταναστευτικής ακρίδας περιέχουν κατά μέσο όρο 1,8g (ζεματισμένη και κατεψυγμένη μεταναστευτική ακρίδα),6,5g (ζεματισμένη και λυοφιλοποιημένη μεταναστευτική ακρίδα) και 11,7g χιτίνης (ζεματισμένη, λυοφιλοποιημένη και αλεσμένη μεταναστευτική ακρίδα) ανα 100 g προϊόντος,αντίστοιχα (Turek et al., 2021).

### 4.4 Λιπαρά οξέα

Η περιεκτικότητα σε λιπαρά μπορεί να φτάσει το 77% του ξηρού βάρους των εντόμων και τα λιπαρά οξέα είναι γενικά ισάξια με εκείνα των πουλερικών και των ψαριών ως προς τον βαθμό ακορεστότητας τους, αλλά περιέχουν περισσότερα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs) όπως τα απαραίτητα λινολενικά και λινελεϊκά οξέα (Mutungi et al., 2017). Τα περισσότερα βρώσιμα έντομα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λίπη, ιδιαίτερα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs). Αυτά περιλαμβάνουν το λινολενικό και το λινελεϊκό οξύ, που συνήθως αναφέρονται ως ωμέγα-3 και ωμέγα-6 λιπαρά οξέα, αντίστοιχα (Nowakowski et al., 2021). Η περιεκτικότητα των βρώσιμων εντόμων σε λίπος είναι συνήθως μεταξύ 10-50%, αλλά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το είδος,το περιβάλλον,η διατροφή,τα στάδια αναπαραγωγής ,η εποχή,η ηλικία και το φύλο. Τα έντομα παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές απαραίτητων λιπαρών οξέων από τα ζωικά λίπη, ειδικά σε ωμέγα-3 λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας(π.χ. α-λινελαϊκό οξύ) (Rodríguez-Miranda et al., 2019).

Τα κύρια λιπαρά οξέα στη σκόνη της μεταναστευτικής ακρίδας (αποξηραμένη μαζί με τα πόδια και τα φτερά) είναι το παλμιτικό οξύ, το στεατικό οξύ, το ελαϊκό οξύ, το λινολεϊκό οξύ και το άλφα λινολενικό οξύ. Κατά μέσο όρο, τα κορεσμένα, μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (λινελαϊκό και άλφα-λινολενικό οξύ) αποτελούν το 38,2%, 39,9% και 21,9% των συνολικών λιπαρών οξέων, αντίστοιχα. Η μέση περιεκτικότητα σε trans λιπαρά οξέα είναι 0,4% (Turck et al., 2021). Τα κύρια λιπαρά οξέα στο ζεματισμένο και λυοφιλοποιημένο σκεύασμα του οικιακού γρύλου είναι το παλμιτικό οξύ, το λινολεϊκό οξύ και το ελαϊκό οξύ. Κατά μέσο όρο τα κορεσμένα, μονοακόρεστα λιπαρά και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αποτελούν το 40,8%, 28,9% και 30,3% των συνολικών λιπαρών οξέων, αντίστοιχα. Η μέση περιεκτικότητα σε trans λιπαρά οξέα είναι 0,6% των συνολικών λιπαρών οξέων. Σε προϊόντα τα οποία παρασκευάστηκαν από την προνύμφη του κίτρινου αλευροσκώληκα ,τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα αποτελούσαν κατά μέσο όρο περίπου το 47% των συνολικών λιπαρών οξέων (~ 12 g/100 g ), ακολουθούμενα από περίπου 29% πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (~ 7 g/100 g NF) και περίπου 24% κορεσμένα λιπαρά οξέα (~ 6 g/100 g ). Η μέση περιεκτικότητα σε trans λιπαρά οξέα ήταν 0,06 g/100 g τροφίμου. Το κύριο λιπαρό οξύ ήταν το ελαϊκό οξύ C18:1 (n-9c), ακολουθούμενο από το λινολεϊκό οξύ C18:2 (n-6c) και το παλμιτικό οξύ C16:0 (Turck et al., 2021).

Οι προνύμφες των εντόμων έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια και επομένως είναι σχετικές πηγές λιπαρών οξέων(ελαϊκό, λινελαϊκό και λινολενικό). Σε αυτούς τους οργανισμούς, το ελαϊκό οξύ ( $\omega$ -9) είναι συνήθως πιο άφθονο από το λινολεϊκό οξύ, το οποίο με τη σειρά του έχει υψηλότερη περιεκτικότητα από το λινολενικό οξύ, όπως αναφέρεται για τις προνύμφες του *T.molitor* (38%, 33% και 2% αντίστοιχα). Οι προνύμφες του *T. molitor* έχουν περίπου δύο και πέντε φορές περισσότερα ελαϊκά και λινολεϊκά οξέα, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τις προνύμφες του *R.phoenicis* (14% και 7%) (Parker et al. 2020). Σε ορισμένα είδη, η περιεκτικότητα σε λιπίδια είναι ακόμη υψηλότερη από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, όπως στο *A.chinesis* (55 και 31%, αντίστοιχα) (Wu et al. 2020b), στο *R.phoenicis* (53 και 33%) ,και ένα *L.apiculatum* (46 και 35%). Το είδος *S.purpurascens* έχει αναφερθεί ότι περιέχει έως και 11,0 g/100 g δείγματος , κάτι που είναι σχετικό δεδομένου ότι το λίπος των εντόμων θεωρείται σημαντική πηγή ακόρεστων λιπαρά οξέων (Rodríguez-Miranda et al., 2019).Επιπλέον, παρατηρείται ότι για την ελάχιστη συγκέντρωση λίπους, μόνο το αρνίσιο κρέας έχει υψηλότερη περιεκτικότητα και για τις μέγιστες τιμές, το *S.purpurascens* ήταν υψηλότερο μόνο από τη γαλοπούλα και το ψάρι. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να διεξαχθούν μελέτες που να καθορίζουν τον τύπο των λιπαρών οξέων που υπάρχουν στο *S.purpurascens* καθώς δεν υπάρχουν σχετικές μελέτες (Rodríguez-Miranda



et al., 2019). Στις προνύμφες *Hulu* (*Prionoplus reticularis*) η συνολική περιεκτικότητα σε λίπος αυξήθηκε κατά το στάδιο της ανάπτυξης και ήταν υψηλότερο στις νύμφες. Γενικά, τα λιπίδια των εντόμων είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου, μια ιδιότητα που τα καθιστά κατάλληλα για χρήση ως συστατικά σε διάφορα προϊόντα διατροφής, όπως τηγανέλαια, γαλακτώματα ή λιπαντικά τροφίμων .

#### 4.5 Δευτερεύοντα συστατικά

Εκτός από την υψηλή περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες και ακόρεστα λιπαρά οξέα, τα βρώσιμα έντομα είναι πλούσια σε αρκετές βιταμίνες και μέταλλα (Nowakowski et al., 2021). Τα βρώσιμα έντομα είναι πλούσια σε μέταλλα, όπως κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, χαλκός, σίδηρος, ψευδάργυρος, μαγγάνιο και φώσφορο, πιθανώς λόγω των πηγών τροφής τους. Επίσης περιέχουν καροτίνη και βιταμίνες B1, B2, B6, C, D, E και K. Τα έντομα προφανώς μπορεί να είναι καλές πηγές βιταμινών B, αλλά ορισμένα έντομα έχουν χαμηλά επίπεδα θειαμίνης (βιταμίνη B1) (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Τα βρώσιμα έντομα περιέχουν σίδηρο που βρίσκεται υπό την μορφή αιμικού σιδήρου ο οποίος είναι πιο εύκολα αφομοιώσιμος από τον άνθρωπο σε σχέση με τη μορφή σιδήρου που βρίσκεται συνήθως στα φυτά. Συγκεκριμένα, ο οικιακός γρύλος αποτελείται από περίπου 8,75 mg σιδήρου ανά 100 γραμμάρια ξηράς ουσίας, και εκτιμάται ότι οι γρύλοι έχουν 180% μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σίδηρο από το βόειο κρέας, γεγονός που τους καθιστά συγκρίσιμη, αν όχι καλύτερη πηγή σιδήρου από τις παραδοσιακές ζωικές πηγές. Ο οικιακός γρύλος είναι επίσης πλούσιος σε βιταμίνη B12, όπου περιέχει περίπου 5,4 mg βιταμίνης B12 ανά 100 γραμμάρια ξηράς ουσίας (Nowakowski et al., 2021). Επίσης ο οικιακός γρύλος περιέχει υψηλές ποσότητες βιταμινών του συμπλέγματος B, όπως είναι η θειαμίνη, η ριβοφλαβίνη και το φολικό οξύ. Επιπλέον, ο οικιακός γρύλος είναι μια καλή πηγή ασβεστίου, ψευδαργύρου, νατρίου, βιταμίνης A και βιταμίνης C. Οι γρύλοι περιέχουν υψηλότερες ποσότητες ασβεστίου, νατρίου, σιδήρου, ριβοφλαβίνης, βιταμίνης A και βιταμίνης C συγκριτικά με κρέατα όπως είναι το κοτόπουλο, το χοιρινό και το βοδινό (Nowakowski et al., 2021). Στην Αφρική, τα κύρια βρώσιμα είδη περιλαμβάνουν τους τερμίτες, τις ακρίδες, τα σκαθάρια, τις κάμπιες και τους γρύλους, μεταξύ περίπου 500 ειδών εντόμων που αποτελούν μέρος της παραδοσιακής τοπικής διατροφής. Αυτά τα έντομα έχουν σημαντικά υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, με έμφαση στο κρίκετ *Ruspolia differens*, του οποίου η βιομάζα περιέχει 73% πρωτεΐνη στην ενήλικη ζωή του. Εκτός από καλές πηγές πρωτεϊνών, ορισμένα έντομα όπως η κάμπια *Imbrasia belina* στην προνυμφική φάση της παρέχουν σημαντικές ποσότητες φυτικών ινών (16%). Η κατανάλωση 32 γραμμαρίων πάστας φυσι-

κιού που περιέχει 30% *R.phoenicis* καλύπτει το 99% της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης σε πρωτεΐνες σε παιδιά ηλικίας 6 έως 12 μηνών και το 84% για παιδιά ηλικίας 1 έως 3 ετών. Επιπλέον, αυτό το είδος είναι πηγή βιταμινών B1, B2, B3, B12 και, ιδιαίτερα, βιταμίνης E (11,2 mg/100 g) (Moura et al., 2022). Τα περισσότερα έντομα, ειδικά οι γρύλοι, είναι πλούσιοι σε σίδηρο, με επίπεδα σιδήρου 3 φορές υψηλότερα από αυτά του βόειου κρέατος (Moura et al., 2022).

Οι προνύμφες του εντόμου *Prionoplus reticularis* («*Huhu grubs*») καλλιεργούνται σε εμπορική κλίμακα ,και αποτελούν μέρος της παραδοσιακής διατροφής στην Νέα Ζηλανδία. Ωστόσο, δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση ή την ασφάλεια των προνυμφών ως τρόφιμο. Μια προσεγγιστική ανάλυση (58,7–75,2% υγρασία, 26,2–30,5% πρωτεΐνες, 32,1–58,4% λίπος και 1,5–3,2% ξηρό βάρος τέφρας) διαπίστωσε ότι οι προνύμφες *Huhu* περιέχουν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών. Συγκεκριμένα βρέθηκαν σαράντα μέταλλα για τέσσερα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης της προνύμφης *Huhu* (μικρές, μεσαίες, μεγάλες προνύμφες και νύμφες, συλλεγμένες από την φύση). Ανιχνεύτηκαν 28 μέταλλα, (11 απαραίτητα, 13 μη απαραίτητα και τέσσερα βαρέα μέταλλα). Τα πιο άφθονα μέταλλα ήταν το μαγγάνιο, το μαγνήσιο, ο φώσφορος, ο σίδηρος, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος. Η περιεκτικότητα των προνυμφών *Huhu* σε βαρέα μέταλλα βρέθηκε να είναι κάτω από τα επίπεδα ανίχνευσης για το αρσενικό και το βανάδιο, αλλά το κάδμιο και ο μόλυβδος ήταν ανιχνεύσιμα. Με βάση την προσεγγιστική ανάλυση και την περιεκτικότητα σε μέταλλα, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν, ότι η μέτρια κατανάλωση των προνυμφών *Huhu* είναι ασφαλής και θρεπτική (Kavle et al., 2022). Οι μικρές προνύμφες *Huhu* (*Prionoplus reticularis*) έχουν διαφορετική σύνθεση μετάλλων σε σύγκριση με τις μεσαίες, τις μεγάλες προνύμφες και τις νύμφες. Οι μεσαίες και οι μεγάλες προνύμφες βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη λόγω της πιθανής ομοιότητας τους όσον αφορά την σύνθεση και τα επίπεδα των μετάλλων. Ορισμένα μέταλλα όπως το νάτριο, το βάριο, το κάλιο, το κάδμιο, ο ψευδάργυρος και το νικέλιο βρίσκονται σε υψηλότερες ποσότητες στις μικρές προνύμφες. Αν και οι νύμφες φαίνεται να έχουν χαμηλότερα επίπεδα μετάλλων από αυτά που υπάρχουν στις μικρές προνύμφες, οι νύμφες περιέχουν σημαντικά επίπεδα σιδήρου, ασβεστίου, σεληνίου και χρωμίου. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τις διαφορετικές διατροφικές συνήθειες μεταξύ των μικρών προνυμφών και των νυμφών καθώς οι νεαρές προνύμφες τρώνε για να καλύψουν τις απαιτήσεις για ανάπτυξη και συντήρηση, αλλά καθώς εξελίσσονται σε νύμφες, επενδύουν την ενέργεια στη μεταμόρφωση και την αναπαραγωγή (Kavle et al., 2022). Επίσης η περιεκτικότητα σε υγρασία ήταν υψηλότερη στις μικρές προνύμφες *Huhu*, οι οποίες είχαν τα υψηλά επίπεδα

νατρίου, υποδεικνύοντας με αυτό τον τρόπο ότι το νάτριο παίζει σημαντικό ρόλο στη συγκράτηση του νερού που απαιτείται για την ανάπτυξη των προνυμφών *Huhu* (Kavle et al., 2022). Όλες οι μορφές της προνύμφης *Huhu* περιείχαν σίδηρο σε παρόμοια επίπεδα (28,0–37,0 mg kg<sup>-1</sup>). Το είδος *P.Reticularis* μπορεί να θεωρηθεί πιθανή πηγή σιδήρου, καθώς τα επίπεδα πληρούν τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη (recommended dietary allowance) των 8–15 mg την ημέρα (παιδιά), 8–18 mg την ημέρα (γυναίκες) και 8 mg την ημέρα (άνδρες) (Trumbo et al., 2001). Εάν οι προνύμφες *Huhu* ήταν η μόνη πηγή σιδήρου σε ένα τυπικό καθημερινό γεύμα, τότε 350, 400 και 250 g προνύμφης (ξηρό βάρος) για παιδιά, γυναίκες και άνδρες αντίστοιχα, θα μπορούσαν να καλύπτουν τις ημερήσιες ανάγκες σε σίδηρο (Kavle et al., 2022).

## **5. Παράγοντες που επηρεάζουν την διατροφική σύσταση/κατάσταση των εντόμων καθώς και τις λειτουργικές ιδιότητες τους**

### **5.1 Απεντέρωση**

Η απεντέρωση είναι μια διαδικασία η οποία εφαρμόζεται σε ορισμένα είδη εντόμων, και αναφέρεται στην αφαίρεση της ξένης ύλης, των πεπτικών υπολειμμάτων και στον διαχωρισμό των δυσάρεστων τμημάτων αφαιρώντας τα φτερά, τα πόδια και το κεφάλι. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επηρεάσει το περιεχόμενο των εντόμων σε θρεπτικά συστατικά. Για παράδειγμα, το απεντερωμένο σκουλήκι morane (*Imbrasia belina*) είχε υψηλότερη συγκέντρωση σε πρωτεΐνες σε σύγκριση με τα μη απεντερωμένα έντομα. Αυτό επιβεβαιώθηκε και σε μια άλλη μελέτη στην οποία παρατηρήθηκε, σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη μετά την αφαίρεση των εντέρων της εδώδιμης κάμπιας (*Imbrasia epimethea*). Η αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες μετά την απεντέρωση συνδέθηκε με την απομάκρυνση των υδαντανθράκων του εντέρου με αποτέλεσμα μια σχετικά μεγαλύτερη ποσότητα των υπόλοιπων συστατικών (Matiza Ruzengwe et al., 2022).

### **5.2 Θερμική επεξεργασία**

Σε μια μελέτη ερευνήθηκε η επίδραση του βρασμού και του ψησίματος στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών και στην πεπτικότητα των σκαθαριών (*Eulepida mashona*) και του γρύλου (*Henicus whelani*). Το βράσιμο (30 και 60 λεπτά) προκαλεί μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και της πεπτικότητας τόσο των σκαθαριών όσο και του γρύλου, ενώ το ψήσιμο προκάλεσε μείωση της πεπτικότητας των πρωτεϊνών μόνο στους γρύλους. Ωστόσο, μια μελέτη σε βρώσιμες κάμπιες, άλλο μέλος της οικογένειας των λεπιδόπτερων, έδειξε ότι το βράσιμο για 30 λεπτά δεν άσκησε σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Αντίθετα, ο βρασμός (για 1 λεπτό) του αλευροσκώληκα (*Tenebrio molitor L.*) προκάλεσε σημαντική αύξηση στην *in vitro* πεπτικότητα της ακατέργαστης πρωτεΐνης. Επομένως, αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι η διάρκεια βρασμού έχει αντίκτυπο στη σύνθεση και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών. Η παρατηρούμενη μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη μετά το βρασμό έχει συσχετιστεί με την υδρόλυση τμημάτων του συνδετικού ιστού και άλλων πρωτεϊνών καθώς και με την μετανάστευση διαλυτών πρωτεϊνών στον οπό του εντόμου (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Το τηγάνισμα του αλευροσκώληκα οδήγησε σε σημαντική μείωση της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών ενώ το μαγείρεμα υπό συνθήκες κενού καθώς και το μαγείρεμα στο φούρνο αύξησαν την πεπτικότητα των ακατέργαστων πρωτεϊνών. Τα αλεύρια από

προηγουμένως τηγανισμένες και βρασμένες σουδανικές ακρίδες (*Anacridium melanorhodon*) ήταν πλούσια σε πρωτεΐνες (67,75% και 66,24%, αντίστοιχα) και το τηγάνισμα μείωσε την *in vitro* πεπτικότητα της πρωτεΐνης. Οι χαμηλές *in vitro* τιμές πεπτικότητας που παρατηρήθηκαν σε δείγματα τηγανισμένου αλεύρου αποδίδονταν σε άλατα φυτικών οξέων τα οποία σχημάτισαν σύμπλοκα με τις πρωτεΐνες καθιστώντας τα μη διαθέσιμα (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ενήλικους οικιακούς γρύλους (*Acheta domesticus*) και προνύμφες αλευροσκώληκων (*Tenebrio molitor*) έδειξε ότι το μαγείρεμα στο φούρνο δεν επηρέασε την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, αλλά προκάλεσε σημαντική μείωση *in vitro* στην πεπτικότητα της ακατέργαστης πρωτεΐνης. Επίσης, οι φρυγανισμένες, φρέσκο αποξηραμένες και φρυγανισμένες-αποξηραμένες πράσινες και καφέ ακρίδες (*Ruspolia differens*) είχαν χαμηλή *in vitro* πεπτικότητα σε σύγκριση με τις μη επεξεργασμένες. Ωστόσο, και οι τρεις μέθοδοι επεξεργασίας δεν επηρέασαν την *in vitro* πεπτικότητα του τερμίτη (*Macrotermes subhylanus*). Η μέθοδος επεξεργασίας μπορεί να μειώσει ή να αυξήσει την πεπτικότητα των πρωτεϊνών κυρίως ανάλογα με τις συνθήκες επεξεργασίας. Η έκθεση σε θερμοκρασίες μετουσίωσης όπως αυτές που χρησιμοποιούνται κατά το βράσιμο και το μαγείρεμα στο φούρνο μπορεί είτε να αυξήσουν είτε να μειώσουν την πεπτικότητα της πρωτεΐνης. Η αλλαγή στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης εξαρτάται κυρίως από τον μετασχηματισμό της πρωτεΐνης (δομικές αλλαγές όπως μετουσίωση, σταυροσύνδεση και αλληλεπίδραση με λιπίδια και υδατάνθρακες) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας θέρμανσης ή της μεθόδου επεξεργασίας. Εκτός από αυτό, η χρήση υψηλών θερμοκρασιών μπορεί επίσης να αδρανοποιήσει αντιθρεπτικές ενώσεις όπως οι αναστολείς θρυψίνης. Η αύξηση της πεπτικότητας των φυσικών πρωτεϊνών μπορεί να συμβεί μέσω του ξεδιπλώματος της πολυπεπτιδικής αλυσίδας, καθιστώντας έτσι την πρωτεΐνη πιο ευαίσθητη στα πεπτικά ένζυμα. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, όπως παρατηρήθηκε στις παραπάνω μελέτες, η πεπτικότητα μειώνεται. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εμφάνιση αντιδράσεων που προκαλούνται μεταξύ των αμινοξέων που δεν μπορούν να υδρολυθούν από τα πεπτικά ένζυμα όπως ο σχηματισμός δισουλφιδικών δεσμών εντός των πρωτεϊνών (Matiza Ruzengwe et al., 2022).

Όσον αφορά τα μέταλλα μια μελέτη έδειξε ότι τόσο το βράσιμο όσο και το ψήσιμο είχαν αρνητική επίδραση στην περιεκτικότητα των σκουληκιών *torane* σε ψευδάργυρο (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Αν και δεν αναφέρθηκε καμία επίδραση στην περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο και σίδηρο τόσο στα σκαθάρια όσο και στους γρύλους, η βιοπροσβασιμότητα του σιδήρου και του ψευδαργύρου στα βρασμένα σκαθάρια μειώθηκε. Αντιφατικά αποτελέσματα αναφέρθηκαν στο βρασμένο Σουδανέζικο αλεύρι ακρίδων, το οποίο

παρουσίασε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο και σίδηρο και ικανότητα εκχύλισης σε σύγκριση με το δείγμα τηγανισμένου αλεύρου (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Σε άλλη μελέτη αναφέρθηκε μείωση της τάξεως 15,8% και 36,7% στην περιεκτικότητα του ψευδάργυρου και σιδήρου στον μεταξοσκώληκα που έχει υποστεί ζύμωση σε σύγκριση με τους μη ζυμωμένους. Δεδομένου ότι μέταλλα όπως ο ψευδάργυρος και ο σίδηρος βρίσκονται υπό την μορφή συμπλόκου με άλλα συστατικά τροφίμων, αυτά μπορεί επίσης να διαφέρουν μεταξύ των μετάλλων και των ειδών εντόμων. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, τα δυσθερή μέταλλα αλληλεπιδρούν με τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες μειώνοντας έτσι τη βιοπροσβασιμότητά τους. Η βιοπροσβασιμότητα των πρωτεϊνών μπορεί να μειωθεί από τις υψηλές ποσότητες αδιάλυτων διαιτητικών ινών, οι οποίες συνδέονται με τον σίδηρο και τον ψευδάργυρο. Το μαγείρεμα μειώνει τα ένζυμα αποικοδόμησης, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής των προϊόντων που περιέχουν έντομα. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια αυτών των διεργασιών θερμικής επεξεργασίας (μαγείρεμα, βράσιμο, ξήρανση, ψήσιμο και φρυγάνισμα) ορισμένα θρεπτικά συστατικά (π.χ. πρωτεΐνες, και μέταλλα), μπορεί να χαθούν μέσω διαλυτοποίησης, απώλειας, δια- και ενδοβιοχημικών αντιδράσεων ή σχηματισμού νέου παραπροϊόντος, μετουσίωση των πρωτεϊνών, καταστροφή των αμινοξέων ή τροποποίηση τους και λόγω των αντιδράσεων Maillard. Οι αντιδράσεις αυτοοξειδωσης (οι οποίες επιταχύνονται σε υψηλές θερμοκρασίες μαγειρέματος) διευκολύνουν τον σχηματισμό ομοιοπολικών δεσμών που συνδέουν αμετάκλητα τις πολυφαινόλες με τις πρωτεΐνες, επομένως μειώνουν την πεπτικότητα των πρωτεϊνών. Άλλοι λόγοι που οδηγούν στην μείωση της πέψης των πρωτεϊνών είναι η αύξηση της περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες ή η απώλεια της διαθέσιμης λυσίνης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας (Mutungi et al., 2017).

Αν και η θερμική επεξεργασία μειώνει την θρεπτική αξία των εντόμων, το βράσιμο, για παράδειγμα, απενεργοποιεί τα ενδογενή ένζυμα που είναι ικανά να υποβαθμίσουν ή να αλλοιώσουν το προϊόν καθώς και μειώνει το αρχικό μικροβιακό φορτίο. Οι τεχνικές επεξεργασίας όπως το ψήσιμο μειώνουν την περιεκτικότητα σε υγρασία και την ενεργότητα νερού στο έντομο, επιβραδύνοντας έτσι τη μικροβιακή ανάπτυξη, τις χημικές και ενζυμικές αντιδράσεις αυξάνοντας στη συνέχεια τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (Matiza Ruzengwe et al., 2022).

### 5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργικές ιδιότητες

#### 5.3.1 Απορρόφηση Νερού

Ο βαθμός απορρόφησης του νερού είναι ένας σημαντικός δείκτης απόδοσης των τροφίμων καθώς η υψηλή απορρόφηση νερού είναι επιθυμητή για προϊόντα που απαιτούν υψηλό ιξώδες όπως τα αρτοσκευάσματα (Mutungi et al., 2017).

Το σουδανικό αλεύρι ακρίδας που προέρχεται από τηγανητές ακρίδες εμφάνισε χαμηλότερη ικανότητα απορρόφησης νερού από παρόμοιο αλεύρι προερχόμενο από βρασμένες ακρίδες. Τα αλεύρια των βρασμένων και αποξηραμένων προνυμφών του είδους *C. forda* που ελήφθησαν δειγματοληπτικά από τοπικές υπαίθριες αγορές της Νιγηρίας διέθεταν καλή ικανότητα απορρόφησης νερού (248 g/100 g). Ωστόσο παρατηρήθηκε υψηλότερη ικανότητα απορρόφησης νερού (300 g/100 g) στα φρεσκοκομμένα, βρασμένα, αποξηραμένα στο φούρνο (40 °C) και αλεσμένα έντομα του είδους *C. forda* υποδηλώνοντας έτσι τις πιθανές επιπτώσεις των μεθόδων επεξεργασίας ή αποθήκευσης στην απορρόφηση νερού. Το ψήσιμο μείωσε την ικανότητα απορρόφησης νερού στα έντομα του είδους *R. phoenicis*, ενώ το βράσιμο και το κάπνισμα δεν επηρέασαν αυτήν την ιδιότητα. Το ψήσιμο των εντόμων ενίσχυσε την συσσωμάτωση ή την διασύνδεση των πρωτεϊνών (σταυροειδής σύνδεση) που θα μπορούσαν να καλύψουν πολικές ομάδες, με αποτέλεσμα να μειώσουν την ικανότητα ενυδάτωσης. Έτσι τα ψητά έντομα μπορεί να μην είναι κατάλληλα για τη παρασκευή καινοτόμων προϊόντων που απαιτούν υψηλό ιξώδες. Διάφορες μέθοδοι ξήρανσης των εντόμων του είδους *R. phoenicis* (ξήρανση στον ήλιο, ξήρανση με ηλεκτρική ενέργεια, κάπνισμα) κατέληξαν σε αποξηραμένα προϊόντα με μειωμένη ικανότητα απορρόφησης νερού λόγω κυτταρικής και δομικής αποσύνθεσης. Η αφυδάτωση προκαλεί σκλήρυνση της υφής και μείωση της ικανότητας απορρόφησης νερού κατά την επανυδάτωση καθώς το απομένου νερό προκαλεί το σχηματισμό δισουλφιδικών γεφυρών και δεσμών υδρογόνου μεταξύ των πρωτεϊνών που προσκολλώνται ισχυρά μεταξύ τους. Η διατήρηση των επεξεργασμένων εντόμων του είδους *R. phoenicis* υπό συνθήκες κατάψυξης είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της απορρόφησης του νερού λόγω της αναδιάταξης ή της συσσώρευσης πρωτεϊνών. Επιπλέον, η διάρρηξη των κυττάρων που προκαλείται από τους κρυστάλλους του πάγου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε συνθήκες κατάψυξης έχει σαν αποτέλεσμα να απελευθερώνονται λιπαρά οξέα που μειώνουν τον υδρόφιλο χαρακτήρα των πρωτεϊνών (Mutungi et al., 2017).

### **5.3.2 Ικανότητα συγκράτησης νερού(ΙΣΝΕ)**

Η ΙΣΝΕ επηρεάζεται από το μέγεθος και το σχήμα της πρωτεΐνης, τους στερικούς παράγοντες, την υδρόφιλη-υδρόφοβη ισορροπία των αμινοξέων καθώς και τη σύνθεση των λιπιδίων και των υδατανθράκων. Γενικά, το βράσιμο και το τηγάνισμα μειώνουν την ικανότητα συγκράτησης νερού των αλεύρων από Σουδανέζικες ακρίδες, πιθανώς λόγω συστολής και μετουσίωσης της μήτρας ή ξεδίπλωσης των πρωτεϊνών κατά τη θέρμανση με αποτέλεσμα οι υδρόφοβες ομάδες να είναι εκτεθειμένες (Mutungi et al., 2017).

### **5.3.3 Ικανότητα απορρόφησης λαδιού**

Η ικανότητα της υδρόφοβης αλληλεπίδρασης των μορίων καθορίζει την ικανότητα απορρόφησης λαδιού η οποία είναι μια επιθυμητή ιδιότητα για την διατήρηση της γεύσης και την βελτιωμένη γευστικότητα και αίσθηση στο στόμα κατά την κατανάλωση. Το αλεύρι της σουδανικής ακρίδας το οποίο προέκυψε από άλεσμα τηγανισμένων και αποξηραμένων δειγμάτων εμφάνισε υψηλότερη ικανότητα απορρόφησης λίπους από το αλεύρι που προέκυψε από βρασμένα και αποξηραμένα δείγματα. Το αλεύρι που παράγεται από βρασμένες και αποξηραμένες στον ήλιο προνύμφες του είδους *C.Forda*, τα οποία συλλέχθηκαν από την τοπική αγορά της Νιγηρίας είχε χαμηλή ικανότητα απορρόφησης ελαίου (178 g/100 g). Υψηλότερες τιμές (358 g/100 g) αναφέρθηκαν για παρόμοιο αλεύρι που είχε παραχθεί από φρεσκοκομμένα βρασμένα, αποξηραμένα στο φούρνο (40 βαθμούς Κελσίου) και αλεσμένα έντομα του είδους *C.Forda*. Το βράσιμο, οι διαδικασίες μαγειρέματος όπως το ψήσιμο στη σχάρα, το ψήσιμο και το κάπνισμα μείωσαν σημαντικά την ικανότητα απορρόφησης λαδιού των εντόμων του είδους *R.phoenicis*. Αυτές οι μειώσεις θα μπορούσαν να οφείλονται στην παραμόρφωση της φυσικής δομής των πρωτεϊνών και στον σχηματισμό σταυροδεσμών και συσσωματωμάτων (Mutungi et al., 2017). Οι διαδικασίες της αφυδάτωσης καθώς και η αποθήκευση στο ψυγείο μείωσαν την απορρόφηση του λαδιού κατά 15 έως 30 % στα άλευρα του είδους *R. phoenicis* (Mutungi et al., 2017).

### **5.3.4 Ιδιότητες διασποράς/γαλακτωματοποίησης/αφρισμού**

Η ικανότητα διασποράς είναι επιθυμητή για την ενίσχυση των γαλακτωματοποιητικών και αφριστικών ιδιοτήτων των πρωτεϊνών σε σκευάσματα που μοιάζουν με τη ζύμη. Αυτές οι ιδιότητες εξαρτώνται από τη φύση της πρωτεΐνης και τις συνθήκες της διεργασίας. Η γαλακτωματοποιητική ικανότητα και η υψηλή σταθερότητα του υποδηλώνουν καλή λειτουργικότητα ως παράγοντας υφής σε προϊόντα (Mutungi et al., 2017).



Η γαλακτωματοποιητική δραστηριότητα, η ικανότητα του γαλακτώματος και η ικανότητα αφρισμού επηρεάζονται από το pH. Εκτός από την ικανότητα αφρισμού, υψηλότερες τιμές αυτών των παραμέτρων λήφθηκαν σε αλκαλικό pH τόσο για τα βρασμένα όσο και για τηγανητά άλευρα ακρίδων. Η σταθερότητα του γαλακτώματος και η σταθερότητα του αφρού ήταν υψηλότερα στην αλκαλική περιοχή (Mutungi et al., 2017). Τα αλεύρια που παράγονται από τηγανητές ή βρασμένες ακρίδες του Σουδάν παρουσιάζουν υψηλότερη ικανότητα διασποράς σε ουδέτερα περιβάλλοντα σε σύγκριση με όξινα (pH 3) και αλκαλικά (pH 10).

Τα αλεύρια τα οποία προέκυψαν από την επεξεργασία βρασμένων και αποξηραμένων προνυμφών του είδους *C.forda* (συλλέχθηκαν σε υπαίθριες αγορές της Νιγηρίας) παρουσίασαν καλή ικανότητα σχηματισμού γαλακτώματος (135 g/100 g), αλλά η ικανότητα αφρισμού δεν ήταν καλή λόγω κακής διασποράς. Έχει αναφερθεί καλύτερη ικανότητα αφρισμού για παρόμοιο αλεύρι που προέκυψε από την επεξεργασία φρεσκοκομμένου βρασμένου και αποξηραμένου στο φούρνο εντόμου του είδους *C.forda*.

Παρόλο που ο κίτρινος αλευροσκώληκας είναι πλούσιος σε πρωτεΐνη, αυτή δεν έχει χρησιμοποιηθεί πλήρως στη βιομηχανία τροφίμων. Μια μελέτη ερεύνησε συστηματικά τις φυσικοχημικές ιδιότητες και την γαλακτωματοποιητική ικανότητα της πρωτεΐνης του κίτρινου αλευροσκώληκα (που εκχυλίστηκε με την αλκαλική μέθοδο). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη έφτανε μέχρι και 91,2% και ότι η πρωτεΐνη του κίτρινου αλευροσκώληκα ήταν αμφίφιλη με σφαιρική δομή. Η πρωτεΐνη του κίτρινου αλευροσκώληκα χρησιμοποιήθηκε ως φυσικός γαλακτωματοποιητής για την δημιουργία συστημάτων γαλακτώματος τύπου λάδι σε νερό. Σε συγκεντρώσεις από 0,5-2,5% (m/v) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη σταθερών γαλακτωμάτων με 50-80% (v/v) κλάσμα ελαίου υπό διασπορά υψηλής ταχύτητας. Τα συστήματα του γαλακτώματος της πρωτεΐνης του κίτρινου αλευροσκώληκα είχαν εξαιρετικά σταθεροποιητικά αποτελέσματα. Επίσης εμφάνισαν καλή θερμική σταθερότητα (αντοχή) και σταθερότητα στο pH. Η εξαιρετική σταθεροποιητική δράση των συστημάτων του γαλακτώματος της πρωτεΐνης του κίτρινου αλευροσκώληκα, παρέχει την δυνατότητα για την εμπορική εφαρμογή του στις βιομηχανίες τροφίμων και την παροχή λιποδιαλυτών δραστικών συστατικών. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι όταν η συγκέντρωση της πρωτεΐνης αυξήθηκε στο 1,5%, μπορούσαν να ληφθούν σταθερά γαλακτώματα που περιέχουν 50%, 60%, 70% και 80% (o/o) λάδι το οποίο επιδεικνύει εξαιρετική απόδοση γαλακτωματοποίησης. Επιπλέον, καθώς το κλάσμα όγκου της ελαιώδους φάσης αυξανόταν, τα συστήματα του γαλακτώματος της πρωτεΐνης του κίτρινου αλευροσκώληκα εμφάνισαν υψηλότερο ιξώδες και δομή γέλης (Huang et al., 2022)

## **6. Οφέλη για την υγεία**

Η έλλειψη βιταμινών, μετάλλων και μακροθρεπτικών συστατικών που υπάρχουν σε πρωτεΐνες, λιπίδια και υδατάνθρακες και η αδυναμία απορρόφησης θρεπτικών συστατικών από τα τρόφιμα είναι οι κύριες αιτίες υποσιτισμού. Οι οικογένειες με χαμηλό εισόδημα ακολουθούν γενικά ποιοτικά και ποσοτικά μη ισορροπημένες δίαιτες, καταναλώνοντας 20% περισσότερους υδατάνθρακες και 50% λιγότερες πρωτεΐνες από τις πλουσιότερες οικογένειες FAO (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών 2019). Η ανεπάρκεια πρωτεϊνών προκαλεί σοβαρές φυσιολογικές βλάβες, καθώς οι πρωτεΐνες μεσολαβούν σε διάφορες ζωτικές λειτουργίες και είναι απαραίτητες για τον δομικό σχηματισμό του ανθρώπινου οργανισμού, ιδιαίτερα στην πρώιμη ζωή, όταν ο μεταβολισμός και η ανάπτυξη είναι ταχύτερη (Moura et al., 2022).

### **6.1 Μικροβίωμα του εντέρου-Οφέλη στο γαστρεντερικό σύστημα**

Οι διατροφικές συνήθειες των ανθρώπων μεταβάλλουν την σύνθεση και την λειτουργία της μικροχλωρίδας του εντέρου. Αυτό επηρεάζει έναν από τους ρόλους της μικροχλωρίδας του εντέρου - την παραγωγή λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας (SCFA). Έχει αποδειχθεί ότι τα SCFA επηρεάζουν τη λειτουργία του ίδιου του εντέρου και του ανθρώπινου σώματος (Zhao et al. 2016). Ένα παράδειγμα SCFA, είναι το οξικό άλας, το οποίο είναι απαραίτητος συν-παράγοντας/μεταβολίτης για την ανάπτυξη των βακτηρίων, παρέχει την ικανότητα των μπιφιντοβακτηρίων (Bifidobacteria) να αναστέλλουν τα εντεροπαθογόνα και να μειώνουν την όρεξη του ξενιστή μέσω της αλληλεπίδρασης με το κεντρικό νευρικό σύστημα (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Σε σχέση με την αύξηση της αφθονίας και της ποικιλομορφίας των ωφέλιμων βακτηρίων στο έντερο, η κατανάλωση εντόμων σχετίζεται με την παραγωγή λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας (SCFAs). Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε κοτόπουλα, διαπιστώθηκε ότι το προπιονικό, και το βουτυρικό SCFA παράγονται όταν η χιτίνη διασπάται από την μικροχλωρίδα του εντέρου. Τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας προκαλούν την απελευθέρωση ορμονών που σχετίζονται με τον κορεσμό, έτσι τα κοτόπουλα που ακολουθούν μια δίαιτα με βάση τα έντομα καταλάωναν λιγότερη τροφή από όσα λαμβάνουν δίαιτα σόγιας. Οι αυξημένες ποσότητες προπιονικού και βουτυρικού οξέως συσχετίστηκαν με μειωμένα επίπεδα χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων στο αίμα των κοτόπουλων που έλαβαν τη δίαιτα με γεύμα εντόμων καθώς και με αύξηση της ενέργειας (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Η διατροφή είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη μικροχλωρίδα του εντέρου με μεγάλο εύρος επιδράσεων στον ξενιστή (π.χ. επηρεάζει την

εντερική διαπερατότητα). Τα έντομα έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν πολλά οφέλη στην ανθρώπινη υγεία χάρη στην ήδη αναφερθείσα θρεπτική τους αξία (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Η χιτίνη, η οποία βρίσκεται στους εξωσκελετούς των εντόμων, είναι μια καλή πηγή φυτικών ινών και μπορεί να ενισχύσει το ανοσοποιητικό σύστημα. Οι ευεργετικές επιδράσεις των εντόμων στο μικροβίωμα του εντέρου και η αντιμικροβιακή δράση έχουν συσχετιστεί με την περιεκτικότητά τους σε χιτίνη (Melgar-Lalanne et al., 2019). Η χιτίνη μπορεί να προάγει την επιλεκτική ανάπτυξη των βακτηρίων στο μικροβίωμα του ανθρώπινου εντέρου. Αυτά τα βακτήρια είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της φυσιολογικής κατάστασης του εντέρου, για την προστασία του ανοσοποιητικού συστήματος του οργανισμού, την αποτελεσματικότητα της μεταβολικής διαδικασίας και μπορεί ακόμη και να παίξουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη/θεραπεία σύγχρονων διαταραχών (π.χ. διαβήτη και παχυσαρκία) (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Τα ευρήματα μιας έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε ενήλικες στους οποίους δόθηκε ρόφημα πρωϊνού το οποίο περιείχε βρώσιμους γρύλους, πρότεινε ότι η κατανάλωση γρύλων θα μπορούσε να βελτιώσει την υγεία του εντέρου και να μειώσει τη συστηματική φλεγμονή, καθώς η σκόνη του γρύλου ενίσχυσε την ανάπτυξη του *Bifidobacterium animalis* (Matiza Ruzengwe et al., 2022).

Αρκετά συστατικά των βρώσιμων εντόμων όπως είναι η χιτίνη, τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας, τα λιπαρά οξέα μέσης αλυσίδας και οι γλυκοζαμινογλυκάνες μπορούν να προσφέρουν πολλά οφέλη στον άνθρωπο. Σύμφωνα με μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε υγιείς ενήλικες διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση 25 γραμμαρίων/ημέρα αποξηραμένης, και ψημένης σκόνης γρύλου για 14 ημέρες, αύξησε το προβιοτικό βακτήριο *Bifidobacterium animalis* και μείωσε τον παράγοντα νέκρωσης όγκου-άλφα (Tumor necrosis factor- $\alpha$ ) στο πλάσμα (Stull et al. 2018). Ο πληθυσμός του *Bifidobacterium animalis*, ενός προβιοτικού που σχετίζεται με την πρόληψη των λοιμώξεων του αναπνευστικού συστήματος, της διάρροιας και των παρενεργειών των αντιβιοτικών, βρέθηκε αυξημένος μετά την κατανάλωση, υποδηλώνοντας ότι το συμπλήρωμα του γρύλου παρήγαγε μικροβίωμα με δυνατότητα βελτίωσης της γαστρεντερικής υγείας (Melgar-Lalanne et al., 2019). Το TNF- $\alpha$  είναι μια κρίσιμη προφλεγμονώδης κυτοκίνη, η οποία έχει βρεθεί ότι συμβάλλει στις παθολογικές διεργασίες αρκετών ασθενειών, όπως η ρευματοειδής αρθρίτιδα, οι φλεγμονώδεις νόσοι του εντέρου, η σκλήρυνση κατά πλάκας και οι πολλαπλοί τύποι καρκίνου. Έτσι, τα ευρήματα του Stull υποδηλώνουν ότι ο γρύλος μπορεί να ασκήσει προστατευτική επίδραση κατά των φλεγμονωδών διεργασιών (Melgar-Lalanne et al., 2019).

## 6.2 Πιθανή χρήση ως συμπλήρωμα για άσκηση

Με βάση τη θρεπτική τους σύσταση, οι σκόνες των εντόμων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στους αθλούμενους ως συμπλήρωμα πρωτεϊνών μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις, προκειμένου να “χτιστεί” μυϊκή μάζα αυξάνοντας τη πρωτεϊνοσύνθεση των μυών. Η μυϊκή πρωτεϊνοσύνθεση διεγείρεται από τη διαθεσιμότητα των αμινοξέων. Μετά την άσκηση με αντιστάσεις, η σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών αυξάνεται για 48 ώρες. Η κατανάλωση συμπληρωμάτων διατροφής που περιέχουν τόσο υδατάνθρακες όσο και πρωτεΐνες μετά από άσκηση με αντιστάσεις έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την πρωτεϊνοσύνθεση και την παραγωγή ινσουλίνης. Η κατανάλωση υδατανθράκων μετά από άσκηση με αντιστάσεις αυξάνει τα επίπεδα ινσουλίνης, η οποία βοηθά στη μείωση της αποδόμησης των μυϊκών πρωτεϊνών. Επιπλέον, η κατανάλωση του αμινοξέος λευκίνη μετά από άσκηση με αντιστάσεις αυξάνει τη σύνθεση πρωτεϊνών επειδή δρα ως μόριο σηματοδότησης στον μεταβολισμό των πρωτεϊνών, διεγείροντας τη σύνθεση μυϊκής πρωτεΐνης και αναστέλλοντας τη διάσπαση των μυϊκών πρωτεϊνών. Ομοίως, η διάσπαση της μυϊκής πρωτεΐνης μετά από άσκηση με αντιστάσεις βρέθηκε να είναι σημαντικά χαμηλότερη σε άτομα που κατανάλωναν συμπλήρωμα υδατανθράκων, πρωτεΐνης και λευκίνης από ότι σε άτομα που κατανάλωναν συμπλήρωμα υδατανθράκων και πρωτεΐνης. Η λευκίνη, η ισολευκίνη και η βαλίνη είναι τα αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας (BCAA). Κατά τη διάρκεια των παρατεταμένων ασκήσεων αντοχής, όταν τα αποθέματα γλυκογόνου είναι χαμηλά ή εξαντλημένα, οι σκελετικοί μύες μπορούν να μεταβολίσουν τα BCAA για ενέργεια. Οι πρωτεΐνες των εντόμων μπορούν να αυξήσουν τη συγκέντρωση όλων των απαραίτητων αμινοξέων, της λευκίνης και των BCAA στο αίμα 120 λεπτά μετά από την κατανάλωση, υποδεικνύοντας ότι τα έντομα πληρούν τις απαιτήσεις για απαραίτητα αμινοξέα και είναι συγκρίσιμα με την πρωτεΐνη σόγιας ως συμπληρώματα πρωτεϊνών. Οι γρύλοι και άλλα έντομα έχουν παρόμοια επίπεδα λευκίνης με τις ζωικές πηγές πρωτεΐνης, επομένως η σκόνη κρίκετ σε συνδυασμό με τους υδατάνθρακες μπορεί να έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την μυϊκή πρωτεϊνοσύνθεση και να μειώσει την αποικοδόμηση των μυϊκών πρωτεϊνών εάν χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμα μετά από άσκηση με αντιστάσεις (Moura et al., 2022). Μια άλλη μελέτη που χρησιμοποίησε πόριτζ γρύλων έδειξε ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες στους γρύλους βρέθηκε να είναι υψηλότερη από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο γάλα και αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η σκόνη κρίκετ θα μπορούσε να είναι μια καλή εναλ-

λακτική για την ανάπτυξη προϊόντων διατροφής για τα παιδιά, σε σύγκριση με την παραδοσιακά χρησιμοποιούμενη σκόνη γάλακτος (Matiza Ruzengwe et al., 2022).

### 6.3 Αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες

Η γλυκοζαμινογλυκάνη (πολυσακχαρίτης) που προέρχεται από ένα είδος γρύλων (*Gryllus bimaculatus*) άσκησε σημαντική αντιφλεγμονώδη δράση κατά της χρόνιας αρθρίτιδας σε αρουραίους αναστέλλοντας την C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (CRP) και τον ρευματοειδή παράγοντα, και κατέστειλε έναν αριθμό φλεγμονωδών βιοδεικτών *in vitro*. Επιπρόσθετα, ο συνδυασμός της ινδομεθακίνης (ένα μη στεροειδές αντιφλεγμονώδες φάρμακο) και της γλυκοζαμινογλυκάνης ήταν πιο αποτελεσματικός από οποιονδήποτε παράγοντα μόνος του στην καταστολή του οιδήματος των ποδιών. Μια άλλη μελέτη που περιελάμβανε συμπληρώματα γλυκοζαμινογλυκάνης σε διαβητικά ποντίκια διαπίστωσε ότι τα διαβητικά ποντίκια που έλαβαν θεραπεία με γλυκοζαμινογλυκάνη εμφάνισαν μείωση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα και της LDL-χοληστερόλης και αύξηση της δραστηριότητας των αντιοξειδωτικών ενζύμων (καταλάση, υπεροξειδική δισμουτάση και υπεροξειδάση γλουταθειόνης). Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η γλυκοζαμινογλυκάνη που βρίσκεται στους γρύλους μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κινδύνου ανάπτυξης διαβήτη καθώς και χρόνιων φλεγμονωδών ασθενειών.

Πολλά τρόφιμα εντόμων, συμπεριλαμβανομένης της σκόνης του γρύλου, περιέχουν υψηλές ποσότητες βιοδραστικών πεπτιδίων με αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Για παράδειγμα, αυτά τα αντιμικροβιακά πεπτίδια ωφέλησαν και βελτίωσαν τη γαστρεντερική υγεία των κοτόπουλων και των χοίρων, ενώ βοήθησαν επίσης στην αύξηση της ανοσοποιητικής λειτουργίας τους και στη βελτίωση της ικανότητάς τους να αφομοιώνουν τα θρεπτικά συστατικά από τις ζωοτροφές τους. Μια άλλη μελέτη σχετικά με τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των εντόμων που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία έδειξε ότι η θερμότητα αυξάνει την ποσότητα των βιοδραστικών πεπτιδίων που παράγονται. Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες των υδρολυμάτων από τα έντομα και των πεπτιδικών κλασμάτων τους μπορεί να βοηθήσουν στη μείωση της φλεγμονής και του οξειδωτικού στρες μειώνοντας την ποσότητα των ελεύθερων ριζών που υπάρχουν στο σώμα. Συνολικά, οι σκόνες των εντόμων και τα υδρολύματα των πεπτιδίων τους μπορεί δυνητικά να αποτρέψουν την εμφάνιση καρκίνου, καρδιαγγειακών παθήσεων και διαβήτη, που έχουν συσχετιστεί με οξειδωτικό στρες και τη χρόνια φλεγμονή (Melgar-Lalanne et al., 2019). Η χιτίνη των εντόμων καθώς και τα προϊόντα αποικοδόμησης της όπως η χιτοζάνη έχει αποδειχθεί ότι ασκούν

αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντικαρκινική και ανοσοδιεγερτική δράση] (Melgar-Lalanne et al., 2019).

#### **6.4 Άλλα οφέλη για την υγεία**

Τα έντομα λόγω της πλούσιας περιεκτικότητας τους σε βιταμίνες και μέταλλα έχουν διάφορα οφέλη για την υγεία. Η βιταμίνη B12 των γρύλων θα μπορούσε να βοηθήσει στην πρόληψη της κακοήθους αναιμίας, της γνωστικής εξασθένησης και των καταγμάτων των οστών σε ηλικιωμένα άτομα και μπορεί επίσης να μειώσει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων μέσω της μείωσης των συνολικών συγκεντρώσεων ομοκυστεΐνης, μιας πρωτεΐνης που βρίσκεται στο πλάσμα του αίματος που έχει συσχετιστεί με την ανάπτυξη καρδιαγγειακών παθήσεων. Η συμπερίληψη των γρύλων στην διατροφή των ανθρώπων μπορεί να βελτιώσει την οστική πυκνότητα και να μειώσει τη συχνότητα καταγμάτων των οστών, ιδιαίτερα σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας, λόγω της πλούσιας περιεκτικότητας τους σε ασβέστιο. Επιπλέον, εάν τα βρώσιμα έντομα ενσωματωθούν στην διατροφή των ανθρώπων, η περιεκτικότητά τους σε σίδηρο και ψευδάργυρο έχει τη δυνατότητα να αποτρέψει την αναιμία και να βελτιώσει τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος, τη γνωστική λειτουργία και τη γαστρεντερική υγεία στον άνθρωπο (Melgar-Lalanne et al., 2019).

## 7. Προτεινόμενες χρήσεις των εντόμων

Η κατανάλωση των προϊόντων της προνύμφης του κίτρινου αλευροσκώληκα καθώς και άλλων εντόμων απευθύνεται στον γενικό πληθυσμό. Τα νέα τρόφιμα προορίζονται για διάθεση στην αγορά ως ολόκληρη, θερμικά αποξηραμένη προνύμφη κίτρινου αλευροσκώληκα (ζεματισμένη, και αποξηραμένη σε φούρνο προνύμφη) καθώς και ως σκόνη ολόκληρης, θερμικά αποξηραμένης προνύμφης *T.molitor* (Ζεματισμένη-αποξηραμένη σε φούρνο, και αλεσμένη προνύμφη). Η σκόνη μπορεί να προστεθεί σε διάφορα προϊόντα τροφίμων όπως μπάρες ενέργειας, ζυμαρικά και μπισκότα. Όταν οι αλευροσκώληκες καταναλώνονται ολόκληρες προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, χωρίς να αφαιρείται κάποιο μέρος του σώματος τους (Turck et al., 2021). Επίσης τα σκευάσματα της προνύμφης του κίτρινου αλευροσκώληκα προτείνεται να χρησιμοποιηθούν και υπό την μορφή ολόκληρων κατεψυγμένων ή ολόκληρων αποξηραμένων εντόμων, ή σε μορφή σκόνης, που προστίθεται ως συστατικό σε διάφορα προϊόντα διατροφής όπως μπάρες δημητριακών, ζυμαρικά, απομιμήσεις κρέατος και προϊόντα αρτοποιίας (Turck et al., 2021). Τα σκευάσματα της μεταναστευτικής ακρίδας προτείνεται να διατεθούν στην αγορά ως κατεψυγμένα, αποξηραμένα ή υπό την μορφή σκόνης. Πιο συγκεκριμένα το νέο προϊόν προορίζεται να διατεθεί στην αγορά ως ) ζεματισμένο και κατεψυγμένο. Β) ζεματισμένο και λυοφιλοποιημένο Γ) ζεματισμένο, λυοφιλοποιημένο και αλεσμένο(σκόνη). Το νέο προϊόν προορίζεται να διατεθεί στην αγορά ως συστατικό σε δημητριακά πρωινού, ζυμαρικά, προϊόντα αρτοποιίας, σάλτσες, προϊόντα κρέατος και απομιμήσεις κρέατος. Η μεταναστευτική ακρίδα καταναλώνεται συνήθως ως σνακ, συνοδευτικό πιάτων καθώς και σε μαγειρικές σάλτσες. Η προετοιμασία τους περιλαμβάνει το τηγάνισμα, το ψήσιμο , το βράσιμο και την ξήρανση στον ήλιο. Τα πόδια και τα φτερά αφαιρούνται πριν την κατανάλωση. Από την στιγμή που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά σε τυπικές κατηγορίες τροφίμων, τα σκευάσματα μπορούν να καταναλωθούν από οποιαδήποτε ομάδα του πληθυσμού. Ως εκ τούτου, τα δεδομένα ασφάλειας και η αξιολόγηση της έκθεσης καλυπτούν όλες τις πληθυσμιακές ομάδες (Εκτελεστικός Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2469 της Επιτροπής, άρθρο 5 παράγραφος 6). Τα σκευάσματα του νέου τροφίμου (κατεψυγμένα, αποξηραμένα και σκόνη) προτείνεται να χρησιμοποιηθούν ως συστατικό σε πολλά προϊόντα διατροφής. Μερικά παραδείγματα είναι η ντοματόσουπα, πίτσα, σοκολάτα, μπύρες κλπ. Όσον αφορά τα σκευάσματα του οικιακού γρύλου αυτά προτείνεται να διατεθούν στο εμπόριο ως κατεψυγμένα (ζεματισμένα και κατεψυγμένα), αποξηραμένα (ζεματισμένα και λυοφιλοποιημένα) ή αλεσμένα (σε μορφή σκόνης-ζεματισμένα, λυοφιλοποιημένα και αλεσμένα). Προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό σε διάφορα προϊόντα διατροφής,

όπως δημητριακά πρωινού,μπάρες δημηριακών,μπισκότα,σκόνη ορού γάλακτος (Whey powder) ζυμαρικά, προϊόντα αρτοποιίας, σούπες και προϊόντα κρέατος,μπέργκερ,παγωμένο γιαούρτι,καρύδια,τσίπς,μανιταρόσουπα,τσίπς τορτίγιας (Turck et al., 2021). Τα χαρακτηριστικά του λίπους σε ορισμένα είδη εντόμων κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων σταδίων της ανάπτυξής τους τα καθιστούν βιώσιμη εναλλακτική λύση για την παραγωγή βιοντίζελ και την χρήση τους ως ανανεώσιμη πηγή πρωτεΐνης και ενέργειας. Έχει προταθεί η παραγωγή εντόμων σε μεγάλη κλίμακα για τη λήψη γευμάτων με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτροφή των ζώων, τα οποία, με τη σειρά τους, παράγουν πρωτεΐνη για ανθρώπινη κατανάλωση. Ένας από τους κλάδους που θα επωφεληθεί περισσότερο από την παραγωγή εντόμων σε μεγάλη κλίμακα είναι η βιομηχανία υδατοκαλλιέργειας.

Η ταχεία ανάπτυξη της βιομηχανίας υδατοκαλλιέργειας οδήγησε στην εξάρτηση της από πρωτεΐνες και έλαια θαλάσσιων ψαριών για την ενίσχυση των ιχθυοτροφών, με αποτέλεσμα τη μείωση της διαθεσιμότητάς τους, την υποβάθμιση της θάλασσας και την αύξηση του κόστους των προϊόντων υδατοκαλλιέργειας κατά περισσότερο από 200 % τα τελευταία 5 χρόνια. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να μειωθεί η εξάρτηση της υδατοκαλλιέργειας από τα ιχθυάλευρα. Ωστόσο, τα ψάρια είναι επιλεκτικά και οι ιχθυοκαλλιεργητές πρέπει να βρουν θρεπτικές τροφές που θα τρώνε τα ψάρια και τα οποία θα έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ιχθυάλευρα και έλαια ψαριών. Από την άποψη αυτή, έχει προταθεί η αντικατάσταση του ιχθυάλευρου που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία υδατοκαλλιέργειας με τροφές που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και παρασκευάζονται από αλεύρι εντόμων αντί για φυτικά αλεύρια, τα οποία συχνά εμφανίζουν ανισορροπία στην περιεκτικότητά τους σε βασικά αμινοξέα παρόμοια με το κρέας και τα οστεάλευρα (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Στις δυτικές χώρες παρόλο που το μαγείρεμα των εντόμων δεν αποτελεί παράδοση, στη Γερμανία και τη Γαλλία τα έντομα χρησιμοποιούνται για τη ζύμωση του τυριού Milbenkase. Τα ακάρεα χρησιμοποιούνται για τη ζύμωση ορισμένων ειδικών ποικιλιών με παραδοσιακή γεύση λεμονιού (Melgar-Lalanne et al., 2019). Ως εκ τούτου, τα βρώσιμα έντομα προωθούνται ως σνακ και, όπως οι ξηροί καρποί, μπορούν να καλυφθούν με σοκολάτα, να αναμειχθούν σε αρτοσκευάσματα ή να πασπαλιστούν σε σαλάτες. Τα ήπια επεξεργασία, τηγανητά, ψητά ή λεπτοαλεσμένα έντομα, χρησιμοποιούνται για να προσθέσουν μια μοναδική γεύση στα τρόφιμα ή για να αυξήσουν το διατροφικό τους προφίλ (Melgar-Lalanne et al., 2019).



## **8. Οργανοληπτική αξιολόγηση-Αποδοχή καταναλωτών**

Οι δυτικές χώρες έχουν δείξει χαμηλή προθυμία στο να καταναλώσουν έντομα ως υποκατάστατο του κρέατος. Μια άλλη μελέτη που έγινε σε 516 άνδρες και γυναίκες από τη Γερμανία διαπίστωσε ότι μόνο το 15,9% των συμμετεχόντων ήταν πρόθυμοι να καταναλώσουν μη επεξεργασμένα έντομα. Ωστόσο, το 41,9% των συμμετεχόντων ανέφερε ότι θα ήταν πρόθυμοι να καταναλώσουν ένα μπεργκερ εντόμων που περιέχει επεξεργασμένα έντομα. Τα τελευταία χρόνια διάφορες μελέτες έχουν εντοπίσει τη νεοφοβία των εντόμων ( μια τάση απόρριψης τροφίμων με βάση τα έντομα επειδή θεωρούνται άγνωστα ή αντιτίθενται στα πολιτιστικά πρότυπα), ως τον κύριο παράγοντα απροθυμίας για κατανάλωση εντόμων στις Δυτικές χώρες (Nowakowski et al., 2021). Γενικά, η διατροφική συμπεριφορά επηρεάζεται από το κοινωνικό πλαίσιο και διαμορφώνεται σε μεγάλο βαθμό κατά την πρώιμη παιδική ηλικία. Στις δυτικές χώρες, οι γυναίκες είναι πιο απρόθυμες από τους άνδρες στο να καταναλώσουν έντομα, ιδιαίτερα όταν βρίσκονται σε ολόκληρες και απόλυτα αναγνωρίσιμες μορφές, ενώ οι νέοι ενήλικες, ειδικά εκείνοι με υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο, είναι πιθανότατα πιο πρόθυμοι στο να δοκιμάσουν τροφές με βάση τα έντομα (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες, οι καταναλωτές έχουν δείξει ενδιαφέρον για προϊόντα διατροφής τα οποία περιέχουν έντομα ως συστατικά, αλλά σε μη αναγνωρίσιμη μορφή (Εικόνα 1). Για παράδειγμα, εάν χρησιμοποιούνται έντομα υπό τη μορφή αλευριού ή σκόνης, ή προστίθενται σε διαφορετικά προϊόντα, όπως τα ενεργειακά ποτά, τα μπισκότα και οι τορτίγιες καλαμποκιού, οι καταναλωτές, ιδιαίτερα οι νέοι, είναι πιο πιθανό να τις αποδεχτούν (Melgar-Lalanne et al., 2019). Το 74% του πληθυσμού στο Μεξικό, έχει καταναλώσει έντομα. Τα αποτελέσματα μια μελέτης έδειξαν ότι περίπου το 71% των 630 ερωτηθέντων στο Μεξικό ήταν πρόθυμοι να καταναλώσουν ένα προϊόν με βάση τα έντομα από έναν γνωστό κατασκευαστή, ενώ μια μελέτη από τους Ardoin και Prinyawiwatkul (2020) στις Ηνωμένες Πολιτείες, έδειξε ότι το 72,5% των συμμετεχόντων ήταν πρόθυμοι να καταναλώσουν τουλάχιστον ένα προϊόν που περιέχει έντομα. Σε μια μελέτη που διεξήχθη στην Κίνα σχετικά με τα χαρακτηριστικά των καταναλωτών των εντόμων, διαπιστώθηκε ότι το μορφωτικό επίπεδο αυξάνει τις πιθανότητες να καταναλώνουν αυτά τα προϊόντα πιο συχνά (Escalante-Aburto et al., 2022). Αυτό το αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι ένα χαμηλό μορφωτικό επίπεδο θα μπορούσε να σχετίζεται με λιγότερο συχνή κατανάλωση βρώσιμων εντόμων (Escalante-Aburto et al., 2022). Όσον αφορά τον πληθυσμό του Μεξικού, οι ερωτηθέντες με μεταπτυχιακές σπουδές θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως εναλλακτικοί αγοραστές, επιλέγοντας έντομα για κατανάλωση επειδή γνωρίζουν το θρε-

πτικό τους περιεχόμενο. Αυτή η πληθυσμιακή ομάδα απάντησε ότι τα θέματα μάρκετινγκ αυξάνουν σημαντικά την κατανάλωση εντόμων. Η οικονομική προσιτότητα θεωρείται ο κύριος περιοριστικός παράγοντας για την αύξηση της κατανάλωσης εντόμων, καθώς η επεξεργασία που απαιτείται για τη λήψη πρωτεϊνών είναι δαπανηρή. Επομένως, είναι απαραίτητο να προωθηθεί η κατανάλωση ολόκληρων εντόμων και να βελτιστοποιηθούν οι μέθοδοι παραγωγής για να είναι πιο κερδοφόρες (Escalante-Aburto et al., 2022).



Εικόνα 1: Διάφορα προϊόντα εντόμων Πηγή: (Melgar-Lalanne et al., 2019)

Οι καταναλωτές της Βόρειας Ευρώπης επιδεικνύουν γενικά μια πιο θετική στάση απέναντι στην εντομοφαγία από τους Κεντροευρωπαίους. Παρόλο που η προηγούμενη κατανάλωση εντόμων και τα χαμηλά επίπεδα νεοφοβίας συσχετίζονται σταθερά με την δεκτικότητα στην εντομοφαγία, αυτοί οι παράγοντες ήταν πιο εμφανής μεταξύ των καταναλωτών της Κεντρικής Ευρώπης. Ακόμη και η γενικά αποδεκτή έννοια του ανδρισμού ως δείκτη αμφισβητήθηκε σε μια μελέτη ποιότητας Αυστραλών καταναλωτών, όπου ορισμένοι άνδρες θεώρησαν ότι η αντικατάσταση του παραδοσιακού κρέατος με έντομα αποτελεί απειλή για τα ιδανικά της αρρενωπότητας (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

Τα αποτελέσματα των μελετών που πραγματοποιήθηκαν σε Αμερικανούς καταναλωτές έδειξαν ότι φαίνεται να είναι σχετικά πιο ανοιχτοί στην ιδέα να δοκιμάσουν τρόφιμα που περιέχουν έντομα, με το 72% των ερωτηθέντων σε μια μελέτη (Ruby et al., 2015) και το 60% σε μια άλλη (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2020), να απαντούν θετικά. Αντίθετα, όταν τέθηκαν παρόμοιες ερωτήσεις σε Ιταλούς καταναλωτές, η πρόθεση κατανάλωσης εντόμων κυμαινόταν από 17% έως 31% σε τρεις ξεχωριστές μελέτες. Ωστόσο, οι Castro & Chambers (2019), συλλέγοντας δεδομένα από πολλές χώρες, βρήκαν παρόμοια χαμηλή προθυμία στο να καταναλώσουν έντομα μεταξύ των καταναλωτών στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ισπανία και την Αυστραλία (όλα μεταξύ 33% και 36%) (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Η ορολογία που χρησιμοποιείται στην ερώτηση κάνει τη διαφορά, για παράδειγμα οι καταναλωτές των ΗΠΑ, έδειχναν λιγότερο πρόθυμοι να καταναλώνουν τρόφιμα που περιέχουν έντομα σε «τακτική βάση» (Woolf et al., 2019) παρά απλώς να τα δοκιμάσουν (Ruby et al., 2015). Σε μια πολωνική μελέτη, το 41% των καταναλωτών θα αγόραζε προϊόντα με βάση τα έντομα «αν ήταν διαθέσιμα στην αγορά» (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους τα έντομα συνδέονται με ψυχαγωγικές δραστηριότητες και τον τουρισμό και γίνονται μέρος των γαστρονομικών εμπειριών. Η τουριστική εμπειρία περιλαμβάνει την κατανάλωση εντόμων ως μέρος των «διακοπών οικοτουρισμού», με απώτερο στόχο τη διατήρηση της βιοποικιλότητας των εγχώριων οικοσυστημάτων. Αυτό ισχύει για τις τουριστικές εκδρομές στις κεφαλές του Αμαζονίου στον Ισημερινό, στη Βραζιλία, στην Ινδονησία και στην εμπειρία με τους Αβορίγινες της Αυστραλίας (Melgar-Lalanne et al., 2019). Ο τουρισμός, οι συστάσεις από στενούς συγγενείς ή φίλους και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης μπορεί να ενθαρρύνουν τους ανθρώπους να καταναλώσουν έντομα (Melgar-Lalanne et al., 2019). Ο γαστρονομικός τουρισμός θα μπορούσε να βοηθήσει τους ανθρώπους να εισαγάγουν τρόφιμα, καθώς οι τουρίστες είναι συνήθως πιο παρακινημένοι στο να αλλάζουν τις συνήθειές τους και πρόθυμοι να δοκι-

μάσουν κάτι ασυνήθιστο κατά τη διάρκεια των διακοπών τους. Όταν οι τουρίστες επιστρέφουν στο σπίτι τους, μπορεί να ασκήσουν θετική επιρροή στα κοντινά τους άτομα αυξάνοντας την εξοικείωση και εξαλείφοντας τις όποιες ανησυχίες. Επίσης σε περιοχές με μεγάλη ιστορία εντομοφαγίας, διοργανώνονται πολλά φεστιβάλ φαγητού, που απευθύνονται σε εγχώριους τουρίστες. Οι προκαταλήψεις σχετικά με τη γεύση ενός φαγητού τείνουν να είναι πιο αρνητικές όταν το άτομο δεν έχει δοκιμάσει ποτέ στην ζωή του προϊόντα με βάση τα έντομα (Melgar-Lalanne et al., 2019).

## **8.1 Συναισθήματα που σχετίζονται με την κατανάλωση εντόμων**

### **8.1.1 Αηδία και ευαισθησία στην αηδία**

Η αηδία φαίνεται να είναι το κυρίαρχο και πιο σημαντικό συναίσθημα και η πιο άμεση αντίδραση όσον αφορά την κατανάλωση εντόμων στις Δυτικές Χώρες. Η αηδία διαδραματίζει το πιο σημαντικό ρόλο στην αποφυγή της εντομοφαγίας. Η «αηδία», που περιγράφεται ως αποστροφή στην προοπτική της κατανάλωσης μιας προσβλητικής ουσίας, μπορεί να καταστήσει ένα τρόφιμο απαράδεκτο και μπορεί ακόμα να οδηγήσει σε ναυτία (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

### **8.1.2 Φόβος και νεοφοβία**

Η νεοφοβία και η αηδία ήταν τα κύρια εμπόδια στην αποδοχή των εντόμων από τους καταναλωτές. Η νεοφοβία είναι η τάση να αποφεύγουμε άγνωστα προς εμάς τρόφιμα. Η νεοφοβία επηρεάζει την προθυμία των ανθρώπων να καταναλώσουν προϊόντα με βάση τα έντομα και η αηδία αναφέρεται στην περίπτωση της εντομοφαγίας (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Η νεοφοβία συνδέεται έντονα με τον φόβο για οτιδήποτε άγνωστο, και οι λόγοι μπορεί να είναι υγειονομικοί, πολιτιστικοί ή ακόμη και θρησκευτικοί και η νεοφιλία συνδέεται με την ανάπτυξη της κουζίνας, η οποία επιτρέπει την ενσωμάτωση νέων τροφίμων στη διατροφή για να ικανοποιήσουν την ανάγκη των ανθρώπων για ποικιλία (Melgar-Lalanne et al., 2019). Η νεοφοβία σχετίζεται στενά με την αηδία. Η αηδία, είναι ένα συναίσθημα που σχετίζεται με τις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων, όπως η εμφάνιση, η γεύση και το άρωμα. Η αηδία είναι πιο δύσκολο να εξαλειφθεί από τη νεοφοβία. Ωστόσο, τόσο η νεοφοβία όσο και η αηδία συμβάλλουν στην απροθυμία των ατόμων να συμπεριλάβουν ένα συγκεκριμένο φαγητό στην καθημερινή τους διατροφή. Η όραση φάνηκε ότι μπορεί να έχει την πιο σημαντική επίδραση στην αηδία των εντόμων (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Στις δυτικές κοινωνίες, υπάρχει ένας συσχετισμός μεταξύ των εντόμων και ειδών που σχετίζονται με έντομα με τα περιπτώματα και την ύλη που βρίσκεται σε αποσύνθεση. Αυτές οι αποστροφές μειώνουν την πιθανότητα αποδοχής των εντόμων. Ο φόβος της κατανάλωσης εντόμων μπορεί να σχετίζεται με το φόβο της βλάβης στο σώμα (σωματικός κίνδυνος), το φόβος μιας δυσάρεστης διατροφικής εμπειρίας (λειτουργικός κίνδυνος), το φόβο για κοινωνικά αποτελέσματα (κοινωνικός κίνδυνος) ή το φόβο βλάβης στο εγώ ή στα συναισθήματα (ψυχολογικός κίνδυνος).

Αν και ο φόβος της κατανάλωσης εντόμων συνδέεται συχνά με την έλλειψη εξοικείωσης με τα έντομα, αυτή η αντίδραση μπορεί επίσης να προκύψει από επίκτητες ψυχολογικές συσχετίσεις με τα έντομα σε άλλες πτυχές της ζωής και τα παροδικά συναισθήματα φόβου δεν πρέπει να εκληφθούν ως προδιάθεση για τροφική νεοφοβία (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Η τροφική νεοφοβία αναφέρεται σε ένα πιο σταθερό χαρακτηριστικό της προσωπικότητας που σχετίζεται με την αποφυγή της κατανάλωσης νέων/μη οικείων προϊόντων. Ενώ η τροφική νεοφοβία είναι σχετικά σταθερή (στην ενήλικη ζωή), η εκπαίδευση, το εισόδημα και η αστικοποίηση μπορεί να επηρεάσουν την έκφραση και εξορισμού, η έκθεση στο νέο τρόφιμο θα μειώσει την αποστροφή με την πάροδο του χρόνου (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

### **8.1.3 Αναζήτηση ποικιλίας και αναζήτηση εντύπωσης**

Οι κύριοι υποψήφιοι ως μελλοντικοί καταναλωτές εντόμων είναι τα άτομα που αναζητούν την ποικιλία και τα τρόφιμα που προκαλούν εντύπωση/αίσθηση. Αυτοί οι καταναλωτές απολαμβάνουν, και επιδιώκουν την κατανάλωση νέων προϊόντων και αναζητούν ποικίλες διατροφικές εμπειρίες. Εγγενής σε αυτές τις συμπεριφορές είναι μια ευνοϊκή στάση απέναντι στον κίνδυνο. Επομένως, τα κοινά εμπόδια στην εντομοφαγία μπορεί να μην εμποδίζουν την επιθυμία τους για ποικίλες, πρωτότυπες και περίπλοκες αισθήσεις και εμπειρίες. Ωστόσο, η νεοφιλία και η αναζήτηση ποικιλίας δεν είναι εντελώς ανάλογες, καθώς οι καταναλωτές μπορεί να βρουν επαρκή ποικιλία εναλλάσσοντας γνωστές τροφές στη διατροφή τους χωρίς να συμπεριλάβουν νέες (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

### **8.1.4 Θετικά συναισθήματα**

Τα δύο από τα πιο σημαντικά συναισθήματα που εμπλέκονται στην απόφαση των Δυτικών καταναλωτών στο να δοκιμάσουν τα βρώσιμα έντομα είναι η περιέργεια και το ενδιαφέρον, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι αρκετά για να παρακινήσουν την δοκιμή εντόμων ακόμα και όταν οι προσδοκίες είναι χαμηλές (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Η πρώτη δοκιμή άγνωστων τροφίμων όπως είναι τα έντομα μπο-

ρεί να βασίζεται σε επίπεδα ενδιαφέροντος και περιέργειας που υπερτερούν εκείνων του φόβου και της αηδίας. Μεταξύ των Βέλγων μαθητών που συμφώνησαν να συμμετάσχουν σε ένα πείραμα γευσιγνωσίας εντόμων, η περιέργεια (69%) ήταν πιο διαδεδομένη από τον φόβο (14%) και την αηδία (13%) ως προς την προοπτική να καταναλώσουν έντομα. Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε Ιταλούς καταναλωτές παρατηρήθηκε ότι η περιέργεια είναι ένα εξέχον κίνητρο για την συμπερίληψη των εντόμων στη διατροφή. Βρέθηκε ότι, με βάση την οπτική παρατήρηση, το ενδιαφέρον και η περιπέτεια ήταν τα δύο πιο συχνά επιλεγμένα συναισθήματα από τους καταναλωτές για τσιπς τορτίγιας που περιέχουν σκόνη κρίκετ (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

## **8.2 Αισθητική ποιότητα**

### **8.2.1 Οπτικά και ενημερωτικά σήματα ή ενδείξεις**

Οι περισσότεροι από τους δυτικούς καταναλωτές δεν έχουν άμεση εμπειρία με τα βρώσιμα έντομα, και τα συμπεράσματα σχετικά με τα προϊόντα που περιέχουν έντομα βασίζονται συχνά σε ελλιπείς πληροφορίες. Οι οπτικές ενδείξεις όπως είναι η ονομασία, το λογότυπο ή η επισήμανση (εξωτερικά) και/ή τα ορατά χαρακτηριστικά του πραγματικού τροφίμου (εσωτερικά) μπορούν να βοηθήσουν τους καταναλωτές να αντλήσουν στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά, την αναμενόμενη ποιότητα και τα πιθανά οφέλη ενός προϊόντος (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Για να απεικονίσει αυτές τις επιδράσεις, η Εικόνα 2 παρουσιάζει εικόνες οπτικών ερεθισμάτων που χρησιμοποιούνται σε μελέτες εντομοφαγίας.

Η πιο σημαντική στρατηγική για την προώθηση θετικών (ή τον περιορισμό των αρνητικών) αξιολογήσεων της εμφάνισης των εντόμων στα τρόφιμα είναι να γίνουν «αόρατα», δηλαδή μη αναγνωρίσιμα ως συστατικά. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με τη χρήση μιας επεξεργασμένης μορφής εντόμων (π.χ. αλεύρι ή σκόνη γρύλων), και με την βοήθεια αποτελεσματικών τεχνολογιών οι οποίες θα μετατρέπουν το χρώμα του προϊόντος σε όσο το δυνατόν πιο «κανονικό». Οι αλεσμένοι γρύλοι έχουν αρνητική επίδραση στο χρώμα των φρούτων και στις μπάρες δημητριακών, καθιστώντας τα πιο «καφετί» από το ιδανικό «χρυσό» χρώμα (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Στα κράκερς, η σκόνη κρίκετ τείνει να σκουραίνει ορισμένα προϊόντα με αποτέλεσμα να μειώνεται η προτίμηση των καταναλωτών (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Η απεικόνιση μιας εικόνας ενός burger φτιαγμένου με αλεσμένα σκουλήκια σε μια τυπική παρουσίαση (Lammers et al., 2019, Εικόνα 2) αύξησε την προθυμία των καταναλωτών να δοκιμάσουν, να αγοράσουν και να αντικαταστήσουν το κρέας με έντομα, σε σύγκριση με μια εικόνα ολόκληρων σκουληκιών βούβαλου. Η παρατήρηση ορισμένων εντόμων στα τρόφιμα μπορεί να είναι πιο

προβληματική από ότι με άλλα (π.χ. ριζότο με σκουλήκια ή τηγανητό ρύζι με αλευροσκουλήκια, Εικόνα 2), οδηγώντας σε αρνητικές συσχετίσεις πέρα από την αηδία. Όπως είπε ένας Ιταλός καταναλωτής, «Εάν δώ ένα σκουλήκι το συσχετίζω με την υποβάθμιση των τροφίμων» (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Όσον αφορά την συσκευασία και την επισήμανση, η ελκυστική ονομασία και περιγραφή, η επικοινωνία σχετικά με τα οφέλη που προσφέρουν στην υγεία, το λογότυπο (branding) και η εικόνα του προϊόντος επηρεάζουν την αντίληψη των καταναλωτών για τα τρόφιμα που περιέχουν έντομα. Οι Ολλανδοί καταναλωτές ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν υψηλότερη τιμή για ένα προϊόν το οποίο περιείχε έντομα εφόσον είχε λογότυπο (Εικόνα 2) και ισχυρισμό υγείας σχετικό με την περιεκτικότητα του σε «ωμέγα 3» λιπαρά οξέα. Η πιο αποτελεσματική στρατηγική για την ονομασία του προϊόντος φαίνεται να είναι η αντικατάσταση της κοινής ή επιστημονικής ονομασίας του εντόμου με μια πιο διαφορούμενη ονομασία που δεν επικαλείται τη «ζωικότητα» του πλάσματος. Μια ασαφής/αόριστη περιγραφή (π.χ. «*Neomorphia Asian Spice Mix*», (Εικόνα 2) θα ήταν προτιμότερη από μια πιο σαφή/ξεκάθαρη (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).





---

**Effective****Ineffective**

---

## Intrinsic visual quality

(de-Magistris *et al.*, 2015)(La Barbera *et al.*, 2019)(Lammers *et al.*, 2019; ©Bugfoundation)(de-Magistris *et al.*, 2015)(La Barbera *et al.*, 2019)(Baker *et al.*, 2016)

## Extrinsic visual quality

(de-Magistris *et al.*, 2015)(Balzan *et al.*, 2016)(Baker *et al.*, 2016)(Baker *et al.*, 2016)

---

**Εικόνα 2.** Εικόνες από προϊόντα που περιέχουν έντομα τα οποία χρησιμοποιούνται από τους Δυτικούς καταναλωτές για τον έλεγχο των εγγενών και εξωτερικών οπτικών ενδείξεων. Πηγή: *Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021*

### 8.2.2 Ηδονικές αξιολογήσεις

Για την επιτυχή εισαγωγή νέων τροφίμων με βάση τα έντομα στις δυτικές αγορές απαιτείται η εύρεση μιας κατηγορίας προϊόντων που να έχει νόημα για τους καταναλωτές. Οι κατάλληλες ιδέες προϊόντων θα πρέπει να προωθούν θετικές προσδοκίες και πρόθεση δοκιμής. Αυτή η προσέγγιση απαιτεί κατανόηση των γευστικών προτιμήσεων στις διάφορες κουλτούρες και όχι μια προσέγγιση που να ταιριάζει σε όλους (one-size-fits-all approach) (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

Σε μια έρευνα καταναλωτών που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ, βρέθηκε ότι τα συμπληρώματα πρωτεΐνης (μπάρες πρωτεΐνης και ροφήματα), τα σνακ και τα προϊόντα δημητριακών ήταν τα πιο κατάλληλα. Ομοίως, στο Βέλγιο, τα ροφήματα και οι ενεργειακές μπάρες ήταν τα πιο αποδεκτά, ακολουθούμενα σε κοντινή απόσταση από τα μπέργκερ. Στην Ιταλία τα μπισκότα φάνηκαν πιο κατάλληλα από μια μπάρα δημητριακών, ενώ οι Modlinska et al. (2020) πρότειναν γλυκά προϊόντα ή σνακ για Πολωνούς καταναλωτές (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Η σκόνη του μεταξοσκώληκα μπορεί να βελτιώσει το χρώμα των ζυμαρικών φαγόπυρου και να καλύψει τη δυσάρεστη γεύση που προκαλούσαν σε ορισμένους Ούγγρους καταναλωτές (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Το υψηλότερο αποδεκτό επίπεδο της σκόνης μεταξοσκώληκα ήταν 10% (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021). Ωστόσο, για τα περισσότερα προϊόντα, ειδικά για εκείνα που αρχικά ήταν πολύ δημοφιλή χωρίς την προσθήκη εντόμων, υπάρχουν τα λεγόμενα κατώφλια τύπου απόρριψης (Ardoin et al., 2020), πάνω από τα οποία το συστατικό του εντόμου χειροτερεύει την οργανοληπτική ποιότητα. Για παράδειγμα σε μια μελέτη για το ψωμί, η προσθήκη σκόνης αλευροσκώληκα μείωσε κατευθυντικά τη συνολική προτίμηση (Ardoin & Prinyawiwatkul, 2021).

## 9. Συμπέρασμα

Η έννοια των νέων τροφίμων (δηλαδή τρόφιμα τα οποία δεν είχαν χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση στην Ευρωπαϊκή Ένωση πριν από το 1997 σε σημαντικό βαθμό) βοήθησε στη θέσπιση κανόνων και προτύπων για τα έντομα ως ανθρώπινη τροφή, κυρίως σε ορισμένα εθνικά επίπεδα εντός της ΕΕ. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ιδέα των «τροφίμων από τρίτες χώρες» (όπως περιγράφεται στον Κανονισμό (ΕΕ) 2015/2283), όπου ο ορισμός των νέων τροφίμων ισχύει για την ΕΕ και προέρχονται από την πρωτογενή παραγωγή, σύμφωνα με τους κατάλληλους κανονισμούς, ανεξάρτητα από το αν είναι ή όχι επεξεργασμένα ή μη. Τα νέα τρόφιμα πρέπει να συμμορφώνονται με τις υποχρεώσεις σχετικά με τον ίδιο τον ορισμό, τις διαδικασίες για τον καθορισμό του στάτους τους, τις απαιτήσεις για την διάθεση τους στην αγορά, και να συμμορφώνονται με τους γενικούς όρους για την ένταξη των καινοτόμων τροφίμων στον κατάλογο της Ένωσης, όλα αυτά σύμφωνα με την EFSA και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Πρέπει να αναπτυχθούν προσπάθειες υπό την έννοια της προώθησης της τυποποίησης, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, για τα έντομα ως τρόφιμα και ζωοτροφές, πρέπει να διεξαχθούν αξιολογήσεις ασφάλειας σχετικά με τον Codex Alimentarius πριν από την αγορά, πρέπει να θεσπιστούν πρότυπα και πλαίσια για τη βιομηχανία εντόμων, και να διεξαχθούν μελέτες προκειμένου να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος ενός τέτοιου τομέα όσον αφορά το περιβάλλον και τη βιωσιμότητα.

Τα έντομα αποτελούν έναν μεγάλο πόρο βιομάζας και μια σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών υψηλής ποιότητας, που μπορεί να συγκριθεί ακόμα και με τις «ευρέως διαδεδομένες» πηγές του κρέατος και των ψαριών. Στο εγγύς μέλλον, τα τρόφιμα με βάση τα έντομα θα μπορούν να θεωρηθούν ευρέως ως μια ισορροπημένη διατροφική πηγή, με πιθανές φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές και χαμηλό κόστος, καθιστώντας τα έτσι πιο προσιτά στους. Ενώ τα βρώσιμα έντομα θα μπορούσαν να προσφέρουν πληθώρα οφελών για την υγεία και να λειτουργήσουν ως μια περιβαλλοντικά βιώσιμη πηγή θρεπτικών συστατικών, η χρησιμοποίησή τους ως υποκατάστατο των παραδοσιακά καταναλωτικών ζωικών προϊόντων, τείνει να παρουσιάζει χαμηλή αποδοχή από τους καταναλωτές των δυτικών Χωρών. Η κατανάλωση ολόκληρων εντόμων ή όταν τα μέρη του σώματος τους είναι ευδιάκριτα, μπορεί να είναι δύσκολη για όσους έχουν μεγαλώσει στις Δυτικές κοινωνίες. Σε αυτές τις κοινωνίες, όπου τα έντομα δεν έχουν καταναλωθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, θα ήταν προτιμότερο προκειμένου να αυξηθεί η κατανάλωση των εντόμων να συμπεριλαμβάνουν στο φαγητό με τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι αναγνωρίσιμα (πχ υπό την μορφή σκόνης). Ωστόσο, παρόλο που η αηδία είναι ένας ανασταλτικός παράγοντας για την κατανάλωση εντόμων, η αποδοχή τους ως τρόφιμα με υψηλή διατροφική αξία

είναι πολύ υψηλή. Αυτό δείχνει ότι οι άνθρωποι, ειδικά από τη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη, μπορούν να καταναλώσουν έντομα εάν δεν ξέρουν τι τρώνε, με εξαίρεση όσους παρουσιάζουν αλλεργικές αντιδράσεις. Αυτοί οι παράγοντες υποδηλώνουν ότι η «απόκρυψη» των εντόμων στα προϊόντα θα διευκολύνει την κατανάλωσή τους στο μέλλον. Στην πράξη, τα αποξηραμένα έντομα μπορούν να θρυμματιστούν ή να κονιοποιηθούν και τα ωμά ή βρασμένα έντομα μπορούν να αλεσθούν ή να πολτοποιηθούν, γεγονός που καθιστά τη μορφή του εντόμου μη αναγνωρίσιμη . Αντίθετα, η κατανάλωση ολόκληρου του εντόμου που παραμένει ορατό προτιμάται σε άλλους πολιτισμούς, όπου τα έντομα τρώγονται για την απολαυστική γεύση τους, ενώ ακόμα και η διαδικασία συλλογής τους προσφέρει ευχαρίστηση. Όσον αφορά την ασφάλεια των εντόμων είτε αυτά καταναλώνονται ολόκληρα είτε ως συστατικά σε προϊόντα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις γενικές κατευθυντήριες γραμμές που ισχύουν για τα νέα τρόφιμα, καθώς και στους κινδύνους αλλεργιογένεσης. Τα σκευάσματα των εντόμων είναι ασφαλή για κατανάλωση στις προτεινόμενες χρήσεις και τα επίπεδα χρήσης.

## **Βιβλιογραφία**

1)EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food llergens), Turck D, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Kearney J, Maciuk , Mangelsdorf I, McArdle HJ, 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 JR, van Loveren H, erveris E and Knutsen HK, 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;19(1):6343, 29 pp.<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>

2)EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food llergens), Turck D, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Kearney J, Maciuk , Mangelsdorf I, McArdle HJ, 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, Maradona MP, Schlatter JR, van Loveren H, zzollini D and Knutsen HK, 2021. Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal 2021;19(7):6667, 30 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6667>

3)EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food llergens), Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Maciuk , Mangelsdorf I, McArdle HJ, 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 JR, van Loveren H, Goumperis T and Knutsen HK, 2021. Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal 2021;19(8):6779, 29 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779>

4)EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food llergens), Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Maciuk , Mangelsdorf I, McArdle HJ, 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, Maradona MP, Schlatter JR, van Loveren H, Zöllini D and Knutsen HK, 2022. Scientific Opinion on the safety of partially defatted house cricket (*Acheta domesticus*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 2022;20 (5):7258, 26 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7258>

5)EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Maciuk , Mangelsdorf I, McArdle HJ, Naska , Pelaez C, Pentieva K, Siani , Thies F, Touboul S, Vinceti M, Cubadda F, Frenzel T, Heinonen M, Marchelli R, Neuhauser-Berthold M, Poulsen M, Prieto Maradona M, Schlatter JR, van Loveren H, Ververis E and Knutsen HK, 2021. Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from whole yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 2021;19(8):6778, 30 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6778>

6)Rodríguez-Miranda, Jesús, et al. “Insects as an Alternative Source of Protein: A Review of the Potential Use of Grasshopper (*Sphenarium Purpurascens* Ch.) as a Food Ingredient.” *European Food Research and Technology*, vol. 245, no. 12, Springer Science and Business Media LLC, Oct. 2019, pp. 2613–20. *Crossref*, <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03383-0>.

7)de Carvalho, N. M., Madureira, A. R., & Pintado, M. E. (2019, December 23). The potential of insects as food sources – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(21), 3642–3652. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1703170>

8)Moura, M. A. F. E., Martins, B. D. A., Oliveira, G. P. D., & Takahashi, J. A. (2022, June 14). Alternative protein sources of plant, algal, fungal and insect origins for dietary diversification in search of nutrition and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2085657>

9)Nowakowski, A. C., Miller, A. C., Miller, M. E., Xiao, H., & Wu, X. (2021, January 5). Potential health benefits of edible insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13), 3499–3508. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867053>

10)Pali-Schöll, I., Binder, R., Moens, Y., Polesny, F., & Monsó, S. (2018, May 17). Edible insects – defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of

entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(17), 2760–2771.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1468731>

11) Ardoin, R., & Prinyawiwatukul, W. (2021, June 12). Consumer perceptions of insect consumption: a review of western research since 2015. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(10), 4942–4958. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15167>

12) Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R., & Raposo, A. (2018, March 15). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2169–2188. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1440191>

13) Escalante-Aburto, A., Rodríguez-Sifuentes, L., Ozuna, C., Mariscal-Moreno, R. M., Mulík, S., Guiné, R., & Chuck-Hernández, C. (2022, August 15). Consumer perception of insects as food: Mexico as an example of the importance of studying socio-economic and geographical differences for decision-making in food development. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6306–6316. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15995>

14) Ramirez-Garcia, G. L., Ruiz-Cabrera, M. A., Abud-Archila, M., & Grajales-Lagunes, A. (2022, July). Use of hurdle technology to extend the shelf life of escamoles ( *Liometopum apiculatum* Mayr). *International Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6298–6305. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15929>

15) Matiza Ruzengwe, F., Nyarugwe, S. P., Manditsera, F. A., Mubaiwa, J., Cottin, S., Matsungu, T. M., Chopera, P., Ranawana, V., Fiore, A., & Macheka, L. (2022, January 30). Contribution of edible insects to improved food and nutrition security: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6257–6269. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15570>

16) Adedeji, O. E., Lee, H. E., Kim, Y., Kang, H. J., Kang, M. D., Kim, J. Y., Kim, J. S., Ezekiel, O. O., Kim, W., Lee, S., Moon, K., & Jung, Y. H. (2022, April 4). Three-dimensional printing of wheat flour and *Acheta domesticus* powder blends. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6279–6285. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15707>

17) Kavle, R. R., Carne, A., Bekhit, A. E. A., Kebede, B., & Agyei, D. (2022, January 12). Macronutrients and mineral composition of wild harvested *Prionoplus reticularis* edible insect at various development stages: nutritional and mineral safety implications. *Internation-*



*tional Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6270–6278. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15545>

18) Mutungi, C., Irungu, F. G., Nduko, J., Mutua, F., Affognon, H., Nakimbugwe, D., Ekesi, S., & Fiaboe, K. K. M. (2017, October 17). Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(2), 276–298. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1365330>

19)Huang, D., Wu, Y., Li, W., Zhu, X., Liu, J., Jiang, Y., Huang, Q., & Li, D. (2022, April 15). Advanced insight into the O/W emulsions stabilising capacity of water-soluble protein from *Tenebrio molitor*. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6286–6297. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15746>

20)Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A., & Salinas-Castro, A. (2019, June 30). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1166–1191. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>