



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΗΡΟΤΡΟΦΙΑΣ & ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
& ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση της τροφοδοσίας με άλευρο από έντομο *Hermetia illucens*,  
Οικ. Stratiomyidae στην ανάπτυξη του μελισσιού

**Παναγιώτης Α. Τσούλος**

Επιβλέπων καθηγητής:

Αντώνιος Τσαγκαράκης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ  
2024**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΗΡΟΤΡΟΦΙΑΣ & ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΑΣ

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση της τροφοδοσίας με άλευρο από έντομο *Hermetia illucens*,  
Οικ. Stratiomyidae στην ανάπτυξη του μελισσιού

Effect of feeding with meal from the insect *Hermetia illucens*,  
Family Stratiomyidae, on the development of the beehive

**Παναγιώτης Α. Τσούλος**

Εξεταστική Επιτροπή:

Αντώνιος Τσαγκαράκης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Γεώργιος Παπαδούλης, Ομότιμος Καθηγητής ΓΠΑ

Γεώργιος Κολιόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

## **Επίδραση της τροφοδοσίας με άλευρο από έντομο *Hermetia illucens*, Οικ. Stratiomyidae στην ανάπτυξη του μελισσιού**

ΠΜΣ Ολοκληρωμένα Συστήματα Φυτοπροστασίας & Διαχείρισης του Περιβάλλοντος  
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής  
Εργαστήριο Σηροτροφίας & Μελισσοκομίας

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην σημερινή εποχή οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι έντονες και σε πολλούς τομείς. Ένας από αυτούς είναι και στη μελισσοκομία, σχετικά με την εύρεση τροφής από τις μέλισσες.

Οι προνύμφες του εντόμου *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) (Black Soldier Fly) αποτελούν εξαιρετική πηγή πρωτεϊνών και λιπιδίων και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σαν ζωοτροφή είτε αυτούσιες, είτε αλεσμένες με την μορφή αλεύρου. Η συγκεκριμένη προνύμφη τρέφεται με ένα ευρύ φάσμα οργανικών υλικών καθιστώντας την έναν εξαιρετικό βιοαποδομητή, συμβάλλοντας έτσι στην αξιοποίησή τους και αναβαθμίζοντάς τα σε ένα προϊόν προστιθέμενης αξίας.

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε η τροφοδοσία στις μέλισσες ενσωματώνοντας εντομάλευρο από τις προνύμφες του εντόμου *Hermetia illucens* σε σύγκριση με το σκέτο ζαχαροζύμαρο, αλλά και το υποκατάστατο εμπορίου και το πως επιδρούσαν οι τροφές αυτές στον αριθμό κελιών γόνου του μελισσιού, καθώς επίσης και στο βάρος της μέλισσας. Πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις (φθινόπωρο και άνοιξη) σε συνθήκες που προσομοίωναν μειωμένη παρουσία γύρης στο περιβάλλον.

Στα αποτελέσματα του πειράματος η τροφοδοσία με το υποκατάστατο εμπορίου είχε την υψηλότερη αποδοτικότητα σε σχέση με τις άλλες τροφές, δηλαδή μεγαλύτερο αριθμό κελιών γόνου ανά γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής από το μελίσι, ωστόσο όσον αφορά το βάρος της μέλισσας το ζαχαροζύμαρο φάνηκε να έχει τις βαρύτερες μέλισσες και το υποκατάστατο εμπορίου τις ελαφρύτερες.

**Επιστημονική περιοχή:** Παραγωγική Εντομολογία

**Λέξεις Κλειδιά:** *Hermetia illucens*, διατροφή μελισσιού, γόνος, βάρος μέλισσας

**Effect of feeding with meal from the insect *Hermetia illucens*, Family Stratiomyidae, on the development of the beehive**

*MSc Integrated Pest Management Systems & Environmental Management  
Department of Faculty of Crop Science  
Laboratory of Sericulture & Apiculture*

**ABSTRACT**

In the present era, the effects of climate change are profound and affect many sectors. One such sector is beekeeping, particularly with regard to the availability of food sources for bees.

The larvae of the insect *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae), commonly known as the Black Soldier Fly, represent an excellent source of proteins and lipids and are widely used as animal feed, either whole or ground into flour. This particular larva feeds on a wide range of organic materials, making it an outstanding bioremediator, thus contributing to the recycling of these materials and upgrading them into value-added products.

This thesis investigates the feeding of bees by incorporating insect flour derived from the larvae of *Hermetia illucens*, in comparison with plain sugar syrup and a commercial substitute, and examines how these foods affect the number of brood cells in the hive, as well as the weight of the bees. Two repetitions of the experiment were carried out (in the autumn and spring) under conditions simulating a reduced presence of pollen in the environment.

The results of the experiment showed that feeding with the commercial substitute resulted in the highest efficiency compared to the other foods, as evidenced by a larger number of brood cells per gram of food consumed by the colony. However, in terms of bee weight, sugar syrup appeared to produce heavier bees, while the commercial substitute resulted in the lightest bees.

**Scientific field:** Applied Entomology

**Keywords:** *Hermetia illucens*, bee nutrition, brood, bee weight



## **Δήλωση Έργου**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος, Παναγιώτης Τσούλος δηλώνω ότι το κείμενο της μελέτης αποτελεί δικό μου, μη υποβοηθούμενο πόνημα.

Υποβάλλεται σε μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην «Ολοκληρωμένα Συστήματα Φυτοπροστασίας και Διαχείρισης του Περιβάλλοντος» του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Δεν έχει υποβληθεί ποτέ πριν για οιοδήποτε λόγο ή για εξέταση σε οποιοσδήποτε άλλο πανεπιστήμιο ή εκπαιδευτικό ίδρυμα της χώρας ή του εξωτερικού.

Παναγιώτης Τσούλος

18/12/2024

## Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου μελέτης, θα ήθελα πρώτα από όλα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Τσαγκαράκη Αντώνιο, επίκουρο καθηγητή του εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας και επιβλέποντά μου, ο οποίος με δέχθηκε στην ομάδα του, με υπέμεινε, με καθοδήγησε και με βοήθησε να εξελιχθώ τόσο ως επιστήμονα όσο και ως άνθρωπο.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους άλλους δύο καθηγητές που συμμετέχουν στην τριμελή εξεταστική επιτροπή, τον κύριο Παπαδούλη Γεώργιο, καθηγητή και διευθυντή του εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας, καθώς και τον κύριο Κολλιόπουλο Γεώργιο, επίκουρο καθηγητή του εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Λαζαράκη Δημήτριο, ΕΔΙΠ του εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας, χωρίς τον οποίο δεν θα μπορούσα ούτε καν να αρχίσω, να συνεχίσω και εν τέλει να τελειώσω την πειραματική διαδικασία. Τον ευχαριστώ για την γνώση που μου παρείχε στη μελισσοκομία, τον προσωπικό του μόχθο και χρόνο και την αμέριστη αγάπη του. Στο πρόσωπό του βρήκα έναν δάσκαλο, έναν φίλο, έναν άνθρωπο που με αγκάλιασε σαν οικογένειά του.

Το πείραμα και οι μετρήσεις δεν θα είχαν πραγματοποιηθεί χωρίς την καθοριστική βοήθεια της μικρότερης αδερφής μου της Στέλλας, η οποία με βοήθησε τόσο πρακτικά με το πειραματικό σκέλος των μετρήσεων και τις φωτογραφίες, όσο και ψυχολογικά για την στήριξή της.

Θέλω να ευχαριστήσω τον Σιδερή Βασίλη, διδακτορικό φοιτητή με αντικείμενο το BSF, που είχε στήσει την εκτροφή και τον Μανιατάκο Σταύρο, που μου έδειξαν την λειτουργία και το θεωρητικό υπόβαθρο γύρω από την συγκεκριμένη εκτροφή, αλλά και τους διδακτορικούς, μεταπτυχιακούς και προπτυχιακούς φοιτητές της ομάδας του κυρίου Τσαγκαράκη στο εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας για την στήριξη και την βοήθεια τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένειά μου, τους φίλους μου και την Χριστίνα για όλη την ψυχολογική υποστήριξη, την αγάπη και την βοήθεια που μου έδειξαν σε οποιαδήποτε στιγμή.

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	10
2.1. Black Soldier Fly ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	10
2.1.1. Περιγραφή και Ταξινόμηση.....	10
2.1.2. Στάδια και χαρακτηριστικά του ολομετάβολου BSF.....	10
2.1.3. Συνθήκες εκτροφής .....	14
2.1.4. Διατροφή BSF .....	15
2.1.5. Θρεπτική αξία προνυμφών BSF .....	15
2.1.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την θρεπτική αξία του BSF.....	18
2.2. Μέλισσα ( <i>Apis mellifera</i> ).....	19
2.2.1. Διατροφή μέλισσας.....	19
2.2.2. Η ανάπτυξη της μέλισσας.....	22
2.2.3. Τροφοδότηση μελισσιών με γύρη .....	24
2.2.4. Παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη του μελισσιού.....	25
2.2.5. Διατροφή και διάρκεια ζωής της μέλισσας.....	26
2.2.6. Διατροφή και ανθεκτικότητα της μέλισσας σε ασθένειες.....	27
2.2.7. Ο γόνος και η μελισσοκομική τεχνική.....	28
2.2.8. Πρωτεϊνούχες τροφές για τις μέλισσες.....	29
3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	33
4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	34
4.1 Black Soldier Fly ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	34
4.2. Μέλισσες ( <i>Apis mellifera</i> ).....	41
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
5.1 Βάρος μελισσών .....	47
5.2. Φθινοπωρινή επανάληψη.....	48
5.3. Ανοιξιάτικη επανάληψη .....	60
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	77
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	82

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με την πληθυσμιακή πρόβλεψη του ΟΗΕ, ο παγκόσμιος πληθυσμός μέχρι το 2050 αναμένεται να ανέλθει στα 9,6 δισεκατομμύρια [1] και ο FAO εκτιμά ότι θα χρειαστεί αύξηση της παραγωγής τροφίμων κατά 70% για να θρέψει τον ολοένα και μεγαλύτερο παγκόσμιο πληθυσμό [2]. Η αύξηση της παραγωγής τροφίμων χωρίς την επέκταση χρήσης της γης είναι για αυτό τον λόγο υψίστης σημασίας, και η γνώση οικονομικά αποδεκτών και βιώσιμων εναλλακτικών τροφίμων σε κυκλικά συστήματα μπορεί να βελτιώσει την βιωσιμότητα [3].

Τα έντομα είναι μία υποσχόμενη πηγή υψηλής ποιότητας πρωτεΐνης, λιπιδίων, και βασικών ανόργανων στοιχείων, μπορεί να εκτραφεί σε μεγάλες πυκνότητες και έχει υψηλό δείκτη βιομετατροπής [4]. Επιπρόσθετα, πολλά είδη εντόμων μπορούν να αναπτυχθούν σε βιομάζα οργανικών αποβλήτων. Αυτό βοηθάει να ανακυκλωθούν θρεπτικά στοιχεία από το περιβάλλον, τα οποία διαφορετικά θα γινόντουσαν πηγή ρύπανσης του αέρα, του εδάφους και του νερού, και να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα και στο κλίμα [5,6]. Υπό αυτό το πρίσμα, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον στην προνύμφη του σαπροφυτικού εντόμου Μαύρη στρατιοτόμουγα ή Black Soldier Fly (BSF) (*Hermetia illucens*), το οποίο μπορεί να συνεισφέρει στην διαχείριση οργανικών και ανόργανων θρεπτικών πηγών, και συγκεκριμένα στην ανακύκλωση του αζώτου και του φωσφόρου.

Συγκρινόμενο με άλλα είδη εκτρεφόμενων εντόμων όπως το αλευροσκούληκο (*Tenebrio molitor*), η προνύμφη του BSF είναι γνωστό ότι τρέφεται και αναπτύσσεται σε μεγαλύτερο εύρος πηγών τροφής, όπως οικιακά απόβλητα [7,8], κοπριά [9-11], λιμώδη λάσπη [12], και υποπροϊόντα αποστακτηρίων [13], μετατρέποντάς τα σε υψηλής ποιότητας πρωτεΐνη (41% με 54% ξηρού βάρους) [14,15]. Η ποιότητα της πρωτεΐνης της προνύμφης του BSF είναι παρόμοια με αυτή της σόγιας, αλλά έχει υψηλότερο περιεχόμενο σε μεθειονίνη και τυροσίνη [16], και έχει χρησιμοποιηθεί σαν μερικό αντικατάστατο της σόγιας και της ιχθυοτροφής στην διατροφή χοίρων [3,17,18], ορνίθων [19,20] και ιχθύων [21]. Επίσης, η προνύμφη του BSF συγκεντρώνει μεγάλες ποσότητες λιπιδίων (11,8%-41,7% του ξηρού βάρους) με περισσότερα κορεσμένα λιπαρά οξέα σε σχέση με άλλα έντομα [11,22]. Επιπλέον, η διατροφή με BSF μπορεί να είναι μία ενδιαφέρουσα πηγή ασβεστίου, φωσφόρου και άλλων ανόργανων στοιχείων [13, 23]. Πρόσφατα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε την χρήση επεξεργασμένης ζωικής πρωτεΐνης προερχόμενη από έντομα για την διατροφή ιχθυοκαλλιέργειών, χοίρων και πουλερικών [24].

Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποχωρήματα από την εκτροφή αυτού του εντόμου αποτελούν άριστο οργανικό εδαφοβελτιωτικό κομπόστ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην γεωργία. Επομένως η εκτροφή του BSF αναβαθμίζει τα οργανικά απόβλητα, που θα πεταγόντουσαν σε μία εξαιρετικής πηγής πρωτεϊνούχα τροφή και σε ένα εξαιρετικό εδαφοβελτιωτικό προϊόν.

Εκτός αυτού, όλοι γνωρίζουμε την σημασία της μέλισσας στην επιβίωση του πλανήτη μέσω της γονιμοποίησης των ανθέων, άρα και συνολικά στην σίτιση του πλανήτη. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να διατηρούνται εύρωστα και πολυπληθή μελίσσια, τόσο για το κέρδος των μελισσοκόμων, όσο και κυρίως για το επισιτιστικό πρόβλημα του πλανήτη. Ωστόσο, είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι η κλιματική αλλαγή έχει επιπτώσεις στην μέλισσα και στη μελισσοκομία, παρά την ικανότητα των μελισσών, και συγκεκριμένα του *Apis mellifera*, να προσαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα κλιμάτων. Συγκεκριμένα, ακραία καιρικά φαινόμενα και φυσικές καταστροφές φαίνεται να συμβαίνουν όλο και συχνότερα [93] και να έχουν δραστικές επιπτώσεις στην μελισσοκομία [94,95]. Βάσει των αυξανόμενων θερμοκρασιών, η περίοδος χωρίς γόνου για τις αποικίες πιθανότατα θα είναι μικρότερη ή ακόμη και εντελώς ανύπαρκτη. Αυτό θα προκαλέσει ένα αρνητικό ανατροφοδοτικό βρόχο, ο οποίος θα αυξήσει την επίδραση των παρασίτων που εξαρτώνται από τον γόνου για την αναπαραγωγή τους, π.χ. τα εξωπαρασιτικά ακάρεα *Varroa spp.* και *Tropilaelaps spp.* [96,97]. Φαίνεται ότι η κλιματική αλλαγή σχεδόν σίγουρα θα αυξήσει την ήδη καταστροφική επίδραση αυτών των ακάρεων και των συνδεόμενων ιών τους στις μέλισσες και τη μελισσοκομία [97,98,99].

Επιπλέον, οι αλλαγές στις εποχές ή/και οι παρατεταμένες περίοδοι χωρίς βροχόπτωση πιθανότατα θα οδηγήσουν σε μειωμένη ή ακόμη και εντελώς ανύπαρκτη τροφосуλλογή [100]. Επίσης, οι αυξανόμενες ξηρές και υγρές περίοδοι είναι γνωστό ότι επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή και τη θρεπτική σύνθεση της γύρης, κάτι που είναι εξαιρετικά πιθανό να προκαλέσει αρνητικές συνέπειες, τόσο στην ανάπτυξη του γόνου, όσο και στην ευρωστία και την ανθεκτικότητα του μελισσιού έναντι των ασθενειών. Ένας άλλος παράγοντας είναι ότι, οι ηπιότεροι χειμώνες μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένο μη συγχρονισμό μεταξύ των αλληλεπιδράσεων φυτών-επικονιαστών [101], όπου οι μέλισσες που παράγουν γόνου νωρίτερα για την εποχή θα αντιμετωπίζουν ανεπαρκή βοσκή για την υποστήριξη της ανάπτυξης της αποικίας.

Τελικά, η έλλειψη τροφосуλλογής ή η τροφосуλλογή ανεπαρκούς ποιότητας θα επιβάλλει αυξημένο κίνδυνο λιμοκτονίας στις αποικίες των μελισσών, καθιστώντας τη συγκομιδή μελιού απρόβλεπτη και το αντίστοιχο εισόδημα για τους μελισσοκόμους αναξιόπιστο.

## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 2.1. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)

#### 2.1.1. Περιγραφή και Ταξινόμηση

Το έντομο Black Soldier Fly, ανήκει στο είδος *Hermetia illucens* (Linnaeus,1758) της οικογένειας Stratiomyidae. Είναι ένα ιθαγενές είδος μύγας (Diptera), της Νοτιοανατολικής Αμερικής, έχοντας διαπιστωθεί ότι έχει τρεις γενεές από αργά την Άνοιξη έως νωρίς το Φθινόπωρο, ενώ για τα τροπικά κλίματα η αναπαραγωγή λαμβάνει χώρα όλο το έτος [25]. Η πρώτη επίσημη καταγραφή του εντόμου έγινε το 2015 στο νησί της Νάξου και έπειτα ακολούθησαν κι άλλες στην περιοχή του Αιγάλεω και του Αλίμου στην Αθήνα[122].

#### 2.1.2. Στάδια και χαρακτηριστικά του ολομετάβολου BSF

##### 2.1.2.1. Ενήλικο άτομο (Adult)



Εικόνα 1. Ραχιαία όψη του τέλειου ατόμου του *Hermetia illucens* L. (photo: D. Martiré)

Το τέλειο άτομο BSF, είναι μαύρου ή και μπλε ιώδους χρώματος. Το μέγεθός του κυμαίνεται από 1,3-2,0 cm [25] [26]. Η κοιλία αποτελείται από 5 τμήματα, όπου στον πρώτο τερνίτη (άνω) και πρώτο στερνίτη (κάτω) παρατηρούμε δύο και ένα ημιδιαφανή σημεία, αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, το «παράθυρο» όπως λέγεται, στον πρώτο στερνίτη, το χρώμα είναι κάποια απόχρωση του πράσινου, και όσο ωριμάζει το ακμαίο το σημείο αυτό γίνεται ημιδιαφανές.

Οι κεραίες τους αποτελούνται από τρία επιμήκη τμήματα και είναι δύο φορές μεγαλύτερες το μήκος της κεφαλής και δεν διαθέτουν arista (εξάρτημα που μοιάζει με τρίχα και εκφύεται από το τρίτο τμήμα της κεραίας). Όσον αφορά τα πόδια, τα ταρσομερή τους διαθέτουν λευκό χρώμα [27] (Εικ. 1).

Δύο ημέρες μετά την εμφάνιση των ακμαίων, η σύζευξη ξεκινά, κατά την διάρκεια των πτήσεων στον αέρα και ολοκληρώνεται στο έδαφος σε ευθεία και αντίθετη κατεύθυνση [28].

Ως ακμαία, δεν διαθέτουν λειτουργικά στοματικά μέρη, ούτε πεπτικό σύστημα και εξαρτώνται από το λίπος που έχουν αποθηκεύσει ως προνύμφες, πράγμα που δείχνει ότι δεν τρέφονται από απορρίμματα και δεν αποτελούν δυνητικούς φορείς παθογόνων [27].

Ωστόσο, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι λείχουν νερό και σακχαρώδη υδατικά διαλύματα (πχ νέκταρ, ζαχαρόνερο) και αυτό έχει δείξει επιμήκυνση του χρόνου ζωής τους. Ως αποτέλεσμα των προαναφερθέντων, ο χρόνος ζωής τους εξαρτάται και κυμαίνεται από μία έως δύο εβδομάδες [29] [30].

Μία βασική ανατομική διαφορά ανάμεσα στα τέλεια άτομα είναι αυτή των οργάνων αναπαραγωγής τους, στο τελευταίο κοιλιακό τμήμα. Στα θηλυκά άτομα εκτείνεται ένας σωληνοειδής ωοθήτης, ενώ στα αρρένα άτομα διακρίνεται ένας σαφώς κοντύτερος αιδιαγός με ένα ζευγάρι αγκίστρων, ώστε να είναι σε θέση να συγκρατεί το θηλυκό κατά τη σύζευξη. Το θηλυκό είναι ικανό να συζευχθεί μία φορά και να ωοτοκήσει επίσης μία, έπειτα πεθαίνει [31] (Εικ.2).



Εικόνα 2. Σύζευξη αρσενικού και θηλυκού ατόμου BSF (Φωτογραφία από [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org), Muhammad Mahdi Karim)

### 2.1.2.2. Προνύμφη (Larva)

Η προνύμφη (BSFL) είναι άποδη με αρκετές τρίχες κατά μήκος του σώματός της, το οποίο αποτελείται από 11 τμήματα. Το χρώμα της ποικίλει ανάλογα την ηλικία, ξεκινώντας από υπόλευκο, συνεχίζοντας με υποκίτρινο, καταλήγοντας σε ανοιχτό και σκούρο καφέ στην τελευταία ηλικία. Το μέγεθός της διαφέρει, διαδέχοντας η μία ηλικία την άλλη, φθάνοντας τα 27 mm σε μήκος, τα 6 mm σε πλάτος και τα 220 mg σε μάζα, στην τελευταία [27]. Στα θηλυκά διαρκεί περισσότερο το προνυμφικό στάδιο από τα αρσενικά, ως εκ τούτου είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος [31] (Εικ. 3).

Η προνύμφη διέρχεται 6 ηλικίες μέσα στο προνυμφικό στάδιο είναι ημικεφαλική και έχει πολύ καλά ανεπτυγμένα στοματικά μόρια με άνω και κάτω γνάθο που κινούνται γρήγορα στον κατακόρυφο άξονα, με αποτέλεσμα την ταχεία αποδόμηση οργανικών υλικών υπό σήψη. Τα 3 πρώτα τμήματα του σώματος της προνύμφης αποτελούν το θώρακα ενώ τα υπόλοιπα 8 την κοιλία.



Εικόνα 3. Χρωματική και μορφολογική διαφορά των 6 προνυμφικών ηλικιών του Black Soldier Fly, με τελευταία τη νύμφη. (Φωτογραφία, πηγή από Caruso et al.)

Όσον αφορά τη φυσιολογία των προνυμφών, αυτές είναι φωτόφοβες και σαπροφάγες. Η κατανάλωση των οργανικών υλικών εξαρτάται από το υλικό και τις περιβαλλοντικές συνθήκες και κυμαίνεται από 25 έως και 500 mg ανά προνύμφη ανά ημέρα [32] [33]. Το προνυμφικό στάδιο διαρκεί περίπου 2 εβδομάδες σε ιδανικές συνθήκες, όμως μπορεί να παραμείνει στο στάδιο αυτό έως και 4 μήνες [26]. Κατά την τελευταία ηλικία (6 η ηλικία-*prerupa*), δρα η ορμόνη προθωρακικοτροπίνη (PTTH), μέσω της οποίας η προνύμφη αδειάζει τον πεπτικό της σωλήνα και σταματά να τρέφεται. Έπειτα, ξεκινά τη “μετανάστευση” από το ενδιαίτημά της, ψάχνοντας για ένα στεγνό και σκοτεινό μέρος, ώστε να περάσει εκεί το νυμφικό στάδιο (*rupa*) [34] [35].



### 2.1.2.3. Νύμφη (Pupa)

Ακολουθώντας τα στάδια ωρίμανσης των BSFL, το στάδιο της νύμφης ξεκινά (pupariation) όταν η 6ης ηλικίας προνύμφη σταματά να τρέφεται, μεταναστεύει, αποχωρίζοντας το υπόστρωμα διατροφής της, ψάχνοντας για ένα κατάλληλο και προφυλαγμένο μέρος, έως ότου ακινητοποιηθεί. Έπειτα ξεκινά η διαδικασία της νύμφωσης, κατά την οποία ο εξωσκελετός της τελευταίας προνυμφικής ηλικίας (puparium), σκουραίνει σε χρωματισμό, γίνεται περισσότερο χιτινισμένος ενώ η νύμφη αναπτύσσεται εσωτερικά του [28] (Εικ. 4). Το νυμφικό στάδιο μπορεί να διαρκέσει από 14 ημέρες έως και 5 μήνες [26].



Εικόνα 4. Νύμφη σκούρου καφέ χρώματος, ακίνητη (Φωτογραφία από ecs7.tokopedia.net)

### 2.1.2.4. Ωά (Eggs)

Τα ακμαία, 2 ημέρες μετά την έξοδό τους από το νυμφικό έκδυμα, έχει καταγραφεί ότι ξεκινούν τη σύζευξη. Απαιτούν ακόμη 2 ημέρες, ώστε τα θηλυκά να ωοτοκήσουν [43]. Τα ωά εναποτίθενται σε προφυλαγμένες, στεγνές, σκοτεινές καλά αεριζόμενες και με καλή



Εικόνα 5. Ωά BSF (Φωτογραφία από Ucu Julita et al., 2020, DOI: 10.3923/je.2020.117.127)

ατμοσφαιρική υγρασία θέσεις, κοντά στο μελλοντικό ενδιαίτημά τους, ως προνύμφες. Μία ωτοκία ενός θήλεος περιλαμβάνει περί τα 236 - 1088 ωά και η διάρκεια ωτοκία έως επώαση είναι περίπου 3,5 ημέρες, εφόσον η θερμοκρασία και η υγρασία περιβάλλοντος είναι ιδανικές [31] [36] [37].



Εικόνα 6. Ωοθεσία θηλικού ατόμου BSF σε προφυλαγμένη θέση θύλακα σε οντουλέ χαρτόνι, κοντά στο μελλοντικό ενδιαίτημά τους

### 2.1.3. Συνθήκες εκτροφής

#### 2.1.3.1. Θερμοκρασία

Εξαιτίας της προέλευσης του, μιας και είναι ενδημικό θερμών κλιμάτων έχει βρεθεί σύμφωνα με τους Tomberlin et al., Tingle, Mitchell, και Copeland, Zhang et al., αλλά και το Institute for the Environment ότι το ιδανικό εύρος θερμοκρασιών για την ανάπτυξη, τον πολλαπλασιασμό, την νύμφωση, την σύζευξη των ενηλίκων και την εκκόλαψη των αυγών των εντόμων είναι 25°C – 30°C [38], [39], [40], [41].

#### 2.1.3.2. Υγρασία

Οι προνύμφες του Black Soldier Fly αναπτύσσονται ταχύτατα σε υποστρώματα με υγρασία 65-75% [41] [42]. Επιπλέον, είναι ικανές να αποχωριστούν το υπόστρωμα στην ανάγκη εξεύρεσης άλλου υποστρώματος κατάλληλων συνθηκών. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι όταν η υγρασία μειώνεται (κάτω από το ιδανικό) στο υπόστρωμα εκτροφής μειώνεται και η μάζα των προνυμφών. Ιδανική ατμοσφαιρική υγρασία για τη σύζευξη των ακμαίων κυμαίνεται στο 30-90% [40] ή 50-90% [44]. Για τα ωά έχει παρατηρηθεί μεγαλύτερο του 80% ποσοστό επώασης όταν η υγρασία είναι πάνω από 60% [45]. Οι Holmes et al. επίσης παρατήρησαν

μεγαλύτερη διάρκεια ζωής κατά 2-3 ημέρες για τα τέλεια άτομα που βρίσκονταν σε συνθήκες υγρασίας 70% συγκριτικά με αυτά σε χαμηλότερα ποσοστά [46].

#### **2.1.4. Διατροφή BSF**

Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό των BSFL είναι ο γρήγορος ρυθμός τροφοληψίας, για τον οποίο υπάρχουν συγκεκριμένοι μηχανισμοί συμπεριφοράς. Για παράδειγμα, μια ομάδα προνυμφών μετακινείται συντονισμένα για να δημιουργήσει έναν πίδακα γύρω από την τροφή, στις οποίες νέες προνύμφες έρχονται από κάτω και έρχονται προς τα πάνω, καθιστώντας την τροφή προσβάσιμη σε όλες τις προνύμφες σε έναν χρονικά αποδοτικό τρόπο [47]. Βάσει εκτιμήσεων των Shishkov et al. [47] και ανάλογα με την υγρασία του υποστρώματος, οι BSFL μπορούν να καταναλώνουν καθημερινά 2 έως 6,5 φορές το βάρος τους σε τροφή. Ένας παράγοντας που καθορίζει την τροφοληψία των BSFL είναι η φυσική δομή του υποστρώματος τροφοληψίας. Όπως αναφέρεται στους Barragan-Fonseca et al. [48], το πάχος του υποστρώματος (δηλαδή η διαθεσιμότητα οξυγόνου), η πυκνότητα, η ομοιογένεια και η υγρασία των υποστρωμάτων τροφοληψίας επηρεάζουν την απόδοση και την επιβίωση των BSFL. Ο Brits [49] υπέδειξε ότι οι προνύμφες χρειάζονται περισσότερη ενέργεια για να καταναλώσουν υποστρώματα με μεγάλα σωματίδια από ότι με μικρά σωματίδια (εύρος 1 έως 9 χιλιοστά). Επομένως μία εκτροφή είναι πιο αποδοτική αν η προστιθέμενη τροφή είναι σε αλεσμένη μορφή.

#### **2.1.5. Θρεπτική αξία προνυμφών BSF**

Η θρεπτική αξία και το προφίλ των συστατικών που περιέχονται στην προνύμφη του BSF εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Αυτοί είναι το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου, το είδος και η ποσότητα διατροφής του, καθώς και η επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στο έντομο μέχρι το τελικό προϊόν.

Μία προνύμφη μπορεί να καταναλώσει 100 mg τροφής ανά ημέρα, που αποτελεί την καλύτερη αναλογία για τα οργανικά απόβλητα και παράγει οργανικό κομπόστ υψηλής ποιότητας [34]. Για ένα τετραγωνικό μέτρο εκτροφής προνυμφών, οι προνύμφες του BSF χρειάζονται 3-5 κιλά ανά ημέρα με απορρίμματα αγοράς και κάθε προνύμφη χρειάζεται 100 mg πτηνοτροφής ανά ημέρα [51]. Ενδεικτικά, για 60 κιλά αποβλήτων χρειάζονται 40.000 προνύμφες BSF σε ένα τετραγωνικό μέτρο χώρο. Και η μετατροπή οργανικής ύλης σε βιομάζα είναι για 1 κιλό βιομάζας (προνύμφη) χρειάζονται 1,4 κιλά οργανικής ύλης.

Γενικά η προνύμφη του BSF περιέχει 40-50% ακάθαρτη πρωτεΐνη, 35-40% λίπη και περιεκτικότητα αμινοξέων που είναι πολύ συγκρίσιμη με τη σόγια και την ιχθυοτροφή [52].

#### **2.1.5.1. Πρωτεΐνη και αμινοξέα**

Η πρωτεΐνη αυξάνεται αμέσως μετά την εκκόλαψη, μειώνεται σταδιακά με τον χρόνο και είναι περίπου 38-39% την 14η ημέρα του προνυμφικού σταδίου. Στη συνέχεια, αυξάνεται και φτάνει σε 45-46% και 56-57% στα στάδια της προνύμφης 6<sup>ης</sup> ηλικίας και νύμφης αντίστοιχα [53]. Η απομάκρυνση του λίπους των BSF αυξάνει την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη περισσότερο από το BSF στο οποίο δεν έχει αφαιρεθεί το λίπος [54]. Η πρωτεΐνη του BSF, που έχει αφαιρεθεί πλήρως το λίπος αναφέρεται ότι είναι 66%, που είναι υψηλότερη από το BSF, που δεν έχει πλήρως αφαιρεθεί το λίπος που αναφέρεται ως 55% [55-56] και αυτές οι τιμές ήταν σχεδόν αντίστοιχες με αυτές του κρέατος και της ιχθυοτροφής. Η χαμηλότερη αποδεδειγμένα παρατηρούμενη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των BSF είναι 35-36% [57] και είναι παρόμοια ή και υψηλότερη από φυτικής προέλευσης πρωτεϊνικά υλικά, συμπεριλαμβανομένων του ηλίανθου, του βαμβακόσπορου και του λιναρόσπορου, των παραπροϊόντων της απόσταξης σιταριού και των φασολιών [58].

Όσον αφορά το προφίλ αμινοξέων στα έντομα είναι καλύτερο από το αντίστοιχο των αμινοξέων της σόγιας. Τα αμινοξέα που περιέχονται σε δίαιτες δημητριακών για πτηνά που περιέχουν σόγια και καλαμπόκι είναι η λυσίνη, η μεθειονίνη και η θρεονίνη, και τα έντομα αυτά έχουν εξαιρετικά υψηλά επίπεδα αυτών των απαραίτητων αμινοξέων. Σε σύγκριση με το 60% της γλουτένης από καλαμπόκι, η προνύμφη του BSF έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε λευκίνη, λυσίνη και αργινίνη [53]. Η ιστιδίνη αναφέρεται ότι είναι τετραπλάσια σε σχέση με αυτή στην ιχθυοτροφή. Όσον αφορά τα μη απαραίτητα αμινοξέα, οι ποσότητες προλίνης, αλανίνης και τυροσίνης είναι μεγαλύτερες στο BSF, σε σύγκριση με τη σόγια και την ιχθυοτροφή [59].

#### **2.1.5.2. Λιπίδια**

Το εύρος του ποσοστού του λίπους στο BSF είναι μεγάλο (15-49%) και σε μεγάλο βαθμό είναι εξαρτώμενο από το είδος της τροφής που έχει τραφεί το έντομο. Την πρώτη ημέρα μετά την εκκόλαψη, η προνύμφη του BSF έχει λίπος περίπου 5%, το οποίο τείνει να αυξάνεται σταδιακά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και φθάνει το 28-30% στο στάδιο της νύμφης [60].

Το λαουρικό οξύ, ένα κορεσμένο λιπαρό οξύ που έχει αντιμικροβιακή δράση, αποτελεί το 35-50% των συνολικών λιπαρών οξέων στο BSF [61].

Το μυριστικό οξύ είναι επίσης υψηλότερο στο BSF, σε σύγκριση με το σιτηρέσιο σόγιας[62]. Σύμφωνα με το Hoc κ.ά. [63], το περιεχόμενο σε λιπαρά οξέα του BSF είναι υψηλό σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (C12:0, C14:0, C16:0), και μέτριο σε μονοακόρεστα, και περίπου το 15% είναι πολυακόρεστα, και ήταν παρόμοιο με τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν από το Zarantoniello κ.ά. [64]. Υψηλότερα επίπεδα λινολεϊκού οξέος (31,4%) και α-λινολενικού οξέος (1,6%) ανιχνεύτηκαν στο τέλος της πρώτης εβδομάδας ανάπτυξης, σε σύγκριση με την 14η ημέρα ανάπτυξης όπου ανιχνεύτηκε ως 7% και 1,5%, αντίστοιχα [65]. Σχετικά με το υπόστρωμα για την ανάπτυξη της προνύμφης του BSF, αναφέρεται ένα λογικό περιεχόμενο ολεϊκού οξέος (10-15%) στο BSF [66].

#### **2.1.5.3. Βιταμίνες και ανόργανα συστατικά**

Το BSF περιέχει σημαντική ποσότητα ασβεστίου, σιδήρου, ψευδαργύρου, φωσφόρου, καλίου, νατρίου, χαλκού, μαγγανίου και βιταμίνης E, τα οποία έχουν σημαντική σημασία στη ζωοτροφία [67]. Η περιεκτικότητα της βιταμίνης E, η οποία είναι λιποδιαλυτή και έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, στο στάδιο της προνύμφης 6<sup>ης</sup> ηλικίας (3,2 mg/100g) αναφέρεται ότι αυξάνεται στην 14η ημέρα και τείνει να είναι περίπου 6,7 mg/100g. Επίσης, έχει βρεθεί ότι περιέχουν τις βιταμίνες B1 (θειαμίνη), B2 (ριβοφλαβίνη), οι οποίες συμβάλλουν στην διατήρηση φυσιολογικών μεταβολικών λειτουργιών στα ζώα. Επιπρόσθετα, έχει βρεθεί και βιταμίνη C, που έχει αντιοξειδωτική δράση και είναι σημαντική για την υποστήριξη της φυσιολογικής ανάπτυξης και της αξιοποίησης της τροφής των εκτρεφόμενων ζώων [68]. Ορισμένα από τα μέταλλα όπως ο φωσφόρος και το ασβέστιο ήταν διπλάσια στο αρχικό στάδιο, σε σύγκριση με το τελικό στάδιο, ενώ το περιεχόμενο νατρίου, ψευδαργύρου και σιδήρου ήταν περισσότερο στο ώριμο στάδιο [53]. Η προνύμφη του BSF που τρέφεται με κοπριά αλόγου έδειξε σχεδόν 915 mg/100g φωσφόρου στο ώριμο στάδιο, που συνήθως είναι 320 mg/100g στην πτηνοτροφή.

#### **2.1.5.4. Αντιμικροβιακές ουσίες**

Η χρήση εντόμων ως υποκατάστατο της σόγιας και των ιχθυοτροφών έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία επειδή διαθέτουν συστατικά με βιοενεργά συστατικά που ενισχύουν την

ανοσία, συμπεριλαμβανομένων αντιμικροβιακών πεπτιδίων, λαουρικού οξέος και χιτίνης [69].

Σε μια παρόμοια μελέτη, αναγνωρίστηκαν συνολικά 57 πεπτίδια. Από αυτά, τα 13 παρουσίασαν αντιμικροβιακή δράση, ενώ 22 πεπτίδια επέδειξαν τόσο αντιμικροβιακή όσο και αντικαρκινική δράση. Άλλα 8 πεπτίδια είχαν αντιμικροβιακή και αντιική δράση, ενώ δύο πεπτίδια είχαν αντιμικροβιακή και αντιμυκητιασική δράση. Επιπλέον, 7 πεπτίδια παρουσίασαν αντιμικροβιακή, αντιική και αντικαρκινική δράση, ενώ μόνο ένα πεπτίδιο φάνηκε να έχει τόσο αντιμικροβιακή, αντιική όσο και αντιμυκητιακή δράση [72]. Το μεγαλύτερο μέρος από τα πεπτίδια που ταυτοποιήθηκαν φαίνεται να αποτελείται από 34 έως 51 αμινοξέα, με την πλειονότητα αυτών να ανήκουν στις οικογένειες των δεφενσινών και των κεκροπινών. [70-71].

### 2.1.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την θρεπτική αξία του BSF

Αυτό που έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι ότι το θρεπτικό προφίλ των εντόμων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Αρχικά, το είδος της διατροφής του εντόμου έχει επίδραση. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται από την έρευνα των Nor Fatin Najihah Mohamad Zulkifli et al., 2022 [73] στη μία περίπτωση τα έντομα τράφηκαν με οργανικά απόβλητα από αγροκτήματα και στην άλλη με οικιακά απόβλητα, τα οποία περιείχαν και περισσότερα λίπη. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η περιεκτικότητα σε λίπος στη μάζα του εντόμου να είναι μεγαλύτερη από την πρώτη περίπτωση. Αντίστοιχα η διατροφή τους με τροφές πλούσιες σε πρωτεΐνη, όπως η πτηνοτροφή, θα αυξήσει την περιεκτικότητά τους στο τέλος σε πρωτεΐνη.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι το στάδιο ανάπτυξης που θα γίνει η συγκομιδή του εντόμου, καθώς οι περιεκτικότητες και οι ποσότητες των συστατικών του εντόμου μεταβάλλονται στη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους Liu κ.ά., 2017 [53], το υψηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης βρίσκεται στις 5<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> ηλικίας προνύμφες, καθώς και στις νύμφες, ενώ το λίπος στο στάδιο της νύμφης το ποσοστό του μειώνεται σε μεγάλο βαθμό. Επιπλέον, τα περισσότερα ανόργανα συστατικά και βιταμίνες βρίσκονται στις 5<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> ηλικίας προνύμφες, ενώ στις προνύμφες 6<sup>ης</sup> ηλικίας και τις νύμφες εμφανίζεται αύξηση στο ποσοστό χιτίνης εξαιτίας της σκληροποίησης του εξωσκελετού του εντόμου κατά τα στάδια αυτά.

Όσον αφορά τον τρόπο που ορισμένες επεξεργασίες επηρεάζουν τη σύσταση των συστατικών του εντόμου αυτές είναι οι εξής: Αν για παράδειγμα το τελικό προϊόν είναι σε



μορφή σκόνης και έχει υποστεί επεξεργασία απομάκρυνσης του λίπους, τότε το ποσοστό της πρωτεΐνης στο εντομάλευρο αυτό θα είναι υψηλότερο. Επίσης, κατά την αποξήρανση των προνυμφών παίζει σπουδαίο ρόλο ο τρόπος που θα γίνει η αποξήρανση, σε τι μηχάνημα, σε τι θερμοκρασία, για πόση διάρκεια, διότι μπορεί να επηρεαστούν διάφορα θερμοευαίσθητα μόρια ή να μετουσιωθούν ορισμένες πρωτεΐνες.

## **2.2. Μέλισσα (*Apis mellifera*)**

Η σημασία της μέλισσας στον άνθρωπο είναι τεράστια με πρώτο και κύριο έργο που επιτελεί να είναι η επικονίαση καλλιεργούμενων και μη φυτών. Είναι ευρέως γνωστό ότι χωρίς την επικονίαση από τις μέλισσες η ζωή στον πλανήτη μας θα ήταν πολύ διαφορετική. Εκτός αυτού του πολύ βασικού γνωρίσματός της, ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται την μέλισσα λαμβάνοντας τα προϊόντα που παράγει και αυτά είναι το μέλι, η γύρη, ο βασιλικός πολτός, η πρόπολη, το κερι και το δηλητήριο.

### **2.2.1. Διατροφή μέλισσας**

Η μέλισσα, όπως κάθε άλλο ζώο, απαιτεί απαραίτητα συστατικά για την αναπαραγωγή και την επιβίωση. Επιπλέον, αυτά τα συστατικά πρέπει να βρίσκονται σε σωστή αναλογία. Η τροφή της μέλισσας πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω απαραίτητα στοιχεία: α) υδατάνθρακες, β) πρωτεΐνες, γ) βιταμίνες, δ) λιπίδια, ε) ανόργανα στοιχεία, στ) νερό

#### **2.2.1.1. Υδατάνθρακες**

Όπως όλα τα ζώα έτσι και η μέλισσα χρειάζεται υδατάνθρακες ως πηγή ενέργειας. Οι υδατάνθρακες πρώτα μετατρέπονται σε γλυκόζη, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ATP, του βασικού καυσίμου των κυττάρων. Ακόμη η γλυκόζη μπορεί να αποθηκευτεί στο σώμα ως λίπος.

#### **2.2.1.2. Πρωτεΐνες**

Οι πρωτεΐνες αποτελούν την κύρια ουσία που απαιτείται από τη μέλισσα για την ανάπτυξή της. Με αυτές συντίθενται οι μύες, οι αδένες και άλλοι ιστοί του σώματός της.

Οι συλλέκτριες εργάτριες συλλέγουν γύρη και την αποθηκεύουν ως «μελισσόψωμο» στην κυψέλη, όπου καταναλώνεται κυρίως από τις νεαρές εργάτριες. Αυτές οι νεαρές εργάτριες αρχίζουν να καταναλώνουν γύρη λίγες ώρες αφού εκκολαφθούν και για τις επόμενες δύο βδομάδες εφοδιάζονται με πρωτεΐνες που απαιτούνται για την παραγωγή εργατικού και βασιλικού πολτού.

Ο τρόπος σύνθεσης και ο συνδυασμός των αμινοξέων καθορίζουν την βιολογική αξία της γύρης-πρωτεΐνης. Αρκετά αμινοξέα μπορεί η μέλισσα να τα συνθέσει μόνη της, ενώ άλλα δεν μπορεί και έτσι, τα παίρνει μέσω της τροφής. Τα 10 απαραίτητα αμινοξέα για την μέλισσα είναι: Αργινίνη, Ιστιδίνη, Ισολευκίνη, Λευκίνη, Λυσίνη, Μεθειονίνη, Φαινυλαλανίνη, Θρεονίνη, Τρυπτοφάνη και Βαλίνη.

Οι πρωτεΐνες διασπώνται στο σώμα της μέλισσας σε αμινοξέα. Κατόπιν τα χρησιμοποιεί για να συνθέσει τις δικές της πρωτεΐνες ή άλλες ουσίες που χρειάζεται.

Οι πρωτεΐνες χρειάζονται ιδιαίτερα για την λειτουργία των αδένων της μέλισσας και κυρίως σε αδένες που παράγουν πρωτεϊνούχες ουσίες, όπως είναι οι υποφαρυγγικοί. Αυτοί χρειάζονται τις πρωτεΐνες για τη λειτουργία τους, αλλά και την παραγωγή εργατικού και βασιλικού πολτού.

Άλλα και για την παραγωγή κεριού η μέλισσα χρειάζεται πρωτεΐνες. Το κέρι αυτό καθ' αυτό δεν περιέχει δομικά στοιχεία των πρωτεϊνών, όμως βρέθηκε ότι οι κηρογόνοι αδένες, για να έχουν πλήρη ανάπτυξη, χρειάζονται πρωτεΐνες. Μελίσσια που βρίσκονται σε ισορροπημένη πρωτεϊνούχο διατροφή μπορούν να παράγουν περισσότερο κέρι και δείχνουν τα σημάδια ευφορίας τους (ξασπρίσματα) πολύ έντονα.

Ο σταθερός εφοδιασμός με υψηλής ποιότητας γύρη εξασφαλίζει την ανάπτυξη των μελισσών, γιατί δίνει πρωτεΐνη στις ενήλικες μέλισσες και διεγείρει την εκτροφή γόνου [103]. Μελίσσια με μειωμένη πρόσληψη πρωτεΐνης εξασθενίζουν από το συνδυασμό μειωμένης εκτροφής γόνου και διάρκειας ζωής των μελισσών. Με έλλειψη πρωτεΐνης οι υποφαρυγγικοί αδένες των εργατριών ατροφούν και αυξάνονται τα ποσοστά προσβολής από ιώσεις. Έτσι, η ελαττωματική διατροφή μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες μελισσιών από ασθένειες [104].

### **2.2.1.3. Βιταμίνες**

Οι βιταμίνες είναι οι ουσίες που χρειάζεται η μέλισσα για τη σύνθεση άλλων πιο πολύπλοκων ουσιών και τη ρύθμιση διαφόρων λειτουργιών του σώματός της. Η μέλισσα συνθέτει μερικές



βιταμίνες αλλά οι περισσότερες προέρχονται από την τροφή, κυρίως από την γύρη, γιατί η περιεκτικότητα βιταμινών στο μέλι είναι πολύ μικρή. Γενικά η γύρη είναι πλούσια σε υδατοδιαλυτές και φτωχή σε λιποδιαλυτές βιταμίνες. Οι βιταμίνες που συνήθως απαντούμε είναι του συμπλέγματος Β όπως: θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, πυριδοξίνη, παντοθενικό οξύ, νιασίνη, φολικό οξύ και βιοτίνη, που είναι απαραίτητες στα περισσότερα έντομα [105].

#### **2.2.1.4. Λιπίδια**

Η μέλισσα απαιτεί ορισμένα λιπίδια (όπως λιπαρά οξέα, στερόλες και φωσφολιπίδια) στη διατροφή της για να παράγει ενέργεια, να συνθέσει αποθέματα λίπους και γλυκογόνου, καθώς και για να δημιουργήσει τα δομικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, οι ανάγκες της σε λιπίδια καλύπτονται μέσω της κατανάλωσης γύρης, η οποία περιέχει κατά μέσο όρο 5% λιπίδια. Επιπλέον, η μέλισσα χρειάζεται στερόλες για την ομαλή ανάπτυξή της και την αναπαραγωγή της, και καθώς δεν μπορεί να τις συνθέσει, πρέπει να τις λάβει από την τροφή της.

#### **2.2.1.5. Ανόργανα συστατικά**

Η μέλισσα εφοδιάζεται τα ανόργανα συστατικά από τη γύρη, το νέκταρ, τα μελιτώματα και το νερό. Αυτά τα στοιχεία είναι απαραίτητα για όλες τις λειτουργίες του σώματός της. Τα πιο άφθονα στοιχεία στο σώμα της είναι ο φώσφορος και το κάλιο, ενώ το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο και ο σίδηρος βρίσκονται σε μικρότερες ποσότητες. Υψηλά ποσοστά αλάτων μπορούν να αποβούν τοξικά στις μέλισσες.

#### **2.2.1.6. Νερό**

Το νερό προέρχεται είτε από το νέκταρ, είτε συλλέγεται από το περιβάλλον. Χρησιμοποιείται για την αραιώση του μελιού, τη διατροφή του γόνου και πολλές άλλες διαδικασίες. Είναι ο κύριος διαλύτης για τις περισσότερες οργανικές ουσίες και τα άλατα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός του γόνου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι ανάγκες σε νερό. Χρησιμεύει επίσης για τη διατήρηση της σωστής υγρασίας στη γονοφωλιά, προκειμένου να εξασφαλιστεί η επώαση των αυγών και να αποφευχθεί η αφυδάτωση των προνυμφών. Επιπλέον, το νερό χρησιμοποιείται από τις μέλισσες για να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία στην κυψέλη κατά τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού.

### 2.2.2. Η ανάπτυξη της μέλισσας

Η μέλισσα, μετά την εκκόλαψή της από το κελί, ολοκληρώνει την ανάπτυξή της μέσα σε 8-10 μέρες. Η εκκολαφθείσα μέλισσα είναι μαλακιά και το δερμάτιό της σκληραίνει κατά την διάρκεια των επόμενων 12-24 ωρών. Τα εσωτερικά όργανα της αναπτύσσονται τις πρώτες μέρες, και πιο συγκεκριμένα το αδενικό σύστημα καθώς επίσης και τα λιπώδη σώματα. Αν δεν τραφούν με αρκετή ποσότητα γύρης στις πρώτες μέρες της ζωής τους, τότε θα αναπτυχθεί ανεπαρκώς το αδενικό σύστημα και θα έχει μικρότερη διάρκεια ζωής.

Οι νεαρές εργάτριες παίρνουν τις περισσότερες πρωτεΐνες από τη γύρη, την οποία μόνες τους λαμβάνουν από τα κελιά. Αρχίζουν την κατανάλωση της γύρης από τις πρώτες ώρες από την εκκόλαψή τους από το κελί και η μέγιστη κατανάλωση συμβαίνει, όταν είναι ηλικίας 5 ημερών. Οι νεαρές εργάτριες τρέφονται και με λίγο βασιλικό πολτό που τον τροφοδοτούν οι παραμάνες μέλισσες. Αυτή η περίοδος διατροφής για τις εκκολαφθείσες μέλισσες είναι πολύ σημαντική για την ανάπτυξή τους.

Οι εργάτριες, οι κηφήνες και η βασίλισσα έχουν κάπως διαφορετικές θρεπτικές ανάγκες και μηχανισμούς διατροφής μεταξύ τους, όμως οι πρώτες ύλες από τις οποίες παίρνουν τα θρεπτικά είναι ίδιες, δηλαδή το νέκταρ και η γύρη.

#### 2.2.2.1. Νέκταρ

Οι μέλισσες αντλούν την κυριότερη ενέργεια που χρειάζονται για τη λειτουργία του σώματός τους από τους υδατάνθρακες που περιέχονται στο νέκταρ ή στα διάφορα μελιτώματα. Η συγκέντρωση των σακχάρων στο νέκταρ μπορεί να κυμαίνεται από 5% έως 75%, αν και γενικά τα περισσότερα είδη νέκταρος έχουν περιεκτικότητα από 25% έως 40%. Εκτός από τα σάκχαρα, περιέχει μικρές ποσότητες αζωτούχων ενώσεων, ανόργανων αλάτων, οργανικών οξέων, βιταμινών, λιπιδίων, χρωστικών και αρωματικών ενώσεων.

Τα μελιτώματα είναι ζαχαρώδεις εκκρίσεις διαφόρων εντόμων. Παράγονται γιατί οι χυμοί των φυτών που τρέφονται είναι φτωχοί σε πρωτεΐνες και για να πάρουν αρετές πρωτεΐνες μυζούν μεγάλες ποσότητες χυμών. Την περίσσεια χυμών την αποβάλλουν ως σακχαρώδη υγρά, τα οποία δεν περνούν από την διαδικασία της πέψης. Αυτά είναι πλούσια σε σάκχαρα και ανόργανα άλατα.

#### 2.2.2.2. Γύρη

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη της γύρης κυμαίνεται από 7,5% έως 35% και αποτελεί την κύρια πηγή πρωτεϊνών για τις μέλισσες. Επιπλέον, η γύρη περιέχει λιπίδια σε ποσοστά από 1% έως 15%, αν και συνήθως είναι λιγότερο από 5%. Τα περισσότερα είδη γύρης περιέχουν λιγότερο από 0,5% στερόλες, οι οποίες είναι σημαντικές γιατί οι μέλισσες δεν μπορούν να τις συνθέσουν. Η γύρη περιλαμβάνει επίσης σάκχαρα, άμυλο, βιταμίνες και ανόργανα άλατα. Η σύνθεση των ουσιών στη γύρη διαφέρει σημαντικά και εξαρτάται από την προέλευσή της.

Η ποιότητα της γύρης μπορεί να εκτιμηθεί με δύο τρόπους: Με το ποσοστό της συνολικής πρωτεΐνης (crude protein) ή με τη σύσταση των αμινοξέων. Το ποσοστό της συνολικής πρωτεΐνης (crude protein) υποδηλώνει πόση πρωτεΐνη έχει η κάθε γύρη και συνήθως υψηλά ποσοστά πρωτεΐνης είναι καλύτερα από τα χαμηλά. Όμως αν τα δέκα απαραίτητα αμινοξέα δεν είναι σε ισορροπημένες ποσότητες τότε δεν μπορούν να αξιοποιηθούν πλήρως από τη μέλισσα.

Η θρεπτική αξία της γύρης εξαρτάται από το φυτό από το οποίο προέρχεται. Κάθε είδος φυτού παράγει γύρη με μοναδικά χαρακτηριστικά και η θρεπτική της αξία διαφέρει ανάλογα με την προέλευσή της. Ορισμένα φυτά, όπως η ερείκη και τα οπωροφόρα δέντρα, παράγουν γύρη πλούσια σε θρεπτικά συστατικά για τις μέλισσες, ενώ άλλα, όπως τα κωνοφόρα δέντρα, παράγουν γύρη χαμηλότερης θρεπτικής αξίας. Υπάρχουν επίσης φυτά που παράγουν γύρη με ενδιάμεση θρεπτική αξία.

Η καταλληλότερη για τη μέλισσα γύρη συνήθως είναι η πολύχρωμη, η οποία προέρχεται δηλαδή από διάφορα είδη φυτών, και αυτό την κάνει να είναι θρεπτικώς πιο πλήρης. Μίγμα ποικίλης γύρης δίνει υψηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης, μεγαλύτερη ποικιλία βιταμινών που οδηγούν στη γρηγορότερη ανάπτυξη του μελισσιού (Εικ. 7).



Εικόνα 7. Πλαίσιο με ποικιλία γύρης από διαφορετικά φυτά (διαφορετικά χρώματα)

Πολλοί μελισσοκόμοι λόγω έλλειψης γύρης τροφοδοτούν πρωτεϊνούχες τροφές του εμπορίου ως διατροφικά συμπληρώματα με σκοπό την παραγωγή γόνου και πληθυσμού και τη αύξηση διάρκειας ζωής των μελισσών [106].

### 2.2.3. Τροφοδότηση μελισσιών με γύρη

Ο μελισσοκόμος συλλέγει τη γύρη από τις κυψέλες και τη διατηρεί με διάφορους τρόπους, για να την χρησιμοποιήσει αργότερα στα μελίσσια του. Γι' αυτό και έχουν γίνει πολλές έρευνες που αφορούν την θρεπτική αξία της αποθηκευμένης γύρης και τους τρόπους τροφοδοσίας της. Η γύρη υπερέχει σαν τροφή σε σύγκριση με άλλες πρωτεϊνούχες τροφές του εμπορίου που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των μελισσών.

Ο Haydak (1961)[107] παρατήρησε ότι η αποθήκευση της γύρης μειώνει τη θρεπτική της αξία και δεν επιτρέπει τη φυσιολογική ανάπτυξη των νεαρών μελισσών. Οι Dietz και Stevenson (1980)[108] συμβουλεύουν ότι η γύρη μόλις συλλέγεται πρέπει να καταψύχεται και μετά να χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται στις μέλισσες. Ο μελισσοκόμος πρέπει να συλλέγει, να καταψύχει και να χρησιμοποιεί τη δική του γύρη, για να είναι σίγουρος για την ποιότητα τροφής που δίνει στις μέλισσές του. Θα πρέπει να φυλάγεται από τη χρήση της παλαιάς αποξηραμένης γύρης, που ενώ συνήθως είναι ακριβή στο εμπόριο, δεν του προσφέρει και

κάποιο όφελος, απεναντίας υπάρχει μεγάλος κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών. Διαφορετικά θα πρέπει να στραφεί προς τα υποκατάστατα ή αντικατάστατα γύρης.

Η ποσότητα γύρης που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας προνούμφης εργάτριας υπολογίζεται περίπου στα 125-145mg, με περίπου 30mg αυτής να είναι πρωτεΐνη. Οι ετήσιες ανάγκες ενός μελισσιού σε γύρη διαφέρουν, κυμαίνοντας περίπου από 15 έως 55 κιλά.

#### **2.2.4. Παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη του μελισσιού**

Η μελισσοκομική τεχνική μπορεί να διαχωριστεί σε δύο βασικές κατευθύνσεις: πρώτον, στη σωστή ανάπτυξη του μελισσιού, ώστε να αξιοποιηθεί το μέγιστο δυναμικό του, και δεύτερον, στη σωστή διαχείριση του πλήρως αναπτυγμένου μελισσιού, προκειμένου να εξασφαλιστεί καλό εισόδημα.

Για την πλήρη ανάπτυξη του μελισσιού, είναι απαραίτητο να βρίσκονται σε ιδανική κατάσταση πολλοί παράγοντες, όπως η μελιτοφορία, η επάρκεια ποιοτικής γύρης, η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος, κ.α. Όταν βρίσκεται σε έλλειψη ένας από αυτούς τους παράγοντες, η ανάπτυξη του μελισσιού περιορίζεται, ακόμα και αν οι υπόλοιποι παράγοντες είναι σε άριστες συνθήκες. Για παράδειγμα, όταν τα μελίσσια δεν βρίσκουν νέκταρ και δεν παρέχεται ενίσχυση, ο πληθυσμός τους θα μειώνεται, παρά την επάρκεια γύρης και τις καλές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Το ίδιο ισχύει και για άλλους παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη του μελισσιού. Αν ενισχυθεί ένας παράγοντας που λείπει, τότε θα παρατηρηθεί ανάπτυξη, αλλά μέχρι το σημείο που κάποιος άλλος παράγοντας θα περιορίσει την περαιτέρω ανάπτυξη. Στο προηγούμενο παράδειγμα, αν τροφοδοτηθούν τα μελίσσια με επαρκή ποσότητα τροφής, η βασίλισσα θα γεννήσει πολλά αυγά και θα υπάρξει αύξηση του γόνου, όμως η ανάπτυξη θα περιοριστεί όταν θα υπάρξει έλλειψη σε κάποιον άλλο παράγοντα που δεν μπορεί να υποκατασταθεί.

Είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε από κοντά τους παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη του μελισσιού. Πολλούς από αυτούς τους παράγοντες που βοηθούν στην ανάπτυξη του μελισσιού, ο μελισσοκόμος τους γνωρίζει και θα πρέπει να προσπαθεί να μη βρίσκονται σε έλλειψη, όπως τροφοδοτήσεις, διαχείμαση σε ζεστό και ξηρό περιβάλλον, κατάλληλες κυψέλες κλπ.

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες που ενισχύουν την ανάπτυξη του μελισσιού είναι η γύρη ή καλύτερα η πρωτεϊνούχος τροφή της μέλισσας. Η μέλισσα χρειάζεται την γύρη για τις



πρωτεΐνες και τις βιταμίνες. Αλλά επειδή η γύρη, που βρίσκει κατά διαστήματα η μέλισσα, δεν επαρκεί για όλες τις απαιτήσεις της σε πρωτεΐνες και βιταμίνες, γι' αυτό είναι απαραίτητη η ανθρώπινη παρέμβαση για τη σωστή ανάπτυξη του μελισσιού.



Εικόνα 8. Υγιές πλαίσιο γόνου με σφραγισμένο και ασφράγιστο γόνο, σφραγισμένο και ασφράγιστο μέλι και γύρη

### 2.2.5. Διατροφή και διάρκεια ζωής της μέλισσας

Τα ζώα όταν αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες ελλιπούς διατροφής ζουν λιγότερο, είναι μικρότερα σε μέγεθος, η φυσική τους κατάσταση είναι μειωμένη και είναι πιο ευάλωτα στις αρρώστιες. Αυτή η κατάσταση ισχύει και για τις μέλισσες. Για τη μέλισσα η ελλιπής διατροφή αναφέρεται κυρίως στην έλλειψη πρωτεϊνών και βιταμινών. Έτσι είναι πολύ σημαντικό, να προσδιορίζεται η κατάσταση έλλειψης γύρης και να επεμβαίνει ο μελισσοκόμος.

Η θρεπτικότητα της γύρης επηρεάζει τη διάρκεια ζωής της μέλισσας. Η ανεπαρκής διατροφή της μέλισσας σε πρωτεΐνες μπορεί να μειώσει τη διάρκεια ζωής της, ενώ αντίθετα, η προσφορά επαρκούς πρωτεϊνούχου τροφής αυξάνει τη διάρκεια ζωής της. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μέλισσα διαθέτει λιπώδη σώματα, τα οποία έχουν αποθηκευτική

λειτουργία και περιέχουν λίπος, γλυκογόνο και πρωτεϊνικές ενώσεις. Έχουν παρατηρηθεί αυξημένα ποσοστά πρωτεΐνης στα λιπώδη σώματα όταν η μέλισσα καταναλώνει ισορροπημένη πρωτεϊνούχο διατροφή, και αυτή η πρωτεΐνη σχετίζεται με τη μακροβιότητα της μέλισσας. Οι μέλισσες του χειμώνα, οι οποίες διαθέτουν περισσότερη πρωτεΐνη στα λιπώδη σώματα, ζουν κατά μέσο όρο 140 ημέρες (περίπου 5 μήνες), ενώ οι μέλισσες του καλοκαιριού, που περιέχουν λιγότερη πρωτεΐνη, ζουν μόνο 15-38 ημέρες. Η ποσότητα πρωτεΐνης στα λιπώδη σώματα της μέλισσας μπορεί να αυξάνεται ή να μειώνεται, ανάλογα με την ποσότητα της διαθέσιμης γύρης, αλλά και ανάλογα με την εκτροφή γόνου. Έτσι, παρέχοντας πρωτεϊνούχο τροφή, μπορούμε να ενισχύσουμε τα λιπώδη σώματα με περισσότερη πρωτεΐνη, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διάρκειας ζωής της μέλισσας. [109].

Η επέκταση της διάρκειας ζωής της μέλισσας και η κατανόηση της αιτίας που επηρεάζει τη ζωτικότητα της έχει σημαντική πρακτική αξία για τη μελισσοκομία. Η διαδικασία παραγωγής πληθυσμού στο μελίσσι είναι αρκετά κοστοβόρα, καθώς απαιτεί τη χρήση μελιού και γύρης μέχρι να αναπτυχθούν και να ενηλικιωθούν οι μέλισσες. Μία μέλισσα συνεχίζει να καταναλώνει τροφή και αρχίζει να μεταφέρει τροφή στην κυψέλη όταν αναλάβει τον ρόλο της συλλέκτριας. Εάν καταστεί δυνατή η αύξηση της διάρκειας ζωής της μέλισσας και κατ' επέκταση της περιόδου που αυτή λειτουργεί ως συλλέκτρια, τότε θα επιτευχθεί και η αντίστοιχη αύξηση στην παραγωγή.

Η παράταση της διάρκειας ζωής της μέλισσας για τις ελληνικές συνθήκες είναι πραγματοποιήσιμη. Όμως και η αύξηση της παραγωγής είναι πραγματοποιήσιμη, (όταν φυσικά οι μέλισσες βρίσκονται σε ισορροπημένη διατροφή), καθώς οι βασικές σοδειές μελιού συλλέγονται κυρίως το καλοκαίρι. Ακόμη, εμφανέστερη γίνεται η παραπάνω υπόθεση κατά τη διάρκεια μελιτοφορίας του θυμαριού και του πεύκου, όπου επιμήκυνση του χρόνου ζωής των συλλεκτριών μελισσών επηρεάζει άμεσα την παραγωγή.

#### **2.2.6. Διατροφή και ανθεκτικότητα της μέλισσας σε ασθένειες**

Η διατροφή είναι ένας παράγοντας που σχετίζεται στενά με την εμφάνιση ασθενειών στις μέλισσες. Η νοσεμίαση είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για να κατανοηθεί η αλληλοσυσχέτιση διατροφής και ασθενειών. Στην περίπτωση που η ποσότητα και η ποιότητα της γύρης και κατά συνέπεια των παρεχόμενων στις μέλισσες πρωτεϊνών, είναι ανεπαρκείς, ενώ ο γόνος πολύς, οι παραμάνες μέλισσες αναγκάζονται να προσφέρουν πρωτεΐνες από το

σώμα τους για να ταΐσουν τον γόνο. Αυτό έχει ως συνέπεια, αφενός μεν να προσφέρουν στον γόνο τη μικρότερη δυνατή ποσότητα τροφής, με αποτέλεσμα οι νεαρές μέλισσες που θα προκύψουν να είναι καχεκτικές, με μικρή διάρκεια ζωής και απρόθυμες για εργασία, και αφετέρου δε να αδυνατίζουν σωματικά και οι ίδιες. Εάν η κατάσταση αυτή, δηλαδή η ανεπάρκεια πρωτεϊνών και ο αυξημένος γόνος συνεχιστεί, το αποτέλεσμα θα είναι μελίτσια άρρωστα, προσβεβλημένα από νοσεμίαση. Στην ανάπτυξη της νοσεμίασης συμβάλλει και η έλλειψη βιταμινών, η οποία συνήθως παρατηρείται ταυτόχρονα με την έλλειψη των πρωτεϊνών [110], [111].

Σημαντικό ρόλο παίζει λοιπόν η ισορροπημένη διατροφή των μελισσιών, κυρίως όσον αφορά στην επάρκεια των πρωτεϊνών, βιταμινών και λιπιδίων τα οποία λαμβάνουν από τη γύρη, τα υποκατάστατα γύρης και τα διάφορα πρόσθετα, αλλά και η επάρκεια των υδατανθράκων οι οποίοι παρέχονται στο μέλι από το μέλι.

#### 2.2.7. Ο γόνος και η μελισσοκομική τεχνική

Για τις μέλισσες είναι πολύ κοπιαστική εργασία και ενεργειακά δαπανηρή η εκτροφή του γόνου. Όπως αναφέρθηκε, η διαδικασία αυτή μειώνει την πρωτεΐνη στα λιπώδη σώματα και συνεπώς μειώνει τη διάρκεια ζωής της μέλισσας. Οι χειμερινές μέλισσες ζουν πολύ, γιατί δεν εκτρέφουν γόνο, σε αντίθεση με τις καλοκαιρινές που εκτρέφουν και αυτή η διαφορά στη διάρκεια ζωής τους είναι τεράστια (5 μήνες οι πρώτες και 15-38 μέρες οι δεύτερες).

Η ποσότητα του μελιού που ξοδεύεται για την εκτροφή του γόνου είναι μεγάλη και η εξάντληση των αποθεμάτων μελιού φαίνεται χαρακτηριστικά νωρίς την άνοιξη, όταν οι μέλισσες εκτρέφουν γόνο, δεν έχουν όμως την δυνατότητα να συλλέξουν πολύ νέκταρ. Γι' αυτό το λόγο σε περιόδους μελιτοφορίας συνίσταται να μειώνεται ο γόνος, για να αυξάνει η παραγωγή εφαρμόζοντας διάφορους χειρισμούς (περιορισμός της βασίλισσας κ.α).

Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα για το μελισσοκόμο παρουσιάζεται, όταν τα μελίτσια δεν έχουν γύρη και ωθούνται να παράγουν, τότε εκτός από τα παραπάνω που αναφέρθηκαν, πρέπει οι μέλισσες να ξοδέψουν και τα αποθέματά τους σε πρωτεΐνες και βιταμίνες και να θυσιάσουν υπέρ του γόνου. Ο γόνος είναι το μέλλον του μελισσιού και είναι υψίστης σημασίας η παρουσία του σε ένα μέλιτσιο. Ο μελισσοκόμος επεμβαίνει και κρίνει πόσο γόνο πρέπει να έχει στα μελίτσια του λαμβάνοντας υπόψη την εποχή, τις υπάρχουσες μελιτοφορίες και πολλούς άλλους παράγοντες.



Τα μελίσσια, όταν έχουν έλλειψη από πρωτεΐνες και βιταμίνες, τότε για να κάνουν οικονομία, αρχικά περιορίζουν το γόνο και κατόπιν κανιβαλίζουν πρώτα τις προνύμφες, μετά τα αυγά και τελικά τις νύμφες. Με αυτό τον τρόπο οι μέλισσες όχι μόνο δεν ξοδεύουν τα αποθέματά τους, για να τροφοδοτήσουν το γόνο τους αλλά και παίρνουν κάποιες πρωτεΐνες τρώγοντας το γόνο τους, ο οποίος παράχθηκε σε προηγούμενες καλύτερες συνθήκες διατροφής. Τα αυγά χρειάζονται τρεις ημέρες για να εκκολαφθούν, πριν αρχίσουν να έχουν απαιτήσεις τροφής. Έτσι οι μέλισσες στην αρχή τα διατηρούν αναμένοντας καλύτερες συνθήκες πρωτεϊνούχου και βιταμινούχου διατροφής και αν δεν υπάρχουν, τότε τα τρώνε αμέσως μόλις εκκολαφθούν [112].

## **2.2.8. Πρωτεϊνούχες τροφές για τις μέλισσες**

### **2.2.8.1. Σογιάλευρο**

Στο εμπόριο υπάρχουν διάφοροι τύποι, είναι χοντροαλεσμένοι και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σιτηρεσιών, τα ποσοστά πρωτεΐνης μπορούν να φτάσουν περίπου το 45%.

Το σογιάλευρο για να είναι κατάλληλο για τις μέλισσες θα πρέπει να περιέχει λιπαρές ουσίες σε ποσοστό λιγότερο από 7%. Στο εμπόριο υπάρχει ένας τύπος που περιέχει 1,5% λιπαρές ουσίες και είναι κατάλληλος για την μέλισσα. Επίσης, πρέπει να είναι πολύ καλά αλεσμένο όπως το αλεύρι σιταριού. Όλοι οι τύποι του εμπορίου είναι χοντροαλεσμένοι. Το σογιάλευρο αυτό πρέπει να αλεσθεί σε μύλο πετρα, για να διαχωριστούν τα πίτυρα, που είναι χοντρά λέπια και τα οποία δεν αλέθονται. Οι σφυρόμυλοι και τα μηχανήματα που αλέθουν την ζάχαρη δεν μπορούν να κάνουν σογιάλευρο που να είναι κατάλληλο για τις μέλισσες.

### **2.2.8.2. Μαγιά μύρας (ή ζύμη ζυθοποιίας)**

Είναι προϊόν της ζυθοποιίας. Χρησιμοποιούνται διάφοροι ζυμομύκητες όπως οι *Saccharomyces calshbergensis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces unarum* κ.α. Μετά το τέλος της ζύμωσης το κατακάθι που μένει φυγοκεντρείται και μετά αποξηραίνεται. Είναι άριστη πρωτεϊνούχα τροφή και πλούσια σε βιταμίνες.

Τα διάφορα συστατικά βρίσκονται στις παρακάτω αναλογίες: πρωτεΐνες (50%), λιπίδια (1%), υδατάνθρακες (31%), υγρασία (10%), τέφρα (ανόργανα συστατικά) (8%). Και από τις βιταμίνες οι κυριότερες είναι: Θειαμίνη (B1), Ριβοφλαβίνη (B2), Νικοτινικό οξύ (B3, Νιασίνη), Παντοθενικό οξύ (B5), Πυριδοξίνη (B6), Βιοτίνη (H), Φολικό οξύ (Bc).

### **2.2.8.3. Μαγιά αρτοποιίας (ζύμη αρτοποιίας)**

Χρησιμοποιείται στην αρτοποιία και είναι προϊόν της καλλιέργειας της ζύμης *Saccharomyces cerevisiae* στη μελάσα. Τα ποσοστά πρωτεΐνης και οι βιταμίνες που περιέχει είναι παρόμοια με εκείνα της ζύμης ζυθοποιίας. Η νωπή έχει ποσοστό υγρασίας 70% και στερεά συστατικά 30%, ενώ η αποξηραμένη ποσοστό υγρασίας 10% και στερεά συστατικά 90%.

Στα στερεά συστατικά η σύσταση είναι: πρωτεΐνες (40-50%), υδατάνθρακες (35-45%), λιπίδια (5-7%), τέφρα (ανόργανα συστατικά) (8%).

Από τις βιταμίνες οι κυριότερες είναι: Θειαμίνη (B1), Ριβοφλαβίνη (B2), Νικοτινικό οξύ (B3, Νιασίνη), Παντοθενικό οξύ (B5), Πυριδοξίνη (B6), Βιοτίνη (H), Φολικό οξύ (Bc).

### **2.2.8.4. Καζεΐνη**

Η καζεΐνη αποτελεί την κύρια πρωτεΐνη του γάλακτος και κατατάσσεται δεύτερη σε βιολογική αξία, μετά την πρωτεΐνη του αυγού. Είναι μια πολύ καλή πηγή αμινοξέων για τις μέλισσες.

### **2.2.8.5. Ασπράδι αυγού**

Το ασπράδι αυγού παρέχει στις μέλισσες πρωτεΐνες υψηλής αξίας, αλλά λόγω των υψηλών επιπέδων περιεκτικότητας σε λιπίδια δεν μπορεί να αφομοιωθεί εύκολα από αυτές.

### **2.2.8.6. Πρωτεΐνη ορού γάλακτος**

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι πρωτεϊνών ορού γάλακτος με υψηλή βιολογική αξία: η συμπυκνωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος (whey protein concentrate) και η απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος (whey protein isolate). Η συμπυκνωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά και συνήθως αποτελείται κατά 75% από καθαρή πρωτεΐνη. Από την άλλη, η απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος είναι η πιο αγνή μορφή της πρωτεΐνης, έχουν αφαιρεθεί τα λιπαρά και η λακτόζη (είναι τοξική για τις μέλισσες). Η απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος έχει 90% περίπου πρωτεΐνη.

Πρέπει να τονισθεί εδώ ότι τα στοιχεία που αναφέρθηκαν για τις πρωτεϊνούχες τροφές είναι αυτά που αναγράφονται στις συσκευασίες τους και αυτά που δίδουν οι εταιρείες. Αλλαγές όμως στον τρόπο προετοιμασίας του προϊόντος, μπορεί να το καταστήσουν ακατάλληλο για

τις μέλισσες. Τέτοιες αλλαγές είναι το χονδρό άλεσμα της τροφής (δεν μπορεί να την φάει η μέλισσα), η μεγάλη περιεκτικότητα σε λιπαρά, περισσότερο από 7%, που την καθιστά τοξική για τη μέλισσα. Επίσης μπορεί να περιέχει σάκχαρα που είναι τοξικά για τις μέλισσες όπως η λακτόζη, μελιβιόζη, D-μαννόζη, ραφινόζη κ.λ.π.

#### **2.2.8.7. Αντικατάστατο και υποκατάστατο γύρης**

Η γύρη είναι η κύρια πηγή πρωτεϊνών, βιταμινών, λιπιδίων και ανόργανων συστατικών. Η έλλειψη γύρης μειώνει το ρυθμό ωοτοκίας της βασίλισσας, συρρικνώνει τον αριθμό του μελισσιού και παρατηρούνται φαινόμενα κανιβαλισμού. Για το λόγο αυτό ο μελισσοκόμος συλλέγει γύρη όταν βρίσκεται σε αφθονία και την τροφοδοτεί στα μελίσσια κατά τη διάρκεια έλλειψης γύρης. Για τον ίδιο σκοπό ο μελισσοκόμος μπορεί να τροφοδοτήσει πρωτεϊνούχες τροφές του εμπορίου με μορφή αντικατάστατου ή υποκατάστατου γύρης.

Ένα καλό υποκατάστατο γύρης πρέπει να έχει τις ίδιες ιδιότητες με μια καλή γύρη όπως: η γευστικότητα (εύκολη κατανάλωση από τις μέλισσες), η πεπτικότητα (εύκολη πέψη από τις μέλισσες), και ισορροπημένη σύσταση αμινοξέων και αρκετή πρωτεΐνη (crude protein).

Ασθένειες όπως η Αμερικανική Σηψιγονία, η Ασκοσφαίρωση ή η Νοσεμίαση μπορεί να μεταδοθούν με τη γύρη. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό η συλλογή γύρης να γίνεται μόνο από υγιή μελίσσια.

Αντικατάστατο γύρης είναι κάθε πρωτεϊνούχο υλικό που μπορεί να χορηγηθεί στις μέλισσες, χωρίς να περιέχει γύρη, και να αντικαταστήσει τη φυσική γύρη. Υποκατάστατο γύρης είναι το προϊόν που περιέχει ένα ποσοστό φυσικής γύρης. Η πρωτεϊνούχος τροφή χορηγείται συνήθως στο μελίσσι με τη μορφή πίτας, η οποία πρέπει να τοποθετείται στους κρηθροφορείς, ακριβώς πάνω από την περιοχή του γόνου και σκεπάζεται με κάποιο λαδόχαρτο ή πλαστικό φύλλο. Για άριστα αποτελέσματα, το ποσοστό πρωτεΐνης στο τελικό μείγμα πρέπει να είναι περίπου 23% [113]. Τόσο είναι και το ποσοστό πρωτεΐνης του «μελισσόψωμου» (bee bread) που αποθηκεύουν οι μέλισσες στις κηρήθρες.

Όταν το ποσοστό πρωτεΐνης στην τροφή είναι μικρό (5-10%), τότε η βασίλισσα ωοτοκεί και ο γόνος εκτρέφεται για μικρότερο χρονικό διάστημα. Με υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης (50%) η τροφή γίνεται τοξική (συσσωρεύεται στο παχύ έντερο) και δυσκολεύεται η εκκένωση του εντέρου.

Ένας απλός τύπος που χρησιμοποιείται για να υπολογίζεται η ποσότητα της πρωτεϊνούχου τροφής που πρέπει να προστίθεται στο μίγμα είναι ο παρακάτω:

$X=(\Pi*B)/\Sigma$ , όπου X= το βάρος (σε g ή kg) της πρωτεϊνούχου τροφής που πρέπει να προστεθεί, Π= ποσοστό πρωτεΐνης (%) που επιθυμούμε στο τελικό μείγμα, Β= βάρος του τελικού μείγματος, Σ= ποσοστό πρωτεΐνης (%) που περιέχει η πρωτεϊνούχος τροφή.

Μέσα στη κυψέλη οι μέλισσες προσελκύονται πιο πολύ στο ζαχαροζύμαρο που περιέχει γύρη από ότι στο ζαχαροζύμαρο που δεν περιέχει γύρη [114]. Το υποκατάστατο ή αντικατάστατο γύρης γίνεται πιο ελκυστικό στις μέλισσες και δεν ξηραίνεται γρήγορα, όταν προσθέτουμε μέσα και μέλι.

### 3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η διερεύνηση της χρήσης αλεύρου από το έντομο *Hermetia illucens* στην διατροφή της μέλισσας και κατά πόσο επηρεάζει την ανάπτυξη του μελισσιού, σε σύγκριση με υποκατάστατο εμπορίου και ζαχαροζύμαρο, σε διαφορετικές εποχές του έτους και σε συνθήκες έλλειψης φυσικής γύρης. Το πείραμα αυτό θεωρείται καινοτόμο, διότι είναι η πρώτη φορά που επιχειρήθηκε να τραφεί ένα με μέλισσι με τροφή που περιέχει εντομάλευρο και να μελετηθεί το κατά πόσο η συγκεκριμένη τροφή το επωφελεί. Επίσης, όσο και να ξενίζει η ιδέα της εντομοφαγίας από τις μέλισσες και ότι πηγαίνει έναντι στην φύση τους, που είναι το νέκταρ, τα μελιτώματα και η γύρη, οι μέλισσες σε συνθήκες λιμοκτονίας είναι στη φύση τους να κανιβαλίζουν τον γόνο του μελισσιού. Επομένως, θα έλεγε κανείς ότι και η εντομοφαγία είναι στη φύση τους.

## 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1 Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)

Η εκτροφή του BSF διατηρήθηκε σε αίθουσα του υπογείου του νέου Κτηρίου Ισαακίδη, κατά τους μήνες Μάιο – Οκτώβριο. Τους υπόλοιπους μήνες η εκτροφή διατηρείτο εντός κλιματιζόμενου δωματίου στο ισόγειο του Εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας, σε συνθήκες ήταν θερμοκρασίας  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  και σχετική υγρασία  $70 \pm 10\%$ . Επίσης, για λόγους ασφαλείας διατηρείτο εκτροφή ασφαλείας εντός θαλάμου σταθερών συνθηκών, με  $\Theta = 27 \pm 2^{\circ}\text{C}$  και  $\Sigma.Υ. = 65 \pm 5\%$ . Κατά το νυμφικό στάδιο, τα έντομα μεταφέρονται κοσκινισμένα από το υπόστρωμα σε θερμοκήπιο του εργαστηρίου όπου βρίσκεται κλωβός για την εκκόλαψη τους σε ενήλικα, έτσι ώστε στη συνέχεια να γίνει η αναπαραγωγή τους και τελικά η ωοτοκία τους. Η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο είναι σταθερά στους  $26^{\circ}\text{C}$  και εντός του κλωβού τοποθετούνται σε λεκάνες οι νύμφες κάτω από χαρτόνια για να προσομοιάσουν τις συνθήκες που θέλουν στη φύση για να εκκολαφθούν, και αυτές είναι να βρίσκονται στην σκιά. Τα ενήλικα όμως χρειάζονται το φως για να αναπαραχθούν, και έτσι ανέρχονται στην πάνω επιφάνεια του χαρτονιού (Εικ. 9). Όσον αφορά την ωοτοκία αυτή γίνεται τοποθετώντας μικρά αποκόμματα από οντουλέ χαρτόνι, έτσι ώστε το θηλυκό με τον ωοθέτη του να εναποθέσει την συστάδα των ωών του εντός των θυλάκων του χαρτονιού (Εικ. 6). Τα τμήματα του χαρτονιού τοποθετούνται πάνω από δοχείο με μουλιασμένη πτηνοτροφή, η οποία προσομοιάζει το φυσικό τους τροφικό ενδιαίτημα, με αποτέλεσμα να παραπλανώνται τα γονιμοποιημένα θηλυκά ενήλικα και να ωοτοκούν στο συγκεκριμένο σημείο που έχει τροφή για τις νεαρές τους προνύμφες.



Εικόνα 9. Ενήλικα άτομα BSF εντός κλωβού

Κατά τη διάρκεια όλων των προνυμφικών σταδίων η εκτροφή διατηρείται σε διαφόρων μεγέθων λεκάνες ανάλογα με το μέγεθος και την πυκνότητα της εκτροφής (Εικ. 11). Επίσης, η διατροφή των προνυμφών έγινε με ένα μείγμα ψωμιού, ορنيθοτροφής και πίτυρου (Εικ. 10). Εμπειρικά αλλά και από την έρευνα των Sideris et al. [119] παρατηρήθηκε ότι οι προνύμφες παρουσίαζαν καλύτερη και πιο γρήγορη ανάπτυξη σε αναλογία δύο μέρη ψωμιού και ένα μέρος ορنيθοτροφής. Το ψωμί προσφέρει τους υδατάνθρακες στην εκτροφή και η ορنيθοτροφή τις πρωτεΐνες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου. Και τα δύο αυτά μούλιαζαν μέσα σε νερό και στη συνέχεια πολτοποιούνταν σε μικρότερα κομμάτια, φτιάχνοντας μείγμα. Αυτό γίνεται για να καταναλώνεται εύκολα η τροφή από τις προνύμφες, μιας και τις διευκολύνει αυτή να είναι μαλακή και λεπτόκοκκη. Τέλος, σε αυτό το μείγμα προστίθεντο ορισμένη ποσότητα πίτυρου για την βελτίωση της σύστασης του μίγματος της τροφής, απορροφώντας ταυτόχρονα και την



περίσσεια υγρασίας που είναι ανεπιθύμητη. Σε κάθε επέμβαση στην εκτροφή κοσκινιζόταν μέρος του υποστρώματος μαζί με τα αποχωρήματα των εντόμων για την μείωση του όγκου του υποστρώματος και τον καλύτερο αερισμό της εκτροφής (Εικ. 13).

Ταυτόχρονα με αυτή τη διαδικασία συλλεγόταν το υπόστρωμα, το οποίο αποτελεί άριστο οργανικό εδαφοβελτιωτικό κομπόστ για χρήση στη γεωργία (Εικ. 14).



Εικόνα 10. Τρόφη με μείγμα μουλιασμένου ψωμιού- πτηνοτροφής-πίτυρου



Εικόνα 11. Τάισμα εκτροφής με μείγμα τροφής



Εικόνα 12. Λεκάνη εκτροφής που έχει ολοκληρώσει την διατροφή της και έχει νυμφωθεί





Εικόνα 13. Κοσκίνισμα εκτροφής για απομάκρυνση περίσσειας υποστρώματος για καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης της εκτροφής



Εικόνα 14. Κοσκινισμένο υπόστρωμα, άριστο οργανικό εδαφοβελτιωτικό

Όσον αφορά την εκμετάλλευση του προϊόντος, δηλαδή της προνύμφης του BSF, αυτή συλλέχθηκε στο στάδιο της 5ης και 6ης ηλικίας. Σύμφωνα με την Larouche [50], επειδή είναι δύσκολη η αφαίρεση της γαστροοισοφαγικής οδού, τότε το μη χωνεμένο φαγητό, τα αποχωρήματα και το μικροβιακό φορτίο που βρίσκεται μέσα σε αυτό μεταφέρονται στο προϊόν της ζωοτροφής. Για αυτό τον λόγο, για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, μερικές φορές απομακρύνονται τα εσωτερικά όργανα των εντόμων, π.χ ασκώντας πίεση για να αναγκάσουν το περιεχόμενό τους προς εκκένωση. Ο FAO προτείνει μία περίοδο ασιτίας ή αφαίρεσης των εντοσθίων, για να προωθηθεί η μείωση του μικροβιακού φορτίου του εντόμου(6). Επειδή υπάρχει μόνο λίγη πληροφορία σχετικά με τον χρόνο γαστρεντερικής κένωσης των εντόμων, γενικά θεωρείται ότι μία περίοδος ασιτίας 12 με 48 ώρες είναι αρκετή για να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο μέρος της πεπτικής οδού [86-88].

Στη συνέχεια γινόταν επαναλαμβανόμενο κοσκίνισμα για την απομάκρυνση του υποστρώματος (Εικ. 13) και στη συνέχεια πλένονταν κάτω από τρεχούμενο νερό για την επιπλέον απομάκρυνση τυχόν υπολειμμάτων πάνω από το σώμα τους (Εικ. 15). Το πλύσιμο με νερό πριν ή μετά την θανάτωση, έχει αναφερθεί ότι όπως σε πολλά καρκινοειδή, έτσι και σε κάποια είδη εντόμων χρησιμοποιείται για την αφαίρεση τυχόν τροφών και υπολειμμάτων από το σώμα των εντόμων, συμπεριλαμβανομένων των *T. Molitor*, *M. domestica*, *Piophilha casei*, *H. illucens* [89-90]. Το πλύσιμο μπορεί να γίνει ή με εμβάπτιση ή με ψεκασμό. Τα αποτελέσματα μπορούν να ενισχυθούν με αύξηση της πίεσης, την διάρκεια, την

θερμοκρασία, την επανάληψη των εμβλαπτίσεων και με την προσθήκη απολυμαντικών μέσα στο νερό, όπως η χλωρίνη και τα οργανικά οξέα [74].

Όσον αφορά τον τρόπο θανάτωσης των προνυμφών υπάρχουν διάφοροι τρόποι. Όντας απαραίτητο στην κτηνοτροφία, η θανάτωση θα πρέπει να είναι γρήγορη και αποτελεσματική και να συντελεί στην μείωση του μικροβιακού φορτίου, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί την θρεπτική ποιότητα του προϊόντος. Τα ασπόνδυλα θανατώνονται με διάφορες μεθόδους, όπως η κατάψυξη, η θέρμανση, η ασφυξία και με μηχανικό θάνατο, με το ζεμάτισμα και την κατάψυξη να είναι οι πιο συχνές μέθοδοι.

Η κατάψυξη συχνά χρησιμοποιείται, καθώς διατηρεί το προϊόν, ενώ ταυτόχρονα θανατώνει αργά το έντομο. Επειδή τα έντομα είναι ποικιλόθερμα, η θανάτωση με κατάψυξη μειώνει τον μεταβολικό ρυθμό των εντόμων αποτρέποντας πιθανό πόνο. Επίσης, έχει το πλεονέκτημα της μείωσης του μικροβιακού φορτίου. Κάποιες μελέτες έχουν ερευνήσει την επίδραση της θανάτωσης της προνύμφης του BSF με κατάψυξη στην ποιότητα των πρωτεϊνών και των λιπιδίων, καθώς επίσης και στη σταθερότητα του χρώματος [75-76]. Στην προνύμφη του BSF, έχει βρεθεί ενεργό ένζυμο που είναι υπεύθυνο για λιπόλυση, ακόμα και σε θερμοκρασία κατάψυξης, επάγοντας υποβάθμιση λιπιδίων κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασίες των -20°C [75]. Για αυτό και επιλέχθηκε αυτή η μέθοδος θανάτωσης και αποθήκευσης, καθώς στο προϊόν μειώνεται περαιτέρω το μικροβιακό φορτίο, μένει αναλλοίωτο το πρωτεϊνικό προφίλ, καθώς και όποια μεταβολή στα λιπίδια υπάρξει δεν αποτελεί πρόβλημα στην εξέλιξη του πειράματος, και αυτό γιατί στη συνέχεια οι προνύμφες επεξεργάστηκαν και αποβουτηρώθηκαν. Στην προκειμένη εργασία ερευνάται το προϊόν όσον αφορά τις πρωτεΐνες που περιέχει και την ενδεχόμενη χρήση του στη διατροφή της μέλισσας.

Το ζεμάτισμα είναι από τις πιο συχνές μεθόδους θανάτωσης που χρησιμοποιούνται στην εκτροφή εντόμων, καθώς επιφέρει τη μείωση του μικροβιακού φορτίου, ενώ ταυτόχρονα είναι πολύ γρήγορη [77]. Έχει επίσης αναφερθεί ότι η μέθοδος βύθισης, όπως το ζεμάτισμα μειώνει την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης και νερού στις γαρίδες [78], το οποίο θα μπορούσε να μειώσει τον χρόνο αποξήρανσης, αλλά και στα έντομα έχει αυξήσει το pH κατά 0,5 μονάδα [79]. Εκτός αυτού, η μέθοδος αυτή απενεργοποιεί τα ένζυμα, ενώ διατηρεί το χρώμα και την θρεπτική ποιότητα [75-76, 79].

Η αποξήρανση των προϊόντων των εντόμων έχει πολλά πλεονεκτήματα, καθώς βελτιώνει την διατηρησιμότητα μειώνοντας την μικροβιακή ανάπτυξη και την δραστηριότητα των ενζύμων.

Η αποξήρανση στον ήλιο, στον φούρνο, με λυοφιλίωση και στα μικροκύματα είναι οι πιο συχνές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των εντόμων [80].

Η αποξήρανση στον φούρνο γίνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 50 °C και 120 °C από μία ώρα μέχρι και λίγες μέρες, αλλά οι χαμηλότερες θερμοκρασίες είναι πιο ευνοϊκές για να διατηρηθεί η διαλυτότητα των πρωτεϊνών και να μειωθεί η αντίδραση Maillard, η συρρίκνωση και την κατάρρευση των ιστών [81-83].

Η λυοφιλίωση είναι μία μη θερμική μέθοδος που συχνά χρησιμοποιείται στην επεξεργασία εντόμων, αλλά είναι σχετικά ακριβή και χρειάζεται το λιγότερο 24-53 ωρών για να αποξηρανθεί το έντομο [81, 84]. Είναι από τις καλύτερες μεθόδους στην διατήρηση του χρώματος των εντόμων, καθώς δεν επάγει την αντίδραση Maillard, με αποτέλεσμα πιο λευκό προϊόν [84]. Παρ' όλα αυτά επάγει μια μείωση της διαλυτότητας των πρωτεϊνών της τάξης του 10% και την οξείδωση των λιπιδίων [81].

Τα μικροκύματα είναι επίσης ακριβά, αλλά είναι η πιο γρήγορη μέθοδος αποξήρανσης για έντομα και χρειάζεται μόνο 10 με 15 λεπτά [84]. Αυτή η μέθοδος έχει αναφερθεί ότι μειώνει κατά 40% την διαλυτότητα των πρωτεϊνών στους αλευροσκώληκες [81]. Στην προνύμφη του BSF, η αποξήρανση με μικροκύματα επάγει τον πολυμερισμό πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα να έχει χαμηλότερο σκορ αφομοίωσης αμινοξέων και ευπεπτότητα [85].

Οι περισσότερες μελέτες πάνω στη αποξήρανση εδώδιμων εντόμων επικεντρώνονται στο *T. molitor* και λίγες μόνο έχουν ερευνήσει την επίδραση της αποξήρανσης στην ποιότητα της προνύμφης και της νύμφης του BSF. Για αυτό το λόγο, η καλύτερη κατανόηση της επίδρασης της αποξήρανσης του BSF θα μπορούσε να συνεισφέρει στην βελτιστοποίηση του τελικού προϊόντος.

Στη συγκεκριμένη εκτροφή, εφόσον ήταν έτοιμη για συγκομιδή προκαλούνταν αστία σε αυτή για δύο μέρες, έτσι ώστε να αδειάσει ο γαστρεντερικός τους σωλήνας και να μειωθεί το μικροβιακό φορτίο. Στη συνέχεια, αφού τις κοσκινίζονταν και τις πλενόταν κάτω από τρεχούμενο νερό, και αφού στέγνωσαν, τοποθετούνταν σε καταψύκτη για να θανατωθούν.



Εικόνα 15. Πλύσιμο κάτω από τρεχούμενο νερό για απομάκρυνση υπολειμμάτων

Εναλλακτικά, μπορούσαν να εμβαπτιστούν για ελάχιστα δευτερόλεπτα μέσα σε βραστό νερό για τον ακαριαίο θάνατό τους, αλλά δεν πραγματοποιούνταν αυτή η τεχνική, καθώς ήταν ανεπιθύμητη τυχόν μετουσίωση διαφόρων πρωτεϊνών στο εσωτερικό του σώματος της προνύμφης.

Μετά το πέρας μιας-δύο ημερών οι θανατωμένες προνύμφες τοποθετούντο εντός ξηραντήρα για ένα 24ωρο στους 44°C, έτσι ώστε να αφυδατωθούν, να αυξηθεί η συγκέντρωση της πρωτεΐνης, αλλά και να επεξεργαστεί πιο εύκολα το προϊόν στη συνέχεια. Αφού έχουν αφυδατωθεί οι προνύμφες στη συνέχεια υποστήκανε την επεξεργασία της αποβουτύρωσης, δηλαδή του διαχωρισμού του λίπους από τα υπόλοιπα συστατικά του σώματος της προνύμφης. Η διαδικασία αυτή γίνεται αφ' ενός γιατί η συγκέντρωση του λίπους είναι πολύ υψηλή, άρα και τοξική για τις μέλισσες και αφ' ετέρου γιατί με αυτό τον τρόπο αυξάνεται και πάλι η συγκέντρωση της πρωτεΐνης στο τελικό προϊόν (Εικ. 16) .



Εικόνα 16. Αποβουτύρωση προνυμφών BSF με διαχωρισμό λίπους και συνθλιμμένης ξηράς ουσίας

Το συγκεκριμένο μηχάνημα Luzrise 1500W Oil Press Machine Organic Oil Maker Auto Oil Extractor Expeller χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό του λίπους από την υπόλοιπη ξηρή μάζα σε ξηρούς καρπούς. Λειτουργεί συνθλίβοντας τις προνύμφες σε συνδυασμό με θερμότητα. Ωστόσο, δεν κατέστη δυνατός ο καθορισμός του κατά πόσο αυτή η θερμοκρασία επηρέαζε τις πρωτεΐνες του προϊόντος, καθώς αυτό θα χρειαζόταν άλλο πειραματικό κύκλο.

Η σειρά πραγματοποίησης των επεξεργασιών της αφυδάτωσης και της αποβουτύρωσης δεν έχει σημασία, μπορούν να αντιστραφούν. Σε αυτή την φάση το προϊόν έχει την μορφή νιφάδων και γενικά υπάρχουν μεγάλα κομμάτια για αυτό και τοποθετείται σε μίξερ για την επιτυχή μορφή του εντομάλευρου. Επειδή όμως το απλό μίξερ δεν έκανε αρκετά λεπτόκοκκο το εντομάλευρο, στη συνέχεια περάστηκε και από έναν μύλο του καφέ για να πετύχουμε το αποτέλεσμα της πούδρας, γιατί σκοπός ήταν το εντομάλευρο να είναι όσο το δυνατόν πιο λεπτόκοκκο για την εύκολη ενσωμάτωση στην τροφή που θα φτιαχνόταν για τις μέλισσες, αλλά να είναι και εύκολα αφομοιώσιμο από αυτές (Εικ. 17). Επίσης, κατά την άλεση με τις υψηλές ταχύτητες των λεπίδων και την τριβή με το εντομάλευρο παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία είναι δυνατόν να επηρεάζει στη μετουσίωση των πρωτεϊνών.



Εικόνα 17. Τελική μορφή εντομάλευρου από BSF σε μορφή πούδρας με χρήση ηλεκτρικού μύλου του καφέ

## 4.2. Μέλισσες (*Apis mellifera*)

Το πείραμα έλαβε μέρος στο πειραματικό μελισσοκομείο του Εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στον Βοτανικό.



Πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις, η πρώτη το φθινόπωρο του 2022 (06/10/2022 - 21/11/2022), ενώ η δεύτερη την άνοιξη του 2023 (12/04/2023 - 28/06/2023).

Τα μελίσσια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αδελφά, ίδιας ηλικίας βασίλισσας, ισοδύναμα, αρχικά 5 πλαισίων σε πληθυσμό, 5 πλαισίων σε γόνο.

Χρησιμοποιήθηκαν 3 επεμβάσεις: Τροφή (ζαχαροζύμαρο) με εντομάλευρο, απλό ζαχαροζύμαρο (αρνητικός μάρτυρας) και τυποποιημένη πρωτεϊνούχος τροφή.

Για την παρασκευή της τροφής που περιείχε εντομάλευρο χρησιμοποιήθηκαν 1 Kg εντομάλευρο από προνύμφες αποξηραμένες, αλεσμένες, και αποβουτηρωμένες, 8 Kg άχνη ζάχαρη, 2 Kg μέλι, το οποίο πρώτα είχε ζεσταθεί σε φούρνο μικροκυμάτων για να είναι πιο λεπτόρρευστο και να γίνει πιο εύκολα η ομογενοποίηση, καθώς επίσης και 850 ml χυμός πορτοκαλιού για να δώσει άρωμα αλλά και να βελτιώσει την σύσταση του ζαχαροζύμαρου (Εικ. 19). Για την ανάμιξη των υλικών χρησιμοποιήθηκε ειδικός αναδευτήρας του Εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας. Η ζάχαρη άχνη προήλθε από κρυσταλλική ζάχαρη, ύστερα από επεξεργασία σε ειδικό σπαστήρα. Αντίστοιχα, για την παρασκευή του ζαχαροζύμαρου χρησιμοποιήθηκαν 8 Kg άχνη ζάχαρη, 2 Kg μέλι ζεσταμένο, καθώς και 500 ml χυμό πορτοκάλι (Εικ. 18).

Η πρωτεϊνούχος τροφή (Pollen Food, Μελισσοκομική Αθηνών) σύμφωνα με την συσκευασία περιείχε γύρη ελληνικής προέλευσης, ζάχαρη, φρουκτόζη, δεξτρόζη, άπαχη σόγια και γλυκοσιρόπι (Εικ. 20).

Για την επανάληψη του φθινοπώρου, για κάθε επέμβαση έγιναν 4 επαναλήψεις.



Εικόνα 18. Τροφοδοσία μελισσιού με ζαχαροζύμαρο



Εικόνα 19. Τροφοδοσία μελισσιού με εντομάλευρο



Εικόνα 20. Τροφοδοσία μελισσιού με υποκατάστατο γύρης



Οι μετρήσεις γίνονταν σε εβδομαδιαία βάση, εφόσον το επέτρεπε ο καιρός και έγιναν από τον Παναγιώτη Τσούλο, την Στυλιανή Τσούλου, και τον κ. Λαζαράκη Δημήτριο ΕΔΙΠ του Εργαστηρίου Μελισσοκομίας και Σηροτροφίας. Η πρώτη επανάληψη εκμεταλλεύτηκε την μειωμένη παρουσία γύρης. Οι μετρήσεις γίνονταν σε κάθε πλαίσιο κάθε μελισσιού με ένα κομμάτι από πλέξιγκλας, το οποίο ήταν αριθμημένο σε δύο άξονες σε εκατοστά (Εικ 21). Με αυτό τον τρόπο καλυπτόταν ο γόνος του πλαισίου, σφραγισμένος και ασφράγιστος, και παίρνονταν οι δύο μεγαλύτερες τιμές στον κάθετο και στον οριζόντιο άξονα αντίστοιχα. Η κάλυψη του γόνου σε ένα πλαίσιο είναι συνήθως σε σχήμα έλλειψης και σύμφωνα με τον τύπο  $E = \pi * r_1 * r_2$ , όπου  $\pi = 3,14$  και  $r_1, r_2$  είναι οι ακτίνες της έλλειψης βρίσκονταν το εμβαδόν κάλυψης σε  $cm^2$ . Σύμφωνα με τον Imdorf et al. (1987) [115] ανά  $1 cm^2$  υπάρχουν 4 εργατικά κελιά, επομένως γνωρίζοντας προσεγγιστικά το εμβαδόν που καλύπτει ο γόνος σε ένα πλαίσιο, πολλαπλασιάζοντάς το με το 4 βρίσκονταν περίπου πόσα κελιά έχουν γόνο σε μια κυψέλη. Οι επιλογές των κυψελών που θα δεχτούν τα είδη τροφής έγινε τυχαίοποιημένα και σε κάθε κυψέλη τοποθετούνταν από μισό κιλό της εκάστοτε τροφής, η οποία επανατροφοδοτούνταν αμέσως μόλις καταναλωνόταν.



Εικόνα 21. Μέτρηση γόνου κάθε πλαισίου του μελισσιού με ειδικό αριθμημένο πλέξιγκλας

Επίσης, προς το τέλος της επανάληψης τοποθετήθηκαν κατασκευασμένα μεταλλικά κλουβάκια τετράγωνου σχήματος και ύψους ενός εκατοστού σε ένα πλαίσιο με σφραγισμένο γόνο σε κάθε κυψέλη (Εικ 22). Με αυτό τον τρόπο έπειτα από μία βδομάδα οι νεοεκκολαφθείσες μέλισσες παγιδεύονταν μέσα σε αυτό το κλουβάκι, στη συνέχεια

συλλέχθηκαν, θανατώθηκαν και τελικά ζυγίστηκε μία μία, για να μελετηθεί η επίδραση της τροφής στο βάρος της μέλισσας (Εικ. 23).



Εικόνα 22. Αυτοσχέδιο κλουβάκι εγκλωβισμού νεοεκκολαφθεισών μελισσών για μέτρηση βάρους τους



Εικόνα 23. Μέτρηση βάρους μελισσών με ζυγό ακριβείας

Στην επανάληψη της άνοιξης προστέθηκε μία ακόμα επέμβαση: την τοποθέτηση γυρεοπαγίδας στα μελίσσια, εκτός από μία επέμβαση με απλό ζαχαροζύμαρο. Η συγκεκριμένη επέμβαση προστέθηκε καθώς τη συγκεκριμένη περίοδο υπήρχε έντονη παρουσία γύρης και δεν ήταν επιθυμητή η παρουσία του συνόλου της στις επεμβάσεις.

Έτσι, στην επανάληψη της άνοιξης χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 12 μελίσσια (3 μελίσσια ανά επέμβαση), 3 με ζαχαροζύμαρο συν εντομάλευρο με παρουσία γυρεοπαγίδας στην είσοδο, 3 με γυρεόπιτα εμπορίου με γυρεοπαγίδα, 3 με σκέτο ζαχαροζύμαρο και γυρεοπαγίδες και 3 με σκέτο ζαχαροζύμαρο με απουσία όμως γυρεοπαγίδας για να δούμε και την επίδραση της φυσικής γύρης στην ανάπτυξη του μελισσιού.

Η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό λογισμικό JMP 17.1 (SAS Statistics).

Τα δεδομένα του βάρους των μελισσών που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν στατιστικά, ύστερα από λογαριθμική μετατροπή ( $y = \log(x+1)$ ). Έγινε ανάλυση της διασποράς (one-way ANOVA) και όπου υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές έγιναν πολλαπλές συγκρίσεις με βάση το κριτήριο Tukey HSD ( $\alpha < 0,05$ ).

Τα δεδομένα με την ανάπτυξη του γόνου (αριθμός σφραγισμένων κελιών) αναλύθηκαν στατιστικά, ύστερα από λογαριθμική μετατροπή ( $y = \log(x+1)$ ). Έγινε διπαραγοντική στατιστική ανάλυση (two-way ANOVA), με παράγοντες το είδος της τροφής και τον χρόνο από την αρχική χορήγηση της τροφής. Όπου υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές έγιναν πολλαπλές συγκρίσεις με βάση το κριτήριο Tukey HSD ( $\alpha < 0,05$ ).

Τα δεδομένα για την αποδοτικότητα της εκάστοτε τροφής, δηλαδή τον αριθμό κελιών γόνου ανά γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής αναλύθηκαν στατιστικά, ύστερα από λογαριθμική μετατροπή ( $y = \log(x+1)$ ). Έγινε ανάλυση της διασποράς (one-way ANOVA) και όπου υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές έγιναν πολλαπλές συγκρίσεις με βάση το κριτήριο Tukey HSD ( $\alpha < 0,05$ ).

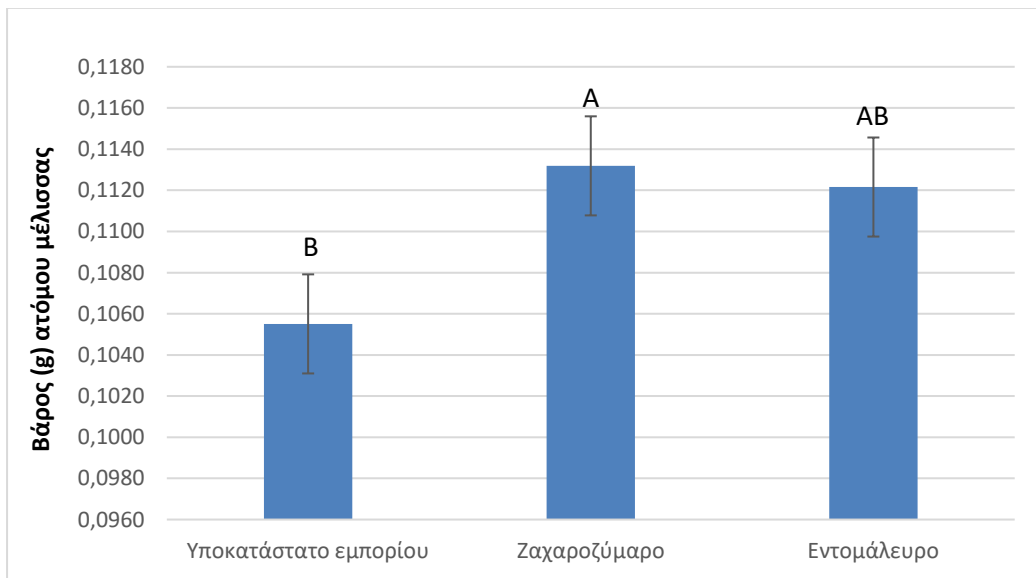
## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1. Βάρος μελισσών

Η ανάλυση αυτή έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $F_{2,149}=3,35$ ,  $P=0,038$ ). Στη συνέχεια της ανάλυσης φάνηκε ότι υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του ζαχαροζύμαρου και του υποκατάστατου του εμπορίου, όχι όμως και με το εντομάλευρο.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι μέσοι όροι του βάρους των μελισσών ανά επέμβαση μαζί με τα τυπικά σφάλματα, τα οποία εκφράζονται ως η τυπική απόκλιση των μετρήσεων προς την τετραγωνική ρίζα του αριθμού των παρατηρήσεων. Φαίνεται επίσης αυτή η κατηγοριοποίηση μεταξύ των μελισσών που τράφηκαν με ζαχαροζύμαρο και αυτών με υποκατάστατο εμπορίου.

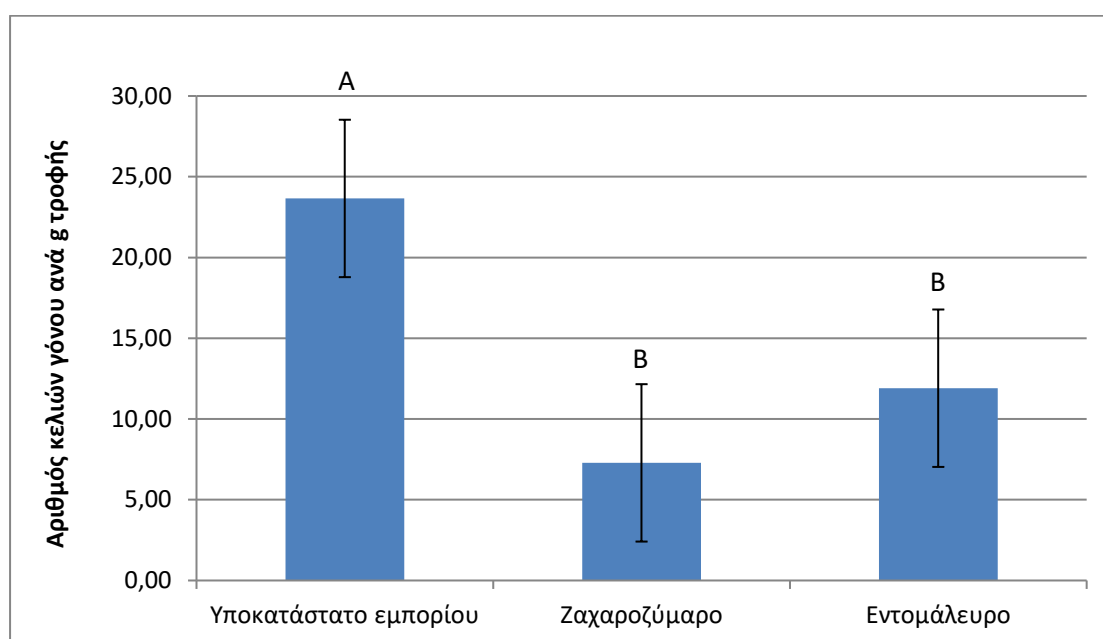
Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 1 οι μέλισσες, οι οποίες έχουν διατραφεί με το υποκατάστατο εμπορίου είναι οι πιο ελαφριές, σε σχέση με αυτές που έχουν διατραφεί με ζαχαροζύμαρο, που είναι οι βαρύτερες. Παρατηρείται επίσης ότι αυτές με εντομάλευρο είναι ελαφρώς ελαφρύτερες από αυτές με το ζαχαροζύμαρο.



Γράφημα 1. Βάρος (g) ατόμου νεοεκκολαφθείσας μέλισσας (Μέσος Όρος  $\pm$  Τυπικό Σφάλμα) ανά επέμβαση. (Στήλες χωρίς κοινό γράμμα διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους).

## 5.2. Φθινοπωρινή επανάληψη

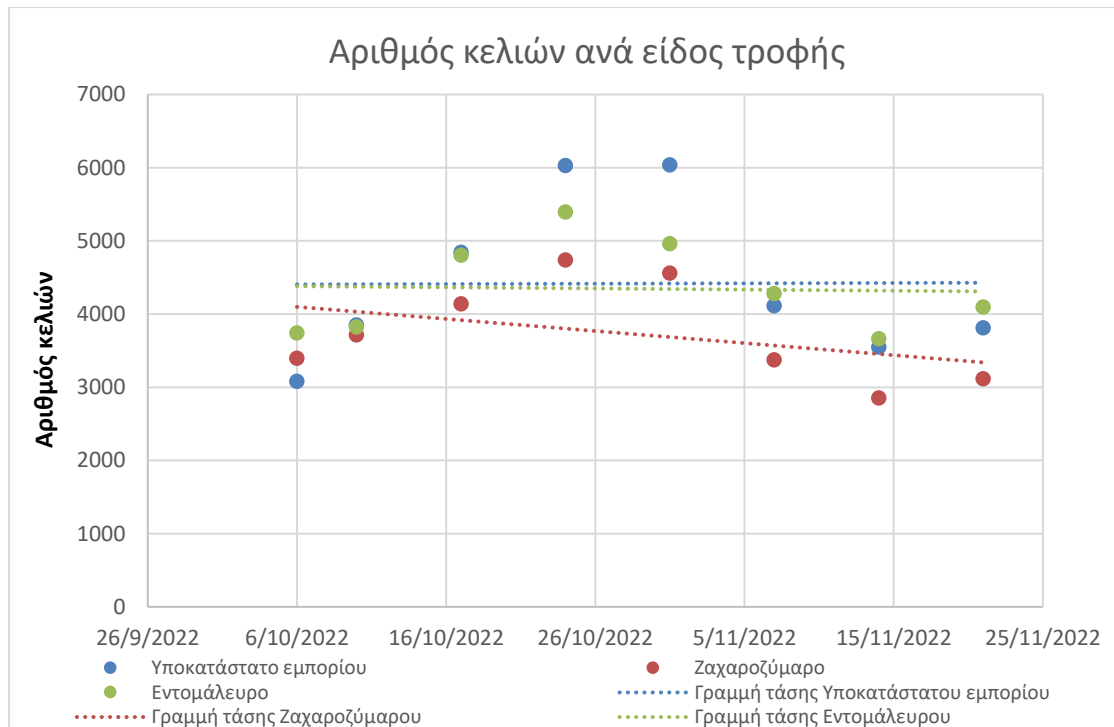
Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης σχετικά με την αποδοτικότητα της δοθείσας τροφής στα μελίτσια, μέγεθος το οποίο μετράει τον αριθμό των κελιών γόνου ανά γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής έδειξε ότι υπάρχει , μεγάλη στατιστική σημαντικότητα με  $F_{2,398} = 17,53$  και  $P < 0,001$ . Πιο συγκεκριμένα η επέμβαση με υποκατάστατο εμπορίου είχε τον μεγαλύτερο αριθμό κελιών ανά γραμμάριο τροφής από το εντομάλευρο, το οποίο δεν διέφερε από το ζαχαροζύμαρο (Γραφ. 2).



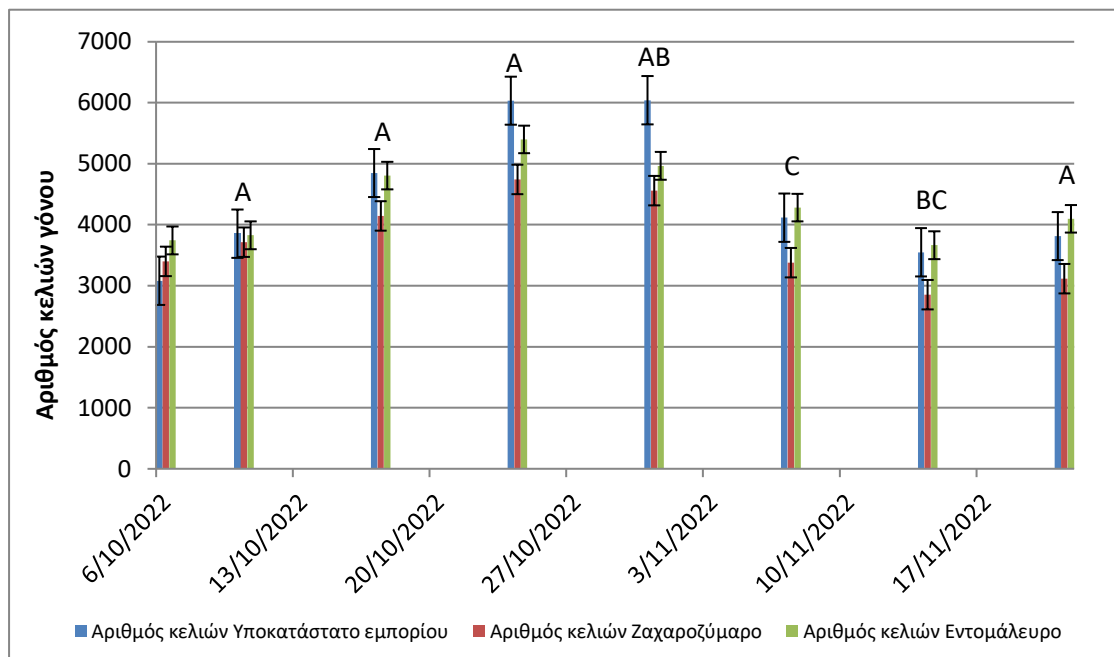
Γράφημα 2. Αριθμός κελιών ανά g καταναλωθείσας τροφής (Μέσος Όρος ± Τυπικό Σφάλμα) ανά επέμβαση. (Στήλες χωρίς κοινό γράμμα διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους)

Όσον αφορά τον αριθμό των νέων κελιών σε σχέση με το είδος τροφής που εφαρμόστηκε, τα δεδομένα έδειξαν ότι σε συνάρτηση με το είδος της τροφής δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά ο αριθμός των νέων κελιών γόνου στη κυψέλη.

Αντίθετα, φαίνεται ότι ο χρόνος αποτελεί στατιστικά σημαντικό παράγοντα, καθώς όσο περνάει ο καιρός μειώνεται ο αριθμός των νέων κελιών, εκτός από τις τελευταίες μετρήσεις που είχαμε και πάλι μία αύξηση των νέων κελιών ανά κυψέλη. Αυτό φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (Γραφ. 3,4).



Γράφημα 3. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου ανά είδος τροφής και ημερομηνία των μετρήσεων με απεικόνιση της γραμμής τάσης των μετρήσεων



Γράφημα 4. Αριθμός κελιών γόνου (Μέσος Όρος ± Τυπικό Σφάλμα) ανά επέμβαση και ημερομηνία. (Στήλες χωρίς κοινό γράμμα διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους όσον αφορά τον χρόνο)

Επίσης, έχουν κατασκευαστεί μη στατιστικά δοκιμασμένα διαγράμματα για κάθε είδος τροφής συναρτήσει του αριθμού των κελιών γόνου της κυψέλης και της ποσότητας της εκάστοτε τροφής που καταναλωνόταν τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Γραφ. 5,6,7).



10/10/2022



Εικόνα 24. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (1554 κελιά)



Εικόνα 25. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (1470 κελιά)



Εικόνα 26. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (565 κελιά)



24/10/22



Εικόνα 27. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (1385 κελιά)



Εικόνα 28. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (1696 κελιά)



Εικόνα 29. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (1495 κελιά)



Εικόνα 30. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (1363 κελιά)

21/11/22



Εικόνα 31. 0<sup>ο</sup>πλαίσιο (2/5 μέλι)



Εικόνα 32. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (848 κελιά)



Εικόνα 33. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (1206 κελιά)



Εικόνα 34. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (1388 κελιά)

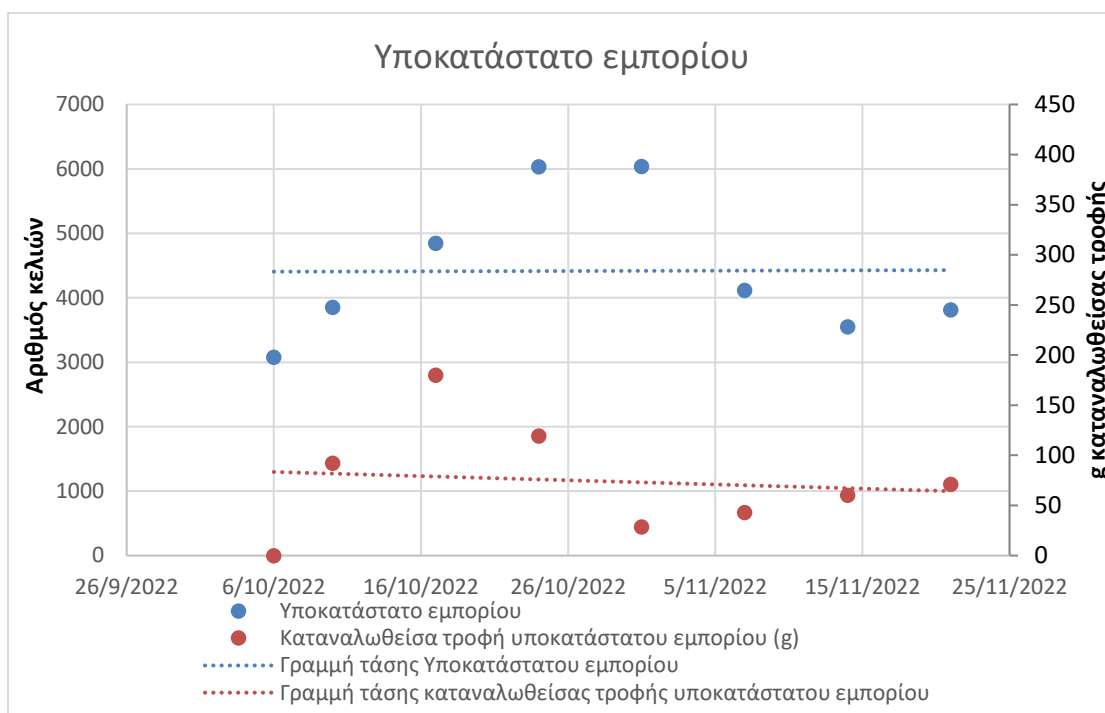


Εικόνα 35. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (μέλι-γύρη 1/2)

Στις παραπάνω φωτογραφίες (Εικ. 24-35) έχουμε την εξέλιξη του γόνου ενός μελισσιού, το οποίο τράφηκε με υποκατάστατο εμπορίου. Οι φωτογραφίες είναι από τις 10/10/22, που



ξεκίνησε η τροφοδοσία, στις 24/10/22, που υπήρχε ο μεγαλύτερος αριθμός γόνου και στις 21/11/22, που έγινε η τελευταία μέτρηση.



Γράφημα 5. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου που έχουν τραφεί με υποκατάστατο εμπορίου και g καταναλωθείσας τροφής, με τις γραμμές τάσης των δύο αυτών μετρήσεων

10/10/22



Εικόνα 36. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (1356 κελιά)



Εικόνα 37. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (1068 κελιά)



Εικόνα 38. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (904 κελιά)

24/10/22



Εικόνα 39. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (1231 κελιά)



Εικόνα 40. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (1326 κελιά)



Εικόνα 41. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (1319 κελιά)



Εικόνα 42. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (628 κελιά)



21/11/22



Εικόνα 43. 0° πλαίσιο (1/2 μέλι)



Εικόνα 44. 1° πλαίσιο (754 κελιά + μέλι)



Εικόνα 45. 2° πλαίσιο (1017 κελιά + μέλι)

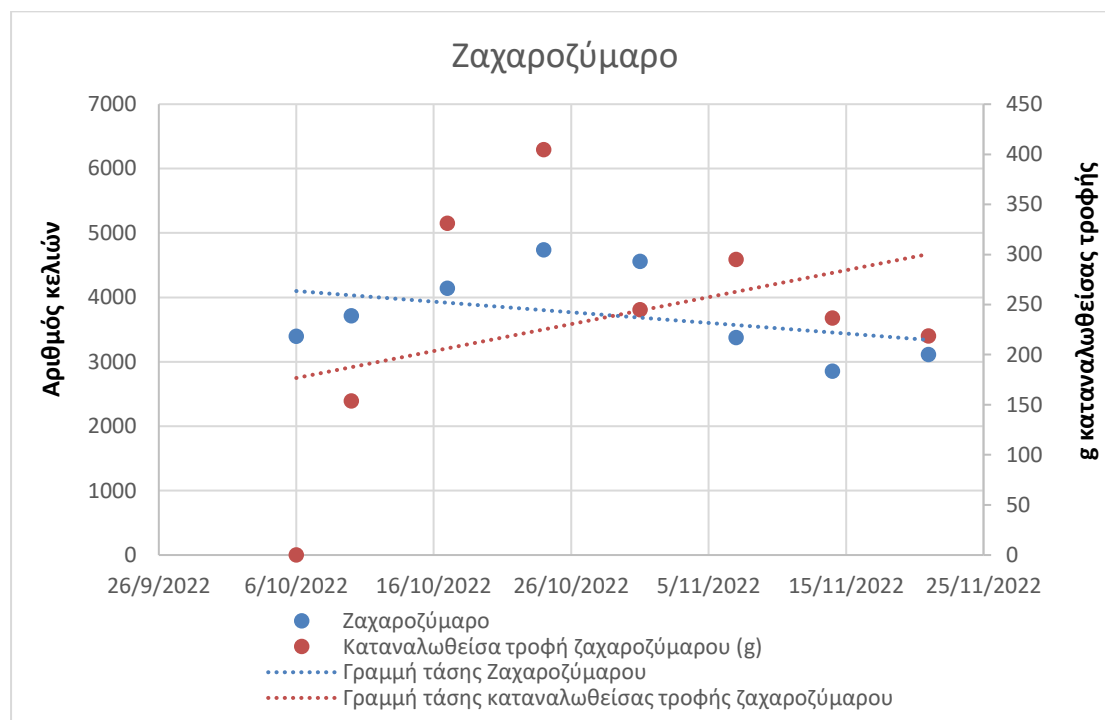


Εικόνα 46. 3° πλαίσιο (967 κελιά + μέλι + γύρη)



Εικόνα 47. 4° πλαίσιο (1/2 μέλι)

Στις παραπάνω φωτογραφίες (Εικ. 36-47) έχουμε την εξέλιξη του γόνου ενός μελισσιού, το οποίο τράφηκε με ζαχαροζύμαρο. Οι φωτογραφίες είναι από τις 10/10/22, που ξεκίνησε η τροφοδοσία, στις 24/10/22, που υπήρχε ο μεγαλύτερος αριθμός γόνου και στις 21/11/22, που έγινε η τελευταία μέτρηση.



**Γράφημα 6. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου που έχουν τραφεί με ζαχαροζύμαρο και g καταναλωθείσας τροφής, με τις γραμμές τάσης των δύο αυτών μετρήσεων**

**10/10/22**



**Εικόνα 48. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (1055 κελιά)**



**Εικόνα 49. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (754 κελιά)**





Εικόνα 50. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (1608 κελιά)

24/10/22



Εικόνα 51. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (1413 κελιά)



Εικόνα 52. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (1526 κελιά)



Εικόνα 53. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (1537 κελιά)



Εικόνα 54. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (502 κελιά)



21/11/22



Εικόνα 55. 0° πλαίσιο (1/2 μέλι)



Εικόνα 56. 1° πλαίσιο (616 κελιά + 1/2 μέλι +1/5 γύρη)



Εικόνα 57. 2° πλαίσιο (1130 κελιά + μέλι)



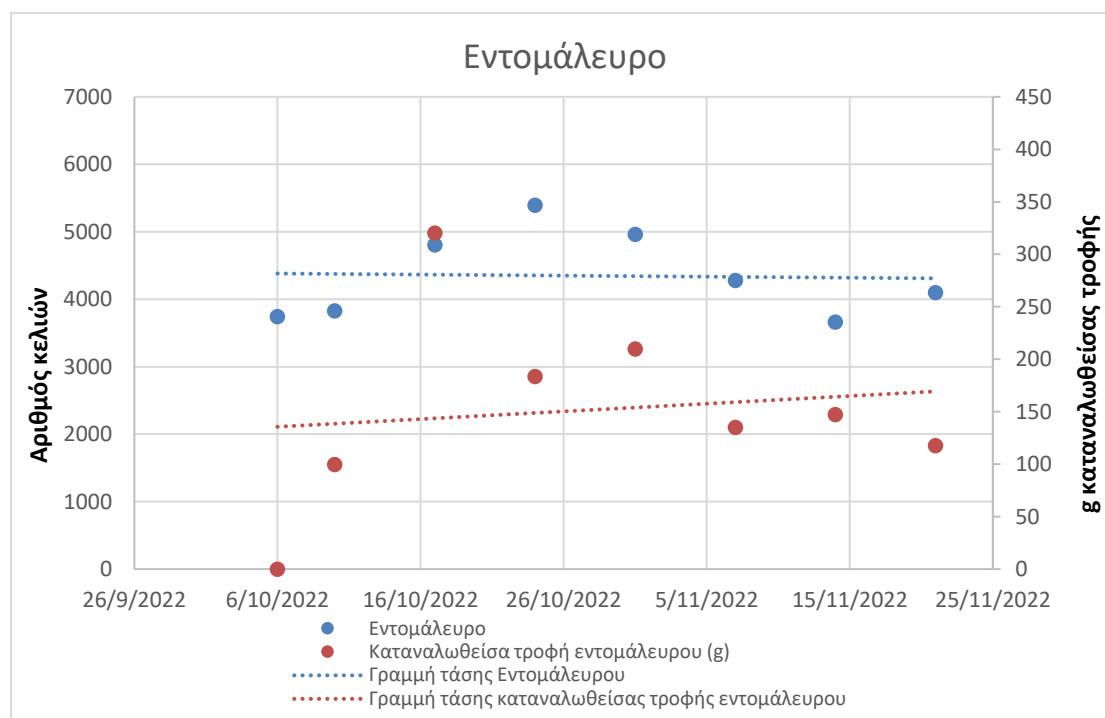
Εικόνα 58. 3° πλαίσιο (1130 κελιά + μέλι + γύρη)



Εικόνα 59. 4° πλαίσιο (1/2 μέλι)

Στις παραπάνω φωτογραφίες (Εικ. 48-59) έχουμε την εξέλιξη του γόνου ενός μελισσιού, το οποίο τράφηκε με εντομάλευρο. Οι φωτογραφίες είναι από τις 10/10/22, που ξεκίνησε η

τροφοδοσία, στις 24/10/22, που υπήρχε ο μεγαλύτερος αριθμός γόνου και στις 21/11/22, που έγινε η τελευταία μέτρηση.



Γράφημα 7. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου που έχουν τραφεί με εντομάλευρο και g καταναλωθείσας τροφής, με τις γραμμές τάσης των δύο αυτών μετρήσεων

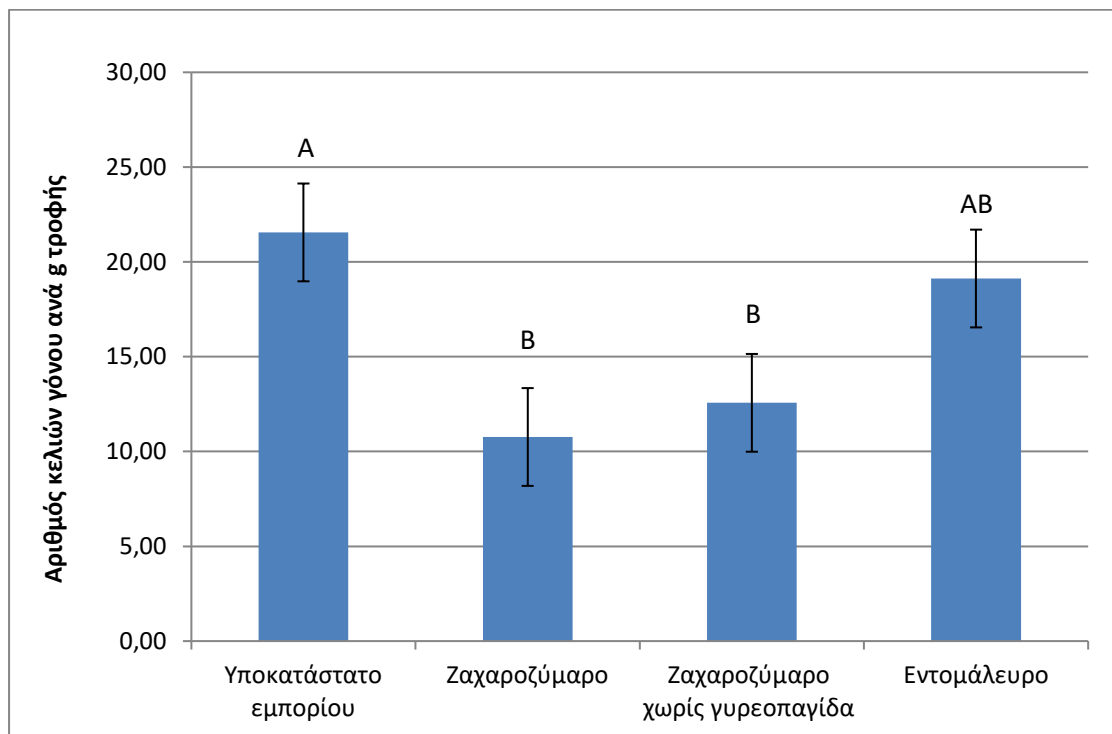
Αρχικά, αυτό που παρατηρούμε είναι ότι λιγότερο καταναλωνόταν το υποκατάστατο εμπορίου, ενώ αντίθετα το ζαχαροζύμαρο και το εντομάλευρο καταναλώνονταν σε μεγαλύτερο βαθμό με το ζαχαροζύμαρο ειδικά περισσότερο από τα υπόλοιπα.

Επίσης όμως παρ' όλη την μειωμένη κατανάλωση του υποκατάστατου εμπορίου ο αριθμός των κελιών γόνου είναι ο υψηλότερος, γεγονός που εξηγείται και από την υψηλή αποδοτικότητα του σε σχέση με τις άλλες δύο επεμβάσεις με αυτή του εντομάλευρου να ακολουθεί και τελευταία με τον μικρότερο αριθμό κελιών να είναι αυτή με το ζαχαροζύμαρο.

Ένα ακόμα πράγμα που παρατηρείται και στα τρία διαγράμματα είναι ότι η πορεία των μετρήσεων σε βάθος χρόνου ακολουθούν παρόμοια καμπύλη παρουσιάζοντας στις 24/10/2022 την υψηλότερη τιμή τους και στις 14/11/2022 μια κατώτατη πριν ξεκινήσει πάλι ο αριθμός των κελιών να αυξάνεται. Δηλαδή, παρατηρούνται ίδιας μορφής καμπύλες με διαφορετικά ακρότατα και κλίσεις.

### 5.3. Ανοιξιάτικη επανάληψη

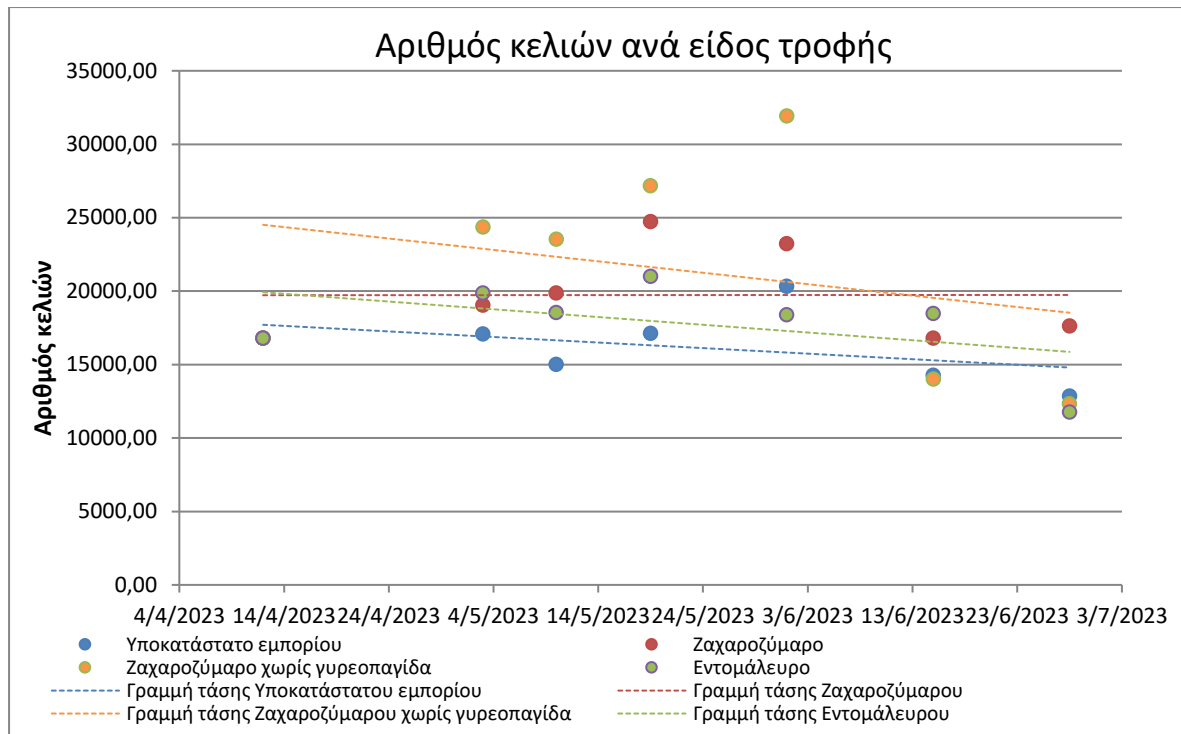
Όσον αφορά την ανάλυση που έγινε για την αποδοτικότητα της εκάστοτε τροφής, δηλαδή τον αριθμό κελιών ανά γραμμάριο τροφής, αυτή έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά, καθώς το  $F_{3,49}=4,82$  και  $P=0,005$ . Πιο συγκεκριμένα το υποκατάστατο εμπορίου είχε μεγαλύτερο αριθμό κελιών ανά γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής από τις επεμβάσεις με το ζαχαροζύμαρο, παρουσία ή όχι γυρεοπαγίδας. Το εντομάλευρο δεν διέφερε ούτε από το υποκατάστατο εμπορίου, ούτε και από το τις επεμβάσεις με ζαχαροζύμαρο (Γραφ. 8).



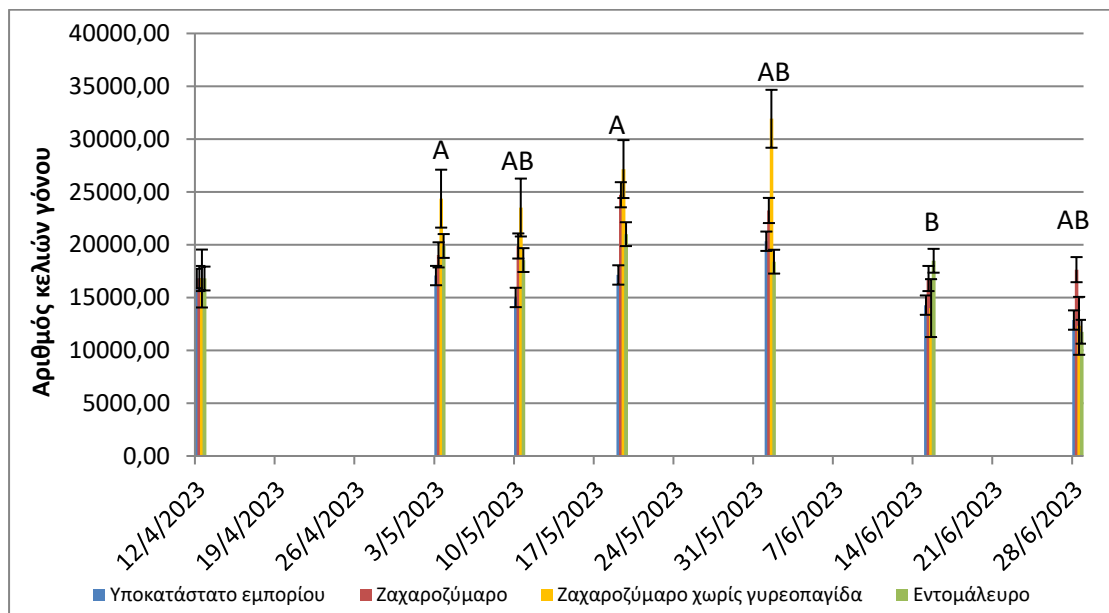
Γράφημα 8. Αριθμός κελιών ανά g καταναλωθείσας τροφής (Μέσος Όρος  $\pm$  Τυπικό Σφάλμα) ανά επέμβαση. (Στήλες χωρίς κοινό γράμμα διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους)

Σχετικά με την στατιστική ανάλυση για την επίδραση του είδους της τροφής στον αριθμό κελιών γόνου στο μελίσι, αυτή έδειξε ότι οριακά δεν υπήρχε στατιστική σημαντικότητα με  $F_{3,63}= 2,48$  και  $P=0,069$ .

Αντίθετα, φαίνεται ότι ο χρόνος αποτελεί στατιστικά σημαντικό παράγοντα, καθώς παρατηρείται ότι στις 21 και 37 μέρες από την έναρξη των μετρήσεων υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά με την μέτρηση 64 μέρες από την πρώτη μέτρηση. Αυτό φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (Γραφ. 9,10).



Γράφημα 9. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου ανά είδος τροφής και ημερομηνία των μετρήσεων με απεικόνιση της γραμμής τάσης των μετρήσεων



Γράφημα 10. Αριθμός κελιών γόνου (Μέσος Όρος ± Τυπικό Σφάλμα) ανά επέμβαση και ημερομηνία. (Στήλες χωρίς κοινό γράμμα διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους όσον αφορά τον χρόνο)



Επίσης, έχουν κατασκευαστεί μη στατιστικά δοκιμασμένα διαγράμματα για κάθε είδος τροφής συναρτήσει του αριθμού των κελιών της κυψέλης και της ποσότητας της εκάστοτε τροφής που καταναλωνόταν τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Γραφ. 11-14).

01/06



Εικόνα 60. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (λίγη γύρη)



Εικόνα 61. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο γόνο)



Εικόνα 62. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο)



Εικόνα 63. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/3 ασφράγιστο γόνο, 2/3 γύρη)



Εικόνα 64. 5<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/3 γόνο ασφράγιστο, 2/3 γύρη)



Εικόνα 65. 6<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο 1/2 ασφράγιστο, 1/2 σφραγισμένο)





Εικόνα 66. 7<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο)



Εικόνα 67. 8<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο)



Εικόνα 68. 9<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο, 1/2 ασφράγιστο, 1/2 σφραγισμένο)

Το 10<sup>ο</sup> πλαίσιο περιείχε μέλι.

28/06



Εικόνα 69. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/2 γόνος, 1/2 μέλι)



Εικόνα 70. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 σφραγισμένο γόνος, 3/4 μέλι)





Εικόνα 71. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/3 σφραγισμένο γόνο, 2/3 μέλι)



Εικόνα 72. 5<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 σφραγισμένο γόνο, 3/4 μέλι-γύρη)



Εικόνα 73. 6<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 σφραγισμένο γόνο, 3/4 μέλι)



Εικόνα 74. 7<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/2 γόνος, 1/2 μέλι)



Εικόνα 75. 8<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 γόνος, 1/4 μέλι)

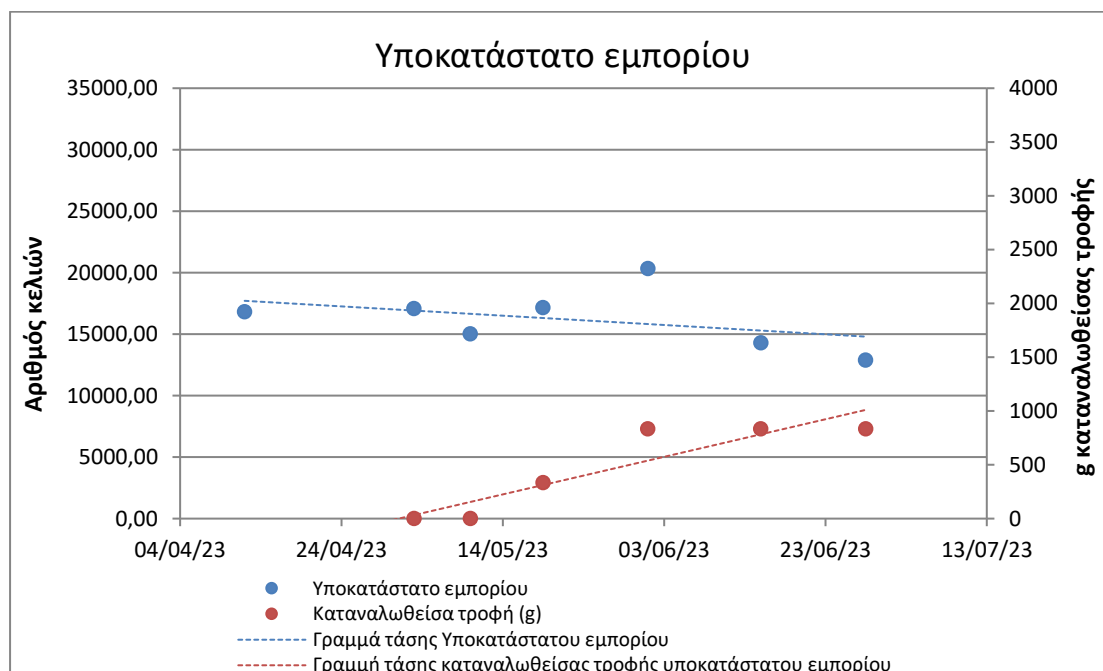


Εικόνα 76. 9<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/2 σφραγισμένο γόνο, 1/2 μέλι)

Το 1<sup>ο</sup> και το 10<sup>ο</sup> πλαίσιο της κυψέλης είχαν μέλι.



Στις παραπάνω φωτογραφίες (Εικ. 60-76) έχουμε την εξέλιξη του γόνου ενός μελισσιού, το οποίο τράφηκε με υποκατάστατο εμπορίου με ταυτόχρονη παρουσία γυρεοπαγίδας στην είσοδο της κυψέλης. Οι φωτογραφίες είναι από τις 01/06/23, που υπήρχε ο μεγαλύτερος αριθμός γόνου και στις 28/06/23, που έγινε η τελευταία μέτρηση.



**Γράφημα 11.** Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου που έχουν τραφεί με υποκατάστατο εμπορίου και g καταναλωθείσας τροφής, με τις γραμμές τάσης των δύο αυτών μετρήσεων

19/05



**Εικόνα 77.** 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο, 3/4 σφραγισμένο γόνο)



**Εικόνα 78.** 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο, 1/4 γύρη)



Εικόνα 79. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο)



Εικόνα 80. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 ασφράγιστο γόνο, 1/4 γύρη)



Εικόνα 81. 5<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο)



Εικόνα 82. 6<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο)



Εικόνα 83. 7<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο)



Εικόνα 84. 8<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο ασφράγιστο)





Εικόνα 85. 2° πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 86. 3° πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 87. 4° πλαίσιο (3/4 γόνος, 1/4 γύρη)



Εικόνα 88. 5° πλαίσιο (1/2 σφραγισμένο, 1/2 ασφράγιστο γόνο)



Εικόνα 89. 6° πλαίσιο (1/4 σφραγισμένο, 1/4 ασφράγιστο γόνο, 1/4 γύρη)



Εικόνα 90. 7° πλαίσιο (3/4 μέλι, 1/4 γύρη)



Εικόνα 91. 8<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 ασφράγιστο γόνου, 1/4 μέλι + γύρη)



Εικόνα 92. 9<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 γύρη, 3/4 μέλι)

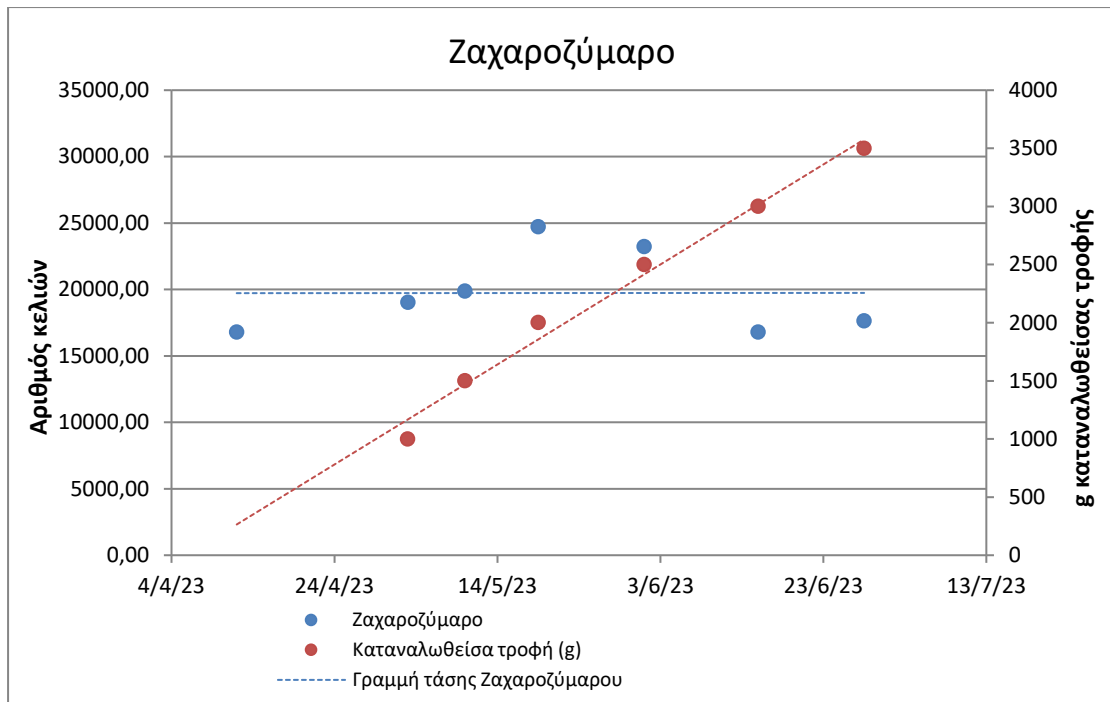


Εικόνα 93. 16<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 γόνου, 3/4 μέλι)

Το 1<sup>ο</sup> και το 10<sup>ο</sup> πλαίσιο του πρώτου ορόφου, καθώς και τα υπόλοιπα του δευτέρου (11<sup>ο</sup>-20<sup>ο</sup>) ήταν γεμάτα με μέλι.

Στις παραπάνω φωτογραφίες (Εικ. 77-93) έχουμε την εξέλιξη του γόνου ενός μελισσιού, το οποίο τράφηκε με ζαχαροζύμαρο με ταυτόχρονη παρουσία γυρεοπαγίδας στην είσοδο της κυψέλης. Οι φωτογραφίες είναι από τις 19/05/23, που υπήρχε ο μεγαλύτερος αριθμός γόνου και στις 28/06/23, που έγινε η τελευταία μέτρηση.





Γράφημα 12. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου που έχουν τραφεί με ζαχαροζύμαρο και g καταναλωθείσας τροφής, με τις γραμμές τάσης των δύο αυτών μετρήσεων

01/06



Εικόνα 94. 11° πλαίσιο (γεμάτο μέλι)



Εικόνα 95. 12° πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο, 1/4 γόνο)



Εικόνα 96. 13<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο σφραγισμένο γόνο)



Εικόνα 97. 14<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 98. 15<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 99. 16<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 ασφράγιστο γόνο)

Ο πρώτος όροφος του μελισσιού είχε συνολικά 7 πλαίσια γόνο, τα οποία δεν μπόρεσαν να φωτογραφηθούν.



28/06



Εικόνα 100. 2° πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο, 1/4 ασφράγιστο γόνο)



Εικόνα 101. 3° πλαίσιο (3/4 γύρη, 1/4 μέλι)



Εικόνα 102. 4° πλαίσιο (2/4 σφραγισμένο, 1/4 ασφράγιστο γόνο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 103. 5° πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 104. 6° πλαίσιο (2/4 ασφράγιστο γόνο, 1/4 μέλι, 1/4 γύρη)



Εικόνα 105. 7° πλαίσιο (3/4 γύρη, 1/4 μέλι)



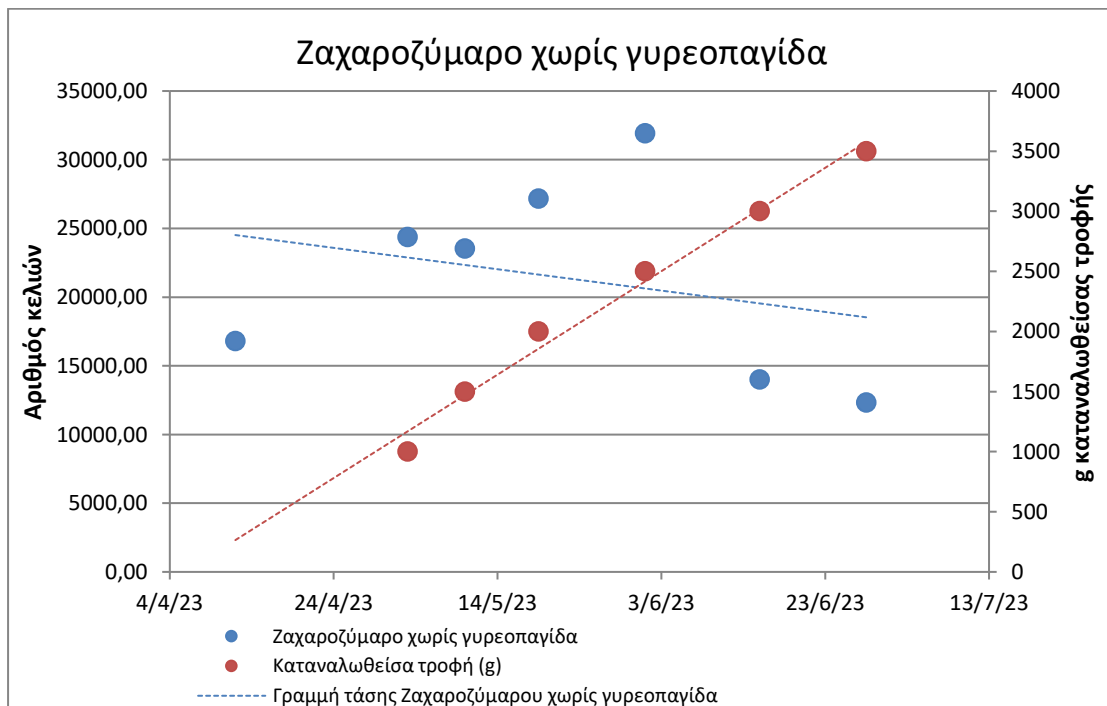
Εικόνα 106. 8<sup>ο</sup> πλαίσιο (2/4 ασφράγιστο, 1/4 σφραγισμένο γόννο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 107. 14<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 γόννος, 3/4 μέλι)

Το 9<sup>ο</sup> πλαίσιο του πρώτου πατώματος καλύπτεται κατά 1/4 από γόννο και κατά 3/4 από μέλι. Επίσης το 1<sup>ο</sup> και το 10<sup>ο</sup> πλαίσιο από τον κάτω όροφο, καθώς και το υπόλοιπο δεύτερο πάτωμα (11<sup>ο</sup> – 20<sup>ο</sup>) πλαίσια είναι γεμάτα με μέλι.

Στις παραπάνω φωτογραφίες (Εικ. 94-107) έχουμε την εξέλιξη του γόννου ενός μελισσιού, το οποίο τράφηκε με ζαχαροζύμαρο χωρίς την παρουσία γυρεοπαγίδας στην είσοδο της κυψέλης. Οι φωτογραφίες είναι από τις 01/06/23, που υπήρχε ο μεγαλύτερος αριθμός γόννου και στις 28/06/23, που έγινε η τελευταία μέτρηση.



Γράφημα 13. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόννου που έχουν τραφεί με ζαχαροζύμαρο χωρίς την παρουσία γυρεοπαγίδας και g καταναλωθείσας τροφής, με τις γραμμές τάσης των δύο αυτών μετρήσεων



19/05



Εικόνα 106. 1<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/2 ασφράγιστο γόνο)



Εικόνα 107. 2<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο γόνο)



Εικόνα 108. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο γόνο)



Εικόνα 109. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/2 σφραγισμένο, 1/2 ασφράγιστο γόνο)



Εικόνα 110. 5<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο γόνο)



Εικόνα 111. 6<sup>ο</sup> πλαίσιο (γεμάτο γόνο)





Εικόνα 112. 7<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/2 σφραγισμένο, 1/2 ασφράγιστο γόνο



Εικόνα 113. 8<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 γόνος )



Εικόνα 114. 9<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 γεμάτο με αυγά)

Το 10<sup>ο</sup> πλαίσιο έχει λίγο μέλι.

28/06



Εικόνα 115. 3<sup>ο</sup> πλαίσιο (3/4 σφραγισμένο γόνο, 1/4 μέλι)



Εικόνα 116. 4<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/2 μέλι, 1/2 γύρη)





Εικόνα 117. 5<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 μέλι)



Εικόνα 118. 6<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 γόνος διάσπαρτος)



Εικόνα 119. 7<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 γόνος διάσπαρτος)



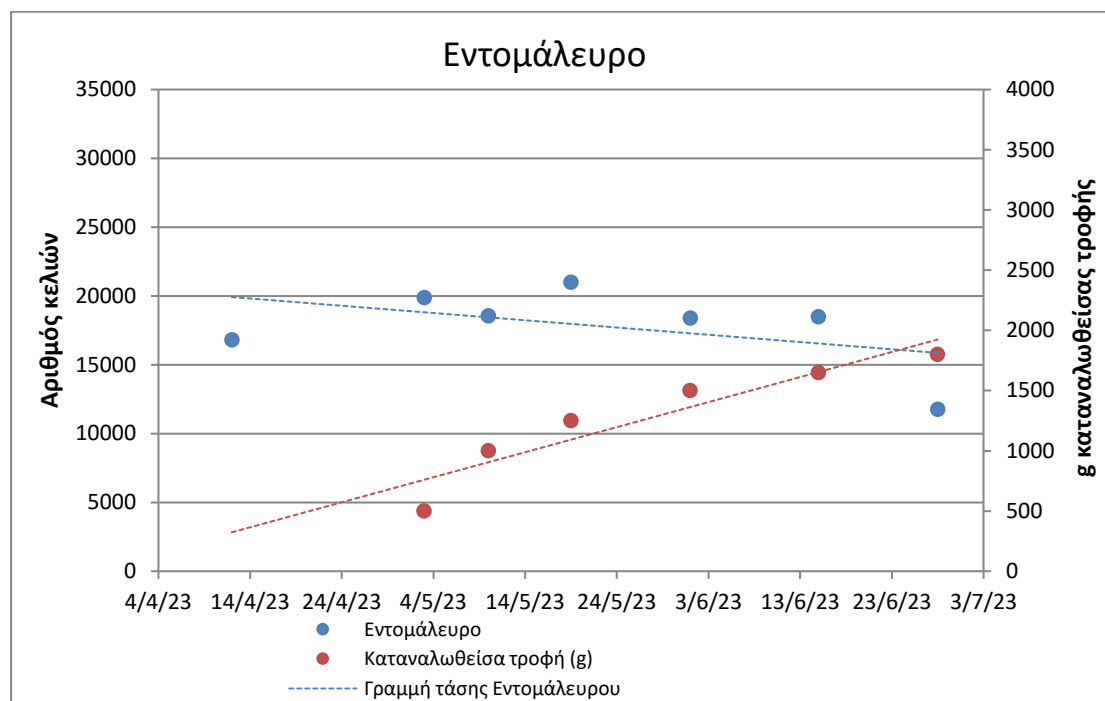
Εικόνα 120. 8<sup>ο</sup> πλαίσιο (1/4 γόνος, 3/4 μέλι)



Εικόνα 121. 9<sup>ο</sup> πλαίσιο (μέλι)

Το 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> πλαίσιο του πρώτου ορόφου, καθώς και τα 8 πλαίσια του δεύτερου ορόφου περιέχουν σφραγισμένο και ασφράγιστο μέλι.

Στις παραπάνω φωτογραφίες (Εικ. 106-121) έχουμε την εξέλιξη του γόνου ενός μελισσιού, το οποίο τράφηκε με εντομάλευρο με ταυτόχρονη παρουσία γυρεοπαγίδας στην είσοδο της κυψέλης. Οι φωτογραφίες είναι από τις 19/05/23, που υπήρχε ο μεγαλύτερος αριθμός γόνου και στις 28/06/23, που έγινε η τελευταία μέτρηση.



Γράφημα 14. Μέσος όρος αριθμού κελιών γόνου που έχουν τραφεί με εντομάλευρο και g καταναλωθείσας τροφής, με τις γραμμές τάσης των δύο αυτών μετρήσεων

Αρχικά, παρατηρείται ότι το υποκατάστατο εμπορίου καταναλώνεται σε μικρότερη ποσότητα από τις μέλισσες, σε αντίθεση με το εντομάλευρο που το κατανάλωναν σε μεγαλύτερο βαθμό και το ζαχαροζύμαρο, τόσο με γυρεοπαγίδα όσο και χωρίς, που το έτρωγαν πιο πολύ από τις άλλες επεμβάσεις τροφοδοσίας. Αυτό το στοιχείο έρχεται να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα σχετικά με την αποδοτικότητα των τροφών.

Ένα ακόμα γνώρισμα που διαφάνεται εμφανώς είναι ότι μέχρι την 01/06/23 ο αριθμός των κελιών βρισκόταν σε ανοδική τάση και από εκεί και έπειτα έπεσε ραγδαίως. Παρατηρείται λοιπόν ότι η μεγαλύτερη αύξηση καθώς και ο μεγαλύτερος αριθμός κελιών γόνου υπάρχει στην τροφοδοσία με ζαχαροζύμαρο χωρίς γυρεοπαγίδα, ξεπερνώντας τις 30.000 κελιά. Αμέσως μετά ακολουθεί η επέμβαση με ζαχαροζύμαρο με γυρεοπαγίδα, φτάνοντας κοντά τις 25.000 κελιά, στη συνέχεια η τροφοδοσία με εντομάλευρο, η οποία έχει μια πιο σταθερή κατανομή γύρω στις 20.000 κελιά γόνου. Ενώ τέλος η επέμβαση με το υποκατάστατο εμπορίου ο αριθμός των κελιών γόνου κυμαίνεται μεταξύ 15.000 και 20.000.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα. Όσον αφορά την επίδραση του είδους τροφής στο βάρος των μελισσών φαίνεται ότι η τροφοδοσία με ζαχαροζύμαρο έκανε βαρύτερες τις μέλισσες, σε αντίθεση με το υποκατάστατο εμπορίου, που είχε τις ελαφρύτερες. Η τροφοδοσία με εντομάλευρο είχε ενδιάμεσες τιμές βάρους μέλισσας.

Ένα άλλο μέγεθος που μελετήθηκε ήταν η αποδοτικότητα της εκάστοτε τροφής στο μελίσι, δηλαδή ο αριθμός κελιών γόνου που έφτιαχνε το μελίσι ανά γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής. Και στις δύο επαναλήψεις, το υποκατάστατο εμπορίου είχε τις καλύτερες τιμές, σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις, αλλά επίσης παρατηρήθηκε ότι το εντομάλευρο είχε ελαφρώς καλύτερες τιμές από το ζαχαροζύμαρο.

Φάνηκε επίσης ότι ο χρόνος ήταν ένας παράγοντας που επηρέασε τον αριθμό κελιών γόνου στο μελίσι, ανεξάρτητα της τροφοδοσίας.

Αρχικά, όσον αφορά το βάρος των μελισσών, παρατηρήθηκε ότι οι μέλισσες που είχαν καταναλώσει το υποκατάστατο εμπορίου ήταν εμφανώς πιο αδύνατες από τις άλλες που είχαν διατραφεί με το ζαχαροζύμαρο και το εντομάλευρο. Το βάρος της μέλισσας αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα ως προς τη διαχείμαση της, καθώς όσο πιο αδύνατη είναι τόσο πιο δύσκολη θα είναι η διαβίωσή της κατά τους δύσκολους χειμερινούς μήνες, που το μελίσι θα διαχειμάσει. Αυτό αποδεικνύεται από τους Fluri P., Bogdanov S., (1987), [116] κατά τους οποίους το βάρος της μέλισσας μπορεί να είναι ένας δείκτης αναπτυξιακής υγείας και αποθεμάτων ενέργειας, και συγκεκριμένα στα αποθέματα λίπους, που είναι κρίσιμα για την συνολική υγεία και επιβίωση της μέλισσας, ειδικά σε περιόδους με χαμηλή διαθεσιμότητα φαγητού. Εργάτριες μέλισσες με σημαντικά αποθέματα λίπους, συχνά αναφέρονται με μεγαλύτερο αρχικό βάρος, τείνουν να ζουν περισσότερο, ειδικά τις περιόδους διαχείμασης.

Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη, το βάρος και τελικώς την μακροζωία, σύμφωνα με τον Alqarni, A. S. (2006) [117] έχει η θρέψη που λαμβάνει η μέλισσα, κατά τη διάρκεια του προνυμφικού σταδίου. Οι προνύμφες που λαμβάνουν περισσότερη γύρη και πρωτεΐνη κατά την ανάπτυξή τους τείνουν να μεγαλώσουν σε βαρύτερα ενήλικα. Αυτά τα βαρύτερα ενήλικα, ειδικά οι εργάτριες, είναι πιο πιθανό να έχουν μεγαλύτερα αποθέματα λίπους, το οποίο μεταφράζεται σε καλύτερη υγεία και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Επομένως, εξάγονται τα συμπεράσματα ότι είτε το υποκατάστατο του εμπορίου δεν έχει τόσα θρεπτικά συστατικά

που να συμβάλλουν στην θρέψη της μέλισσας, είτε δεν είναι ελκυστικό προς τις μέλισσες, με αποτέλεσμα να μην το τρώνε.

Κατά τους φθινοπωρινούς μήνες η μελισσοκομική πρακτική προβλέπει την τροφοδότηση των μελισσιών με γυρεόπιτες ή με άλλες πρωτεϊνούχες τροφές, εξαιτίας της σχετικής έλλειψης της ανθοφορίας του ανθέων, για να μην σταματήσει η ωοτοκία της βασίλισσας [121] με σκοπό την ανάπτυξη υγιούς και πολυπληθούς γόνου, έτσι ώστε το μελίσι να ανταπεξέλθει υπό τις καλύτερες δυνατές συνθήκες το κρύο των επόμενων μηνών του χειμώνα.

Όσον αφορά την αποδοτικότητα της τροφής που δόθηκε στα μελίσια, το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι η τροφοδοσία με υποκατάστατο εμπορίου είχε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό κελιών γόνου ανά γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής και στις δύο επαναλήψεις, δηλαδή και στην φθινοπωρινή και στην ανοιξιάτικη. Αυτό ερμηνεύεται ότι το μελίσι χρειάζεται μικρότερη ποσότητα τροφής για να φτιάξει τον ίδιο αριθμό κελιών γόνου, ή ότι στην ίδια ποσότητα τροφής που κατανάλωσε το μελίσι, σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις που έγιναν, έφτιαξε μεγαλύτερο αριθμό κελιών γόνου. Επίσης, φαίνεται και στις δύο επαναλήψεις, αν και όχι στατιστικά σημαντικά, ότι η τροφοδοσία με εντομάλευρο είχε καλύτερη αποδοτικότητα από αυτές με ζαχαροζύμαρο, με ή χωρίς γυρεοπαγίδα.

Κατά την φθινοπωρινή επανάληψη για την παρατήρηση της πορείας του γόνου στο μελίσι, αξίζει να επισημανθεί πρώτα από όλα ότι μέσα σε αυτά και για τις τρεις επεμβάσεις παρατηρούνταν αποθηκευμένη γύρη, εξαιτίας της παρατεταμένης ανθοφορίας και των ευνοϊκών καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν την συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να επηρεάζει ως ένα βαθμό την πορεία του γόνου μέσα στο μελίσι, καθώς η γύρη αποτελεί την κατεξοχήν πρωτεϊνούχο τροφή της μέλισσας που συμβάλλει εκτός των άλλων στην ανάπτυξη του γόνου.

Το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι ενώ το υποκατάστατο του εμπορίου είναι η πιο αποδοτική τροφή αναφορικά με τον αριθμό κελιών γόνου, ωστόσο υστερεί στο βάρος των μελισσών που είναι σημαντικός παράγοντας για την διαχείμαση του μελισσιού. Αντίστροφα, ισχύουν τα πράγματα για την τροφοδοσία με ζαχαροζύμαρο, όπου ενώ είχε μεγάλη επίδραση στο βάρος των μελισσών και οι μετρήσεις είχαν τις βαρύτερες μέλισσες, παρ'όλα αυτά όσον αφορά την αποδοτικότητά του υστερεί σε μεγάλο βαθμό. Άρα, η επέμβαση με εντομάλευρο θα μπορούσε να αποτελέσει μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική, καθώς έχει την προοπτική να συνεισφέρει στο μελίσι τόσο στο βάρος της μέλισσας, όσο και στην αποδοτικότητα σχετικά



με τον αριθμό κελιών γόνου, παράγοντες που είναι σημαντικοί στη διαχείμαση του μελισσιού.

Όσον αφορά την ανοιξιάτικη επανάληψη, τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι τα εξής. Πρώτα απ' όλα παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον ότι η παρατεταμένη χρήση γυρεοπαγίδας στη είσοδο της κυψέλης όχι μόνο δεν έκοβε την ανάπτυξη του γόνου, αλλά οι μέλισσες κατάφερναν και την περνούσαν μέσα και την αποθήκευαν. Αυτό έρχεται να εναντιωθεί της μελισσοκομικής πρακτικής που λέει ότι η γυρεοπαγίδα μπαίνει στην είσοδο της κυψέλης μέχρι 7 – 10 μέρες [121] για να μην κόψει γόνο το μελίσι.

Παρατηρείται επίσης και στις τέσσερις επεμβάσεις, αλλού περισσότερο (ζαχαροζύμαρο, ζαχαροζύμαρο χωρίς γυρεοπαγίδα, υποκατάστατο εμπορίου) και αλλού λιγότερο (εντομάλευρο) μια απότομη μείωση του αριθμού των κελιών, που φτάνουν στην κορύφωσή τους στις 03/06/2023 και από εκεί και έπειτα ο αριθμός μειώνεται.

Αυτή η απότομη μείωση είναι μια φυσιολογικά διαδικασία στο μελίσι, καθώς λόγω αύξησης το μελιών, υπάρχει το φυσικό μπλοκάρισμα του γόνου των μελισσιών. Αυτό συμβαίνει όταν οι εργάτριες μέλισσες γεμίζουν τις κηρήθρες με μέλι ή γύρη, εμποδίζοντας τη βασίλισσα να γεννήσει αυγά στις ίδιες κυψέλες. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους, όπως η έλλειψη χώρου για την αποθήκευση τροφής ή οι διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητα τροφής κατά τη διάρκεια της χρονιάς. Όταν υπάρχει μεγάλη ποσότητα νέκταρος ή γύρης στην κυψέλη, οι εργάτριες αρχίζουν να αποθηκεύουν αυτές τις τροφές κοντά στον γόνο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μπλοκάρισμα των κελιών που διαφορετικά θα χρησιμοποιούνταν από τη βασίλισσα για να γεννήσει αυγά [118]. Επιπλέον, τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο στο χώρο που διενεργήθηκε το πείραμα, δηλαδή στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και μετά τις 01/06/2023 είχαμε την ανθοφορία του ευκαλύπτου και του αϊλάνθου, επομένως περισσότερη συλλογή νέκταρος από αυτά, άρα και περισσότερο μέλι.

Άρα για ένα μελισσοκόμο αυτή την περίοδο είναι σημαντικό να έχουν αναπτύξει τα μελίσια του μεγάλο αριθμό συλλεκτριών πριν την κύρια ανθοφορία ή μελιτοφορία της περιοχής για να υπάρξει, όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αποθήκευση μελιού, άρα και μεγαλύτερο κέρδος για αυτόν [121]. Σε εποχές που υπάρχει επάρκεια ανοιξιάτικης γύρης κατά αυτό το κρίσιμο στάδιο της ανάπτυξης του γόνου, στην περίπτωση μας η επέμβαση με ζαχαροζύμαρο χωρίς την παρουσία γυρεοπαγίδας στην είσοδο της κυψέλης, ώθησε το μελίσι σε πολύ υψηλό αριθμό γόνου, επομένως και σε μεγάλη ποσότητα μελιού. Άρα, η απρόσκοπτη είσοδος γύρης, η οποία είναι η φυσική πηγή πρωτεΐνης για την μέλισσα και συμβάλλει στην ανάπτυξη του

γόνου, ταυτόχρονα με την τροφοδότηση με ζαχαροζύμαρο, το οποίο είναι πηγή υδατανθράκων και παρέχει στις μέλισσες και συγκεκριμένα στις συλλέκτριες ενέργεια [121], έτσι ώστε να συλλέξουν γύρη και νέκταρ οδηγούν στα παραπάνω συμπεράσματα.

Στην περίπτωση όμως, που η ανθοφορία είναι μειωμένη σε αυτό το κρίσιμο στάδιο, γεγονός που γίνεται όλο και συχνότερα λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, [101] είναι ανάγκη για τον μελισσοκόμο να παρέχει την κατάλληλη τροφή στο μελίσσι για να αναπτυχθεί ο γόνος.

Αυτή η συνθήκη της έλλειψης φυσικής γύρης, προσομοιάστηκε με την τοποθέτηση γυρεοπαγίδων καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος. Αναφέραμε προηγουμένως ότι παρ' όλη την παρουσία τους οι μέλισσες κατάφεραν να περάσουν γύρη εντός του μελισσιού. Ωστόσο τα συμπεράσματα που βγαίνουν, όντας τα αποτελέσματα οριακά μη σημαντικά, είναι ότι το ζαχαροζύμαρο παρουσίαζε πιο αυξημένο αριθμό κελιών γόνου από τις άλλες δύο επεμβάσεις με εντομάλευρο και υποκατάστατο εμπορίου και αυτό μπορεί να οφείλεται και πάλι στο γεγονός ότι η ζάχαρη και το μέλι διεγείρει τις μέλισσες έτσι ώστε να κάνουν περισσότερες και μακρύτερες πτήσεις.

Η αποδοτικότητα όμως της κάθε τροφής σχετικά με τον αριθμό κελιών γόνου ανά γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής έδειξε ότι το υποκατάστατο εμπορίου ήταν το πιο αποτελεσματικό με το εντομάλευρο να ακολουθεί και τις επεμβάσεις με τα ζαχαροζύμαρα να έπονται.

Στην πράξη φάνηκε ότι στην ανοιξιιάτικη επανάληψη, εξαιτίας της έντονης ανθοφορίας, η τοποθέτηση γυρεοπαγίδων δεν δημιούργησε την επιθυμητή, για τον σκοπό του πειράματος, έλλειψη γύρης. Επομένως, ενδεχομένως η πραγματοποίηση του πειράματος, ακόμα και με τη χρήση γυρεοπαγίδων, να ήταν πιο ορθή σε περίοδο με έλλειψη γύρης, όπως για παράδειγμα τον μήνα Ιούλιο.

Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε κατά τις επεμβάσεις με το εντομάλευρο ότι υπήρχαν υπολείμματα από αυτό, σαν να προσπαθούσαν να το διαχωρίσουν από το υπόλοιπο ζαχαροζύμαρο. Άρα, είναι χρήσιμο σε μελλοντικές έρευνες να βρεθούν τρόποι καλύτερης αφομοίωσης του εντομάλευρου στην τροφοδοσία του μελισσιού.

Το συνολικό συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι με βάση την αποδοτικότητα το υποκατάστατο εμπορίου είναι η πιο αποδοτική τροφή από αυτές που δοκιμάστηκαν, καθώς παράγει τον μεγαλύτερο αριθμό κελιών γόνου για ένα γραμμάριο καταναλωθείσας τροφής. Ωστόσο η τροφοδοσία με εντομάλευρο από το έντομο *Hermetia illucens* έχει κάποια ενθαρρυντικά δείγματα ότι μπορεί να λειτουργήσει ωφέλιμα στο μελίσσι κατά κύριο λόγο τους

φθινοπωρινούς μήνες πριν την διαχείμαση του τόσο με την αύξηση του βάρους της μέλισσας, όσο όμως και με την αύξηση του αριθμού των κελιών του γόνου.

Παρ' όλα αυτά, η εργασία αυτή αποτελεί μόνο μια αρχή στην δυναμική που μπορεί να έχει η τροφοδοσία με εντομάλευρο στην μελισσοκομία, αλλά και γενικότερα στις ζωικές εκμεταλλεύσεις. Απαιτούνται περισσότερες έρευνες μεγαλύτερης διάρκειας, με περισσότερες επαναλήψεις και με μεγαλύτερο δείγμα, καθώς και ανάλυση της θρεπτικής σύστασης που βρίσκονται μέσα στο εντομάλευρο για πληρέστερη και σφαιρικότερη επιβεβαίωση και επεξήγηση των αποτελεσμάτων.

Το πλεονέκτημα αυτής της τροφής σε σχέση με άλλες πηγές πρωτεΐνης, όπως το σογιάλευρο, ή το ασπράδι αυγού ή η μαγιά μύρας είναι ότι το ίδιο το αφενός μειώνει τον όγκο των απορριμμάτων και τρέφεται με ένα προϊόν χαμηλής αξίας και αφετέρου δημιουργεί υπεραξία δημιουργώντας ένα προϊόν πλουσιότατο σε θρεπτικά, το οποίο απαιτεί ελάχιστες εισροές, σε σχέση με άλλες αντίστοιχες εναλλακτικές, και μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο στη μελισσοκομία, όσο και στο ζωικό κεφάλαιο γενικότερα.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. United-Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/ 423). Available at: [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf).
2. FAO. FAO's director-general on how to feed the world in 2050. *Popul Dev Rev.* 2009;35(4):837–9. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2009.00312.x>.
3. Chia SY, Tanga CM, van Loon JJ, Dicke M. Insects for sustainable animal feed: inclusive business models involving smallholder farmers. *Curr Opin Env Sust.* 2019;41:23–30. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.003>
4. Oonincx DG, De Boer IJ. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PloS one.* 2012;7(12):e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>.
5. Smetana S, Palanisamy M, Mathys A, Heinz V. Sustainability of insect use for feed and food: life cycle assessment perspective. *J Clean Prod.* 2016;137: 741–51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148>.
6. Macombe C, Le Feon S, Aubin J, Maillard F. Marketing and social effects of industrial scale insect value chains in Europe: case of mealworm for feed in France. *J Insects Food Feed.* 2019;5(3):215–24. <https://doi.org/10.3920/JIFF2.018.0047>.
7. Diener S, Zurbrugg C, Gutiérrez F, Nguyen D, Morel A. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints proceedings of the WasteSafe—2nd international conference on solid waste Management in the Developing Countries. Khulna University of Engineering and Technology, Khulna, Bangladesh. 2011;2(4):52–9. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>.
8. Nguyen TT, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S. Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environ Entomol.* 2015; 44(2):406–10. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>
9. Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J Med Entomol.* 2002;39(4):695–8. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>
10. Zhou F, Tomberlin JK, Zheng L, Yu Z, Zhang J. Developmental and waste reduction plasticity of three black soldier fly strains (Diptera: Stratiomyidae) raised on different livestock manures. 2013. DOI: 10.1603/me13021
11. Wang SY, Wu L, Li B, Zhang D. Reproductive potential and nutritional composition of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) prepupae reared on different organic wastes. *J Econ Entomol.* 2020;113(1):527–37. <https://doi.org/10.1093/jee/toz296>
12. Lalander C, Nordberg Å, Vinnerås B. A comparison in product-value potential in four treatment strategies for food waste and faeces—assessing composting, fly larvae composting and anaerobic digestion. *GCB bioenergy.* 2018;10(2):84–91. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12470>.
13. Tschirner M, Simon A. Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *J Insects Food Feed.* 2015;1(4):249–59. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0008>.



14. Maurer V, Holinger M, Amsler Z, Früh B, Wohlfahrt J, Stamer A, et al. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *J Insects Food Feed*. 2016;2(2):83–90. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0071>.
15. Bava L, Jucker C, Gislon G, Lupi D, Savoldelli S, Zucali M, et al. Rearing of *Hermetia illucens* on different organic by-products: influence on growth, waste reduction, and environmental impact. *Animals*. 2019;9(6):289. <https://doi.org/10.3390/ani9060289>.
16. Veldkamp T, Van Duinkerken G, van Huis A, Lakemond C, Ottevanger E, Bosch G, et al. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a feasibility study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoerders: een haalbaarheidsstudie. Wageningen UR Livestock Research. 2012;Report No:1570–8616.
17. Yu M, Li Z, Chen W, Rong T, Wang G, Ma X. *Hermetia illucens* larvae as a potential dietary protein source altered the microbiota and modulated mucosal immune status in the colon of finishing pigs. *J Anim Sci Biotechnol*. 2019;10:50. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0358-1>.
18. DiGiacomo K, Leury B. Insect meal: a future source of protein feed for pigs? *Animal*. 2019;13(12):3022-30. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001873>.
19. Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, et al. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *J Anim Sci Biotechnol*. 2018;9:49. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0266-9>.
20. Schiavone A, Dabbou S, Petracci M, Zampiga M, Sirri F, Biasato I, et al. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety. *Animal*. 2019;13(10): 2397–405. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000685>.
21. Cammack JA, Tomberlin JK. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.)(Diptera: Stratiomyidae). *Insects*. 2017;8:56. <https://doi.org/10.3390/insects8020056>.
22. Wang Y-S, Shelomi M. Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*. 2017;6(10):91. <https://doi.org/10.3390/foods6100091>.
23. Moniello G, Ariano A, Panettieri V, Tulli F, Olivotto I, Messina M, et al. Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens fed different levels of a *Hermetia illucens* larvae meal and toxic elements content of the insect meal and diets. *Animals*. 2019;9(3):86. <https://doi.org/10.3390/ani9030086>.
24. Commission regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 amending Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2021:295:FULL&from=EN>.
25. TOMBERLIN J. K. AND D. CRAIG SHEPPARD, «LEKING BEHAVIOR OF THE BLACK SOLDIER FLY (DIPTERA: STRATIOMYIDAE),» *Florida Entomologist*, τόμ. 84, αρ. 4, pp. 729-730, 2001.
26. Hardouin J., Mahoux, G., «Bureau pour l’Echange et la Distribution de l’Information sur le Mini-élevage,» σε *Zootechnie d’insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l’homme et de certains animaux*, 2003, p. 164.

27. Joseph W. DiClaro II and Phillip E. Kaufman, «Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae),» 2009.
28. H. H. Park, «Black Soldier Fly Larvae Manual,» Amherst, MA, 2016.
29. Tomberlin JK, Sheppard DC, «Factors influencing mating and oviposition of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony,» J. Entomol. Sci., τόμ. 37, αρ. 4, pp. 345- 352, 2002.
30. Myers HM, Tomberlin JK, Lambert BD, Kattes D, «Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Fed Dairy Manure.,» Environ. Entomol., τόμ. 37, αρ. 1, pp. 11-5, 2008.
31. Tomberlin J. K., D.C. Sheppard, J.A. Joyce, «Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets,» Ann. Entomol. Soc. Am, τόμ. 95, αρ. 3, pp. 379-386, 2002.
32. Diener S., Zurbrügg C., Roa Gutiérrez F., Nguyen Dang Hong Morel A., Koottatep T., Tockner K, «BLACK SOLDIER FLY LARVAE FOR ORGANIC WASTE TREATMENT—PROSPECTS AND CONSTRAINTS,» σε Proceedings of the WasteSafe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries, , Khulna, Bangladesh, 2011.
33. A. van Huis et al., Edible Insects: future prospects for food and feed security, Rome: FAO, 2013.
34. Diener S., N. M. Studt Solano, F. Roa Gutierrez, C. Zurbrugg, and K. Tockner, «Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. Waste and Biomass Valorization,» Waste and Biomass Valorization, τόμ. 2, αρ. 4, p. 357–363, 2011.
35. Sheppard D. C., G. Larry, S. A. Thompson, and S. Savage., «A Value Added Manure Management System Using the Black Soldier Fly.,» Bioresource Technology, τόμ. 50, αρ. 3, pp. 275-279, 1994.
36. T. J. K., Biological, behavioral, and toxicological studies on the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae), ATHENS, GEORGIA, 2001.
37. Ana Clariza Samayoa, Wei-Ting Chen, Shaw-Yhi Hwang, «Survival and Development of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): A Biodegradation Agent of Organic Waste,» J Econ Entomol, τόμ. 109, αρ. 6, pp. 2580-2585, 2016.
38. TOMBERLIN J. K., PETER H. ADLER, AND HEIDI M. MYERS, «Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature.,» Environ Entomol., τόμ. 38, αρ. 4, pp. 930-4, 2009.
39. Tingle F. C., E. R. Mitchell and W. W. Copeland, «The soldier fly, *Hermetia illucens* in poultry houses in north Florida.,» Journal of the Georgia Entomological Society, τόμ. 10, αρ. 2, pp. 179-183, 1975.
40. Bullock N. et al., «The Black Soldier Fly – How to Guide.,» Environmental Capstone, 2013.
41. Zhang J, Huang L, He J, Tomberlin JK, Li J, Lei C, Sun M, Liu Z, & Yu Z., «An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*.,» J Insect Sci., τόμ. 10, p. 202, 2010.
42. Li Q. et al., «Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production.,» Waste Management, τόμ. 31, αρ. 6, pp. 1316-1320, 2011.

43. Zheng L., Q. Li, J. Zhang, and Z. Yu., «Double the biodiesel yield: Rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, on solid residual fraction of restaurant waste after grease extraction for biodiesel production. *Renew. Energy.*,» *Renewable Energy*, τόμ. 41, pp. 75-79, 2012.
44. T. Barry, Evaluation of the Economic, Social, and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes with the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)., UNIVERSITY OF NORTH TEXAS, 2004.
45. SHEPPARD D. C., JEFFERY K. TOMBERLIN, JOHN A. JOYCE, BARBARA C. KISER, AND SONYA M. SUMNER, «Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae),» *J Med Entomol*, τόμ. 39, αρ. 4, pp. 695-698, 2002.
46. Holmes L. A., S. L. Vanlaerhoven and J. K. Tomberlin, «Relative Humidity Effects on the Life History of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae),» *Environ Entomol*, τόμ. 41, αρ. 4, pp. 971-978, 2012.
- 47.. Shishkov O, Hu M, Johnson C, Hu DL. Black soldier fly larvae feed by forming a fountain around food. *J R Soc Interface*. 2019;16(151):20180735. <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0735>.
- 48.. Barragan-Fonseca KB, Dicke M, van Loon JJ. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. *J Insects as Food Feed*. 2017;3(2):105–20. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016>.
- 49.. Brits D. Improving feeding efficiencies of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (L., 1758)(Diptera: Stratiomyidae: Hermetiinae) through manipulation of feeding conditions for industrial mass rearing. Stellenbosch: Stellenbosch University; 2017.
50. Jennifer Larouche, Processing methods for the black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: From feed withdrawal periods to killing methods, p. 9-13, 2019.
51. Diener S, Zurbrügg C, and Tockner K (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research*, 27(6): 603- 610. DOI: <https://www.doi.org/10.1177/0734242X09103838>
52. Nyangena DN, Mutungi C, Imathiu S, Kinyuru J, Affognon H, Ekesi S, and Fiaboe KK (2020). Effects of traditional processing techniques on the nutritional and microbiological quality of four edible insect species used for food and feed in East Africa. *Foods*, 9(5): 574. DOI: <http://www.doi.org/10.3390/foods9050574>
53. Liu X, Chen X, Wang H, Yang Q, ur Rehman K, Li W, and Zheng L (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLoS One*, 12(8): e0182601. DOI: <http://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>
54. Veldkamp T, and Bosch G (2015). Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers*, 5(2): 45- 50. DOI: <http://www.doi.org/10.2527/af.2015-0019>
55. Schiavone A, De Marco M, Martínez S, Dabbou S, Renna M, Madrid J, and Gasco L (2017). Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1): 1-9. DOI: <http://www.doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5>
56. Crosbie M, Zhu C, Shoveller AK, and Huber LA (2020). Standardized ileal digestible amino acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals (*Hermetia illucens*) fed

to growing pigs. *Translational Animal Science*, 4(3): txa104. DOI: <http://www.doi.org/10.1093/tas/txaa104>

57. De Marco M, Martínez S, Hernandez F, Madrid J, Gai F, Rotolo L, and Schiavone A (2015). Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209: 211-218. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006>

58. Sauvant D, Perez JM, and Tran G (2002). Tables of composition and nutritional value of primary materials destined for stock animals: Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, and fish. INRA Editions, Paris, France, p. 301. Available at: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20023175137>

59. Taufek NM, Lim JZY, and Bakar NH (2021). Comparative evaluation of *Hermetia illucens* larvae reared on different substrates for red tilapia diet: Effect on growth and body composition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(1): 79-88. DOI: <http://www.doi.org/10.3920/JIFF2019.0058>

60. McGuckin MA, Lindén SK, Sutton P, and Florin TH (2011). Mucin dynamics and enteric pathogens. *Nature Reviews Microbiology*, 9(4): 265-278. DOI: <http://www.doi.org/10.1038/nrmicro2538>

61. Oonincx DG, Van Broekhoven S, van Huis A, and van Loon JJ (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PloS One*, 10(12): e0144601. DOI: <http://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>

62. Leni G, Caligiani A, Marseglia A, Baldassarre S, and Maistrello L, and Sforza S (2017). Fractionation of black soldier fly biomolecules for feed/food or technological applications. 8th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, November 7-10. Prague, Czech Republic, 41(30): 54. DOI: <http://www.doi.org/10.13140/RG.2.2.28396.26244>

63. Hoc B, Genva M, Fauconnier ML, Lognay G, Francis F, and Megido RC (2020). About lipid metabolism in *Hermetia illucens* (L. 1758): On the origin of fatty acids in prepupae. *Scientific Reports*, 10(1): 1-8. DOI: <http://www.doi.org/10.1038/s41598-020-68784-8>

64. Zarantoniello M, Zimbelli A, Randazzo B, Compagni M, Truzzi C, Antonucci M, Riolo P, Loreto N, Osimani A, and Milanovic V (2020). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) reared on roasted coffee by-product and *Schizochytrium* sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production. *Aquaculture*, 518: 734659. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734659>

65. Paul A, Frederich M, Megido RC, Alabi T, Malik P, Uyttenbroeck R, and Danthine S (2017). Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2): 337-340. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001>

66. Michaelsen KF, Hoppe C, Roos N, Kaestel P, Stougaard M, Lauritzen L, and Friis H (2009). Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food and Nutrition Bulletin*, 30: 343-404. DOI: <http://www.doi.org/10.1177/15648265090303s303>

67. Liland NS, Biancarosa I, Araujo P, Biemans D, Bruckner CG, Waagbø R, and Lock EJ (2017). Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. *PloS One*, 12(8): e0183188. DOI: <http://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0183188>



68. Adewolu MA, Aro OO. Growth, feed utilization and haematology of (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerlings fed diets containing different levels of vitamin C. *The American Journal of Applied Science*. 2009;6(9):1675–1681.
69. Gasco L, Finke M, and van Huis A (2018). Can diets containing insects promote animal health? *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(1): 1-4. DOI: <http://www.doi.org/10.3920/JIFF2018.x001>
70. Yi, H. Y., Chowdhury, M., Huang, Y. D. & Yu, X. Q. Insect antimicrobial peptides and their applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 98, 5807–5822 (2014).
71. Yamada, K. & Natori, S. Purification, sequence and antibacterial activity of two novel sapecin homologues from *Sarcophaga* embryonic cells: Similarity of sapecin B to charybdotoxin. *Biochem. J.* 291, 275–279 (1993).
72. Antonio Moretta, Rosanna Salvia, Carmen Scieuzo, Angela Di Somma, Heiko Vogel, Pietro Pucci, Alessandro Sgambato, Michael Wolff & Patrizia Falabella, (2020). A bioinformatic study of antimicrobial peptides identified in the Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)
73. Nor Fatin Najihah Mohamad Zulkifli, Annita Yong Seok-Kian, Lim Leong Seng, Saleem Mustafa, Yang-Su Kim, Rossita Shapawi, (2022). Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods, doi: [10.1371/journal.pone.0263924](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263924)
74. Dickson, J.S.; Anderson, M.E. Microbial decontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems: A review. *J Food Prot* 1992, 55 (2), 133-140.
75. Caligiani, A.; Marseglia, A.; Sorci, A.; Bonzanini, F.; Lolli, V.; Maistrello, L.; Sforza, S. Influence of the killing method of the black soldier fly on its lipid composition. *Food Res Int* 2019, 116, 276-282.
76. Leni, G.; Caligiani, A.; Sforza, S. Killing method affects the browning and the quality of the protein fraction of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae: A metabolomics and proteomic insight. *Food Res Int* 2019, 115, 116-125.
77. Piyasena, P.; Mohareb, E.; McKellar, R.C. Inactivation of microbes using ultrasound: A review. *Int J Food Microbiol* 2003, 87 (3), 207-216.
78. Niamnuy, C.; Devahastin, S.; Soponronnarit, S. Changes in protein compositions and their effects on physical changes of shrimp during boiling in salt solution. *Food Chem* 2008, 108 (1), 165-175.
79. Tonneijck-Srprová, L.; Venturini, E.; Humblet-Hua, K.N.P.; Bruins, M.E. Impact of processing on enzymatic browning and texturization of yellow mealworms. *J Insects Food Feed* 2019, 10.3920/jiff2018.0025, 1-12.
80. van Huis, A.; Tomberlin, J.K. *Insects as Food and Feed: From Production to Consumption*. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands, 2017.
81. Kröncke, N.; Bösch, V.; Woyzichowski, J.; Demtröder, S.; Benning, R. Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innov Food Sci Emerg Technol* 2018, 50, 20-25.
82. Purschke, B.; Brügggen, H.; Scheibelberger, R.; Jäger, H. Effect of pre-treatment and drying method on physicochemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *Eur Food Res Technol* 2018, 244 (2), 269-280.

83. Melis, R.; Braca, A.; Mulas, G.; Sanna, R.; Spada, S.; Serra, G.; Fadda, M.L.; Roggio, T.; Uzzau, S.; Anedda, R. Effect of freezing and drying processes on the molecular traits of edible yellow mealworm. *Innov Food Sci Emerg Technol* 2018, 48, 138-149.
84. Lenaerts, S.; Van Der Borght, M.; Callens, A.; Van Campenhout, L. Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food Chem* 2018, 254, 129–136.
85. Huang, C.; Feng, W.; Xiong, J.; Wang, T.; Wang, W.; Wang, C.; Yang, F. Impact of drying method on the nutritional value of the edible insect protein from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: Amino acid composition, nutritional value evaluation, in vitro digestibility, and thermal properties. *Eur Food Res Technol* 2018, 245 (1), 11-21.
86. Tzompa-Sosa, D.A.; Yi, L.Y.; van Valenberg, H.J.F.; van Boekel, M.; Lakemond, C.M.M. Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Res Int* 2014, 62, 1087-1094.
87. Yi, L.; Lakemond, C.M.; Sagis, L.M.; Eisner-Schadler, V.; van Huis, A.; van Boekel, M.A. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem* 2013, 141 (4), 3341-3348.
88. Charlton, A.J.; Dickinson, M.; Wakefield, M.E.; Fitches, E.; Kenis, M.; Han, R.; Zhu, F.; Kone, N.; Grant, M.; Devic, E.; Bruggeman, G.; Prior, R.; Smith, R. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *J Insects Food Feed* 2015, 1 (1), 7-16.
89. Stadlander, T.; Stamer, A.; Buser, A.; Wohlfahrt, J.; Leiber, F.; Sandrock, C. *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm. *J Insects Food Feed* 2017, 3 (3), 165-175.
90. Mutungi, C.; Irungu, F.G.; Nduko, J.; Mutua, F.; Affognon, H.; Nakimbugwe, D.; Ekesi, S.; Fiaboe, K.K.M. Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2017, 10.1080/10408398.2017.1365330, 1-23.
91. Mohammad M. Seyedalmoosavi, Manfred Mielenz, Teun Veldkamp, Gürbüz Daş and Cornelia C. Metges, Growth efficiency, intestinal biology, and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species :a review. 2022, <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00682-7>
92. Syed Rizwan Ali Shah, Ibrahim Sadi Çetingül, Nutritive Value of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Economical and Alternative Feedstuff for Poultry Diet, 2022.
93. Van Aalst, M. K. (2006). The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters*, 30(1), 5–18. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2006.00303.x>
94. Gajardo-Rojas, M., Muñoz, A. A., Barichivich, J., Klock-Barria, K., Gayo, M. E., Fonturbel, E. F., Olea, M., Lucas, M. C., & Veas, C. (2022). Declining honey production and beekeeper adaptation to climate change in Chile. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 46(5), 737–756. <https://doi.org/10.1177/03091333221093757>
95. Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Bugeja Douglas, A., Cadahía, L., Charrière, J.-D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Cornelissen, B., Costa, C. A. d., Danneels, E., Danihlík, J., Dobrescu, C., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., Gregorc, A., ... Brodschneider, R. (2023). Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: The combined effects of operation size,

- migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 204–210. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2113329>
96. Chantawannakul, P., Ramsey, S., vanEngelsdorp, D., Khongphinitbunjong, K., & Phokasem, P. (2018). *Tropilaelaps mite: An emerging threat to European honey bee*. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.01.012>
97. Noël, A., Le Conte, Y., & Fanny Mondet, F. (2020). *Varroa destructor: How does it harm Apis mellifera honey bees and what can be done about it?* *Emerging Topics in Life Sciences*, 4(1), 45–57. <https://doi.org/10.1042/ETLS20190125>
98. Dietemann, V., Pflugfelder, J., Anderson, D., Charrière, J.-D., Chejanovsky, N., Dainat, B., de Miranda, J., Delaplane, K., Dillier, F.-X., Fuch, S., Gallmann, P., Gauthier, L., Imdorf, A., Koeniger, N., Kralj, J., Meikle, W., Pettis, J., Rosenkranz, P., Sammataro, D., ... Neumann, P. (2012). *Varroa destructor: Research avenues towards sustainable control*. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 125–132. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.51.1.15>
99. Neumann, P., Yañez, O., Fries, I., & de Miranda, J. R. (2012). *Varroa invasion and virus adaptation*. *Trends in Parasitology*, 28(9), 353–354. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.06.004>
100. Flores, J. M., Gil-Lebrero, S., Gámiz, V., Rodríguez, M. I., Ortiz, M. A., & Quiles, F. J. (2019). *Effect of the climate change on honey bee colonies in a temperate Mediterranean zone assessed through remote hive weight monitoring system in conjunction with exhaustive colonies assessment*. *The Science of the Total Environment*, 653, 1111–1119. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.004>
101. Freimuth, J., Bossdorf, O., Scheepens, J. F., & Willems, F. M. (2022). *Climate warming changes synchrony of plants and pollinators*. *Proceedings. Biological Sciences*, 289(1971), 20212142. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.2142>
102. Neumann P., Straub L. (2023). *Beekeeping under climate change*, 963-968, <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2247115>
103. Keller, I., P. Fluli and A. Imdorf 2005. *Pollen nutrition and colony development in honey bees – Part II*. *Bee World* 86(2):27-34.
104. Hoffmann, G., Y. Chen, E. Huang and M. Huang 2010. *The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (Apis mellifera L.)*. *Insect Physiol.* 56:1184-1191.
105. Dadd, R.H 1973. *Insect nutrition: current developments and metabolic implications*. *Ann. Rev. Entomol.* 18:381-420.
106. Li, C., B. Xu, Y. Wang, Q. Feng and W. Yang 2012. *Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (Apis mellifera ligustica)*. *Apidologie*, DOI: 10.1007/s 13592-012-0126-0.
107. Haydak, M.H. 1961. *Influence of storage on the nutritive value of pollens for newly emerged honey bees*. *Am. Bee J.* 101:354-355.
108. Dietz, A. and S.P. Stevenson 1980. *Influence of long term storage on the nutritional value of frozen pollen for brood rearing of honey bees*. *Apidologie* 11(2);143-151.

109. Maurizio, A. 1950. The influence of pollen feeding and brood rearing on the length of life and physiological condition of the honey bee. *Bee World* 31:9-12.
110. Kleinschmidt, G.J. and F. Ferguson 1989. Honey bee protein fluctuations in the Channel Country of South West Queensland. *Australasian Beekeeper* 91:163-165.
111. Bailey, L. and B.V. Ball. 1991. *Honey Bee Pathology*. Second edition. Academic Press, London. 193 pp.
112. Newton, D.C. and D.J. Michl 1974. Cannibalism as an indication of pollen insufficiency in honeybees: Ingestion or recapping cappings of manually exposed pupae. *J. Apic. Res.* 13(4):235-241.
113. Herbert, E.W. and H. Shimanuki 1979a. Honey bee nutritional studies at the Beltsville Bee Lab. *Am. Bee. J.* 119(1):29-31, 43.
114. Doull, K.M. and L.N. Standifer 1970. Feeding responses of honey bees in the hive. *J. Apic. Res.* 9(3):129-132.
115. Anton Imdorf, Georges Buehlmann, Luzio Gerig, Verena Kilchenmann, Hans Wille (1987) Überprüfung der Schätzmethode zur ermittlung der Brutfläche und der anzahl Arbeiterinnen in freifliegenden Bienenvölkern. *Apidologie* 18: 137-146.
116. Fluri, P., & Bogdanov, S. (1987). Weight Changes of the Honeybee Worker During Its Life Span. *Apidologie*, 18(1), 1-6.
117. Alqarni, A. S. (2006). Influence of some protein diets on the longevity and performance of honeybee workers (*Apis mellifera*). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 13(1), 109-113.
118. Winston, M. L. (1987). *The Biology of the Honey Bee*. Harvard University Press.
119. Sideris V. et al (2021). Effect of Processed Beverage By-Product-Based Diets on Biological Parameters, Conversion Efficiency and Body Composition of *Hermetia illucens* (L) (Diptera: Stratiomyidae)
120. Tsagkarakis A.E., Arapostathi E.I., Strouvalis G.I. (2015). First record of the black soldier fly, *Hermetia illucens*, in Greece
121. Χαριζάνης Π. Μέλισσα και μελισσοκομική τεχνική, 2017.
122. Σιδεράς Β. Πτυχιακή μελέτη με τίτλο: « Βιολογικές παράμετροι του εντόμου *Hermetia illucens* L. σε διαφορετικά, ποσοτικά και ποιοτικά, υποστρώματα », 2017.