



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μελέτη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και ολικών φαινολών σε  
διάφορα είδη μελιού που παράγονται στην περιοχή των Ιωαννίνων.**

Νούσιας Κωνσταντίνος

Επιβλέπων: Καριπίδης Χαράλαμπος, PhD Γεωπόνος, Καθηγητής

Άρτα, Μάρτιος, 2021

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα και περιεκτικότητα ολικών φαινολών σε διάφορα είδη μελιού που παράγονται στην περιοχή των Ιωαννίνων ενώ παράλληλα παρατίθενται και στοιχεία από ξένη βιβλιογραφία.

Αρχικά η εργασία αναφέρεται στο μέλι και στις ιδιότητες του. Ακολουθούν οι παραδοσιακές χρήσεις του μελιού και τα είδη μελιού στην Ελλάδα. Εν συνεχεία αναλύονται οι αντιοξειδωτικές ενώσεις στο μέλι, οι φαινολικές ενώσεις, ο μηχανισμός δράσης των αντιοξειδωτικών και περιγράφονται οι μέθοδοι υπολογισμού της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας.

Τέλος ακολουθεί το πειραματικό μέρος που ερευνά τις φαινόλες και τις αντιοξειδωτικές ουσίες που περιέχονται στα 3 είδη μελιού από θυμάρι, βελανιδιά και έλατο που παράγονται στην περιοχή των Ιωαννίνων

**Λέξεις κλειδιά:** Μέλι, αντιοξειδωτική ικανότητα, φαινόλες, ανθόμελο, μελιτώματα, γαλλικό οξύ

**Study of the total antioxidant capacity and total phenols in various types of honey produced in the area of Ioannina.**

## **Summary**

In this work, the total antioxidant capacity and content of total phenols in various types of honey produced in the area of Ioannina were studied, while at the same time data from foreign literature are presented..

Initially the work refers to honey and its properties. It follows the traditional uses of honey and the types of honey in Greece. Then the antioxidants in honey, the phenolic compounds, the mechanism of action of the antioxidants are analyzed and the methods for calculating the total antioxidant capacity are described

Finally follows the experimental part that investigates the phenols and antioxidants contained in the 3 types of honey from thyme, oak and fir produced in the area of Ioannina

**Key words:** Honey, antioxidant capacity, phenols, flower honey, honeydew, gallic acid

## **Πίνακας Περιεχομένων**

Περίληψη.....	2
Summary .....	4
Εισαγωγή.....	6

1.	Κεφάλαιο 1: Το μέλι και οι ιδιότητές του .....	9
1.1	Σύνθεση μελιού .....	9
1.2	Φυσικές ιδιότητες του φυσικού μελιού .....	12
1.3	Παραδοσιακές χρήσεις φυσικού μελιού.....	12
1.3.1	Μέλι στη σύγχρονη ιατρική.....	13
1.4	Είδη μελιού στην Ελλάδα .....	22
1.4.1	Παραγωγή και εμπόριο μελιού στην Ελλάδα .....	24
2.	Κεφάλαιο 2: Αντιοξειδωτικές ενώσεις στο μέλι .....	27
2.1	Φαινολικές ενώσεις .....	27
2.2	Ο μηχανισμός δράσης των αντιοξειδωτικών .....	32
2.2.1	Ιδιότητες φαινολικών ενώσεων του μελιού .....	34
2.3	Μέθοδοι υπολογισμού της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας.....	35
3.	Κεφάλαιο 3: Πειραματικό μέρος.....	37
3.1	Σκοπός του πειράματος.....	37
3.2	Υλικά και Μέθοδοι.....	37
4.	Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα.....	44
5.	Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα-Συζήτηση .....	48
6.	Βιβλιογραφία.....	50
	Ξενόγλωσση .....	50

## Εισαγωγή

Το μέλι είναι ένα πολυσύνθετο φυσικό προϊόν με πολλές αναφορές στη μυθολογία, την ιστορία και την παράδοση των περισσότερων λαών. Στην αρχαία Ελλάδα, η αξία του μελιού εκτιμήθηκε ιδιαίτερα, καθώς χρησιμοποιήθηκε πολύ συχνά ως προσφορά για τους θεούς, ενώ η αμβροσία που έδωσε στους θεούς αθανασία, λέγεται ότι περιέχει βασιλικό πολτό. Σε αρκετά κλασικά κείμενα της αρχαίας Ελλάδας, στον Όμηρο (Ιλιάδα και Οδύσσεια), στους Δειπνοσοφιστές του Αθηναίου, καθώς και σε φιλοσοφικά κείμενα του Πλάτωνα, εκτιμούνται τα οφέλη της κατανάλωσης μελιού για την υγεία του ανθρώπου. Επιπλέον, ο Ιπποκράτης και ο Διοσκορίδης τόνισαν τη διατροφική και φαρμακολογική αξία του μελιού (Healing Honey History, <http://www.petroglyphhealing.com>).

Η ελληνική χλωρίδα παρουσιάζει μια πλούσια βιοποικιλότητα με υψηλό ποσοστό ενδημικών φυτών. Το μέλι παράγεται από τους υποφαρυγγικούς αδένες των μελισσών και αποτελείται από γύρη και μέλι που έχουν μετουσιωθεί. Οι μέλισσες προμηθεύονται την τροφή τους από φυτά που εκτείνονται σε μια σχετικά μεγάλη έκταση, ενώ καθεμία από αυτές επισκέπτεται χιλιάδες λουλούδια την ημέρα και επομένως το μέλι είναι συχνά ένα μείγμα διαφορετικών ειδών νέκταρ και / ή μελισσών.

Τυπικά είδη μελιού προέρχονται από θυμάρι, εσπεριδοειδή και ερείκη, πεύκο και έλατο. Εκτός από τα σάκχαρα, το μέλι περιέχει υγρασία και άλλα πολύτιμα θρεπτικά συστατικά όπως βιταμίνες, μέταλλα, ένζυμα, ελεύθερα αμινοξέα και πολλές πτητικές ενώσεις. Τα μονοφθαλικά είδη (συλλέγονται κυρίως από μία ποικιλία φυτών) δεν είναι τόσο κοινά όσο τα πολυφθαλικά. Η παραγωγή της πρώτης ομάδας παρουσιάζει τεχνικές δυσκολίες και εξαρτάται από την τεχνογνωσία των μελισσοκόμων και επίσης από την πρόιμη περίοδο ανθοφορίας ή μελιτώματος ορισμένων λουλουδιών ή δέντρων. Συνήθως, το μέλι θεωρείται μη φυτικό όταν η συχνότητα γύρης ενός φυτού είναι πάνω από 45% (Tomas-Barberan, Martos, Ferreres, Radovic, & Anklam, 2001). Πολλοί μονοφθαλικοί τύποι μελιού είναι γνωστοί σε όλο τον κόσμο, ενώ, στην Ελλάδα, το θυμάρι, το άνθος πορτοκαλιού (*Citrus spp.*), το έλατο και το πεύκο είναι από τους πιο συνηθισμένους τύπους μη φυτικών ειδών μελιού. Το μέλι έλατου και πεύκου κατηγοριοποιούνται ως μέλι από μελιτώματα και αυτό από εσπεριδοειδή και θυμάρι ως μέλι από νέκταρ (ανθόμελο). Το ανθόμελο προέρχεται από λεπτά γλυκά σταγονίδια τα οποία εκκρίνονται από τα άνθη. Όταν τρυγηθούν και

δεχθούν την κατεργασία των μελισσών, μετατρέπονται σε μέλι. Ως προς τη σύστασή του, το ανθόμελο διακρίνεται σε: α) αμιγώς καθαρό (από το νέκταρ άνθους ενός είδους) και β) μείγμα (μέλι που προέρχεται από το νέκταρ πολλών ειδών λουλουδιών). Το μέλι από μελιτώματα, παράγεται από εκκρίματα κοκοειδών (εντόμων) που απομυζούν τα φυτά όπως τα *Marshallina Hellenica* και *Physokermes hemicryphus* για πεύκα και έλατα, αντίστοιχα.

Η σύνθεση και τα γευστικά χαρακτηριστικά του μελιού ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τη βοτανική και γεωγραφική προέλευσή του (Baroni et al., 2006). Πτητικές ενώσεις (Radovic et al., 2001, Soria et al., 2004), ιχνοστοιχεία (Fernández-Torres et al., 2005), μοντέλα πρωτεϊνών, περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή καθώς και φυσικοχημικές παράμετροι όπως ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, ολική οξύτητα και το δυναμικό του νερού έχει χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ανθοφορίας και της γεωγραφικής προέλευσης των μελιού (Acquarone et al., 2007, Senyuva et al., 2009, Tananaki et al., 2007). Η φυτική προέλευση του μελιού επηρεάζει σημαντικά τον οργανοληπτικό χαρακτήρα και τη βιολογική και οικονομική αξία του μελιού και, για το λόγο αυτό, είναι πολύ σημαντικό να βρεθούν αξιόπιστες τεχνικές για την επαλήθευση της λουλουδικής πηγής κάθε τύπου μελιού. Η φυτική προέλευση του μελιού μπορεί να βρεθεί με ανάλυση γύρης (μελισσοπαλυνολογία), αλλά αυτή η τεχνική είναι περίπλοκη και εξαρτάται πολύ από την ικανότητα του ειδικού. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στο μέλι εσπεριδοειδών, η ανάλυση γύρης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση των λουλουδιών, επειδή η ποσότητα της γύρης στο μέλι είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη της αντίστοιχης συνεισφοράς του νέκταρ. Επίσης, ο προσδιορισμός της βοτανικής προέλευσης είναι πιο δύσκολος στα μέλια μελιτωμάτων, επειδή ο προσδιορισμός τέτοιων τύπων μελιού δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με παλυνολογικές αναλύσεις. Τα τελευταία χρόνια, η ανάλυση των αρωματικών ενώσεων έχει καταστεί ένα ισχυρό εργαλείο που βοηθά στον προσδιορισμό της προέλευσης του μελιού. Φαινολικές ενώσεις, νορισοπρενοειδή (αρώματα τροπικών φρούτων και λουλουδιών), τερπενοειδή και αλειφατικά δικαρβοξυλικά οξέα έχουν προταθεί ως ισχυροί δείκτες για τον εντοπισμό της βοτανικής προέλευσης μελιού (Alissandrakis, et al., 2005).

Στον κανονισμό της ΕΕ για το μέλι 110/2001 (οδηγία του Συμβουλίου, 2001) αναφέρεται ότι τόσο η βοτανική όσο και η γεωγραφική προέλευση του προϊόντος πρέπει να δηλώνονται στην ετικέτα της συσκευασίας. Αυτοί οι κανονισμοί αποσκοπούν

στη διασφάλιση της ποιότητας του προϊόντος, της αυθεντικότητας και στην προστασία των καταναλωτών από τη νοθεία και την απάτη προϊόντων.

Η Ελλάδα παράγει περίπου 12.000–13.000 τόνους μελιού ετησίως, εκ των οποίων το 60–65% είναι μέλι πεύκου, το 10% είναι θυμάρι, το 10% είναι εσπεριδοειδή και το 5–10% είναι μέλι έλατου. Μέλι από καστανιά, ερείκη, βελανιδιά και το μέλι βαμβακιού παράγονται σε μικρότερες ποσότητες. Επί του παρόντος, το μόνο μέλι που ταξινομείται ως ΠΟΠ στην Ελλάδα είναι αυτό του μελιού Ελάτης Menalon από την Αρκαδία στη νότια Ελλάδα. Το θυμαρίσιο μέλι παράγεται σε πολλά νησιά της Ελλάδας όπως η Κεφαλονιά, η Κρήτη, η Σύμη και τα Κύθηρα καθώς και στη Λακωνία (Πελοπόννησος), ενώ μέλι πεύκου καλής ποιότητας παράγεται στη Χαλκιδική (Karabagias, et al., 2014). Το μέλι βαμβακιού είναι μια από τις σημαντικότερες συγκομιδές μελιού στην Ελλάδα, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 20% της ετήσιας παραγωγής. Αυτό το μέλι έχει ελαφρύ χρώμα, με ήπιο άρωμα και πολύ γλυκιά γεύση.

Το μέλι είναι ίσως το πιο εκτιμημένο φυσικό προϊόν. Δεν είναι μόνο η γεύση και το άρωμα, αλλά και οι διάφορες θρεπτικές και φαρμακευτικές ιδιότητες του μελιού που προσελκύουν τους καταναλωτές παγκοσμίως. Πλέον, οι ερευνητές εστιάζουν περισσότερο σε φάρμακα φυσικής προέλευσης καθώς θεωρούν ότι τα φυσικά προϊόντα μπορεί να είναι αποτελεσματικότερα θεραπευτικά σε σύγκριση με τα συνθετικά φάρμακα. Ένα από τα πιο σημαντικά φυσικά προϊόντα είναι το μέλι, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για διαφορετικούς ιατρικούς σκοπούς από την αρχαιότητα. Εκτός από το σημαντικό ρόλο του μελιού στην παραδοσιακή ιατρική, οι επιστήμονες δέχονται επίσης το μέλι ως ένα νέο αποτελεσματικό φάρμακο για πολλά είδη ασθενειών. Η πιο γνωστή δράση του μελιού είναι η αντιβακτηριακή. Έχει επίσης αναφερθεί ότι εμφανίζει ανασταλτική επίδραση στις ζύμες, τους μύκητες, τη λειψμανία και ορισμένους ιούς. Η τοπική εφαρμογή του μελιού έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε βλεννογόνους τραυματισμούς όπως βλάβες στα γεννητικά όργανα, επιφανειακά εγκαύματα στο δέρμα και τραύματα μετά τη χειρουργική επέμβαση. Επιπρόσθετα, το μέλι έχει χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες γαστρεντερικές, καρδιαγγειακές, φλεγμονώδεις και νεοπλασματικές καταστάσεις. Η αντιοξειδωτική ικανότητα του μελιού, σχετίζεται με ένα ευρύ φάσμα ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων φαινολών, πεπτιδίων, οργανικών οξέων, ενζύμων και προϊόντων αντίδρασης Maillard (Alissandrakis, et al., 2005).

Ο στόχος αυτής της εργασίας ήταν να διερευνήσει την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα και την περιεκτικότητα φαινολών σε διαφορετικά είδη μελιού στο Νομό Ιωαννίνων.



## **1. Κεφάλαιο 1: Το μέλι και οι ιδιότητές του**

Το μέλι είναι ένα πολυσύνθετο φυσικό προϊόν που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τα θεραπευτικά του αποτελέσματα. Είχε πολύτιμη θέση στην παραδοσιακή ιατρική για αιώνες. Ωστόσο, έχει περιορισμένη χρήση στη σύγχρονη ιατρική λόγω έλλειψης επιστημονικής υποστήριξης. Για μεγάλο χρονικό διάστημα, είχε παρατηρηθεί ότι το μέλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξεπεραστούν τα ηπατικά, καρδιαγγειακά και γαστρεντερικά προβλήματα. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, οι Ασσύριοι, οι Κινέζοι, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν μέλι για πληγές και παθήσεις του εντέρου (Al-Jabri, 2005).

Λίγες δεκαετίες πριν, το μέλι υποβλήθηκε σε εργαστηριακές και κλινικές έρευνες από διάφορες ερευνητικές ομάδες. Η πιο αξιοσημείωτη ανακάλυψη ήταν η αντιβακτηριακή του δράση κατά πολλών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori* (Emsen, 2007). Σε ένα φλεγμονώδες μοντέλο κολίτιδας, το μέλι ήταν εξίσου αποτελεσματικό με τη θεραπεία πρεδνιζολόνη θεραπεία (Bilsel, et al., 2002). Έρευνες έχουν αναφέρει, επίσης ότι το μέλι μπορεί να έχει αντιφλεγμονώδη δράση και να διεγείρει ανοσοαποκρίσεις μέσα σε μια πληγή (Medhi, et al., 2008). Οι Al-Waili και Boni, (2003) ανέφεραν τα αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα του μελιού στον άνθρωπο μετά από κατάποσή του (Al-Waili, Boni, 2003). Το μέλι, έχει αποδειχθεί ότι αποτρέπει την οξειδωση λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL) που προκαλείται από αντιδραστικά είδη οξυγόνου (ROS) σε ορισμένες μελέτες *in vitro*, παρουσιάζοντας έτσι ευεργετική καρδιαγγειακή προστασία (Hegazi, et al., 2009). Το μέλι είχε επίσης αντινεοπλασματική δράση σε πειραματικό καρκίνο της ουροδόχου κύστης (Swellam, et al., 2003; Eteraf-Oskouei, Najafi, 2013).

### **1.1 Σύνθεση μελιού**

Το μέλι περιέχει περίπου 200 ουσίες, όπως φρουκτόζη και γλυκόζη αλλά περιέχει επίσης φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες και πολλά αμινοξέα, βιταμίνες, μέταλλα και ένζυμα. Η σύνθεση του μελιού ποικίλλει ανάλογα με τα φυτά στα οποία τρέφεται η μέλισσα. Ωστόσο, σχεδόν όλο το φυσικό μέλι περιέχει φλαβονοειδή (όπως η απιγενίνη, η pinocembrin, η καφεφερόλη, η κουερκετίνη, η γαλανγκίνη, η χρυσίνη και η εσπερετίνη), φαινολικά οξέα (όπως ελαγικό, καφεϊκό, ρεκουμαρικό και φουρουλικό

οξύ), ασκορβικό οξύ, τοκοφερόλες, καταλάση (CAT), υπεροξειδίο δισμουτάσης (SOD), μειωμένη γλουταθειόνη (GSH), προϊόντα αντίδρασης Millard και πεπτίδια. Οι περισσότερες από αυτές τις ενώσεις συνεργάζονται για να παρέχουν μια συνεργιστική αντιοξειδωτική δράση (Alvarez-Suarez, et al., 2010; Johnston, et al., 2005; Rakha, et al., 2008).

Η ζάχαρη αντιπροσωπεύει το 95-99% της ξηράς ουσίας του μελιού. Τα κύρια συστατικά των υδατανθράκων του μελιού είναι η φρουκτόζη (32,56 έως 38,2%) και η γλυκόζη (28,54 έως 31,3%), η οποία αντιπροσωπεύει το 85-95% των συνολικών σακχάρων που απορροφώνται εύκολα στο γαστρεντερικό σωλήνα (Moundoi, et al., 2001). Άλλα σάκχαρα είναι οι δισακχαρίτες όπως μαλτόζη, σακχαρόζη, τυρανόζη, ισομαλτόζη, νιγερόζη, μελιβιόζη, πανόζη, μαλτοτριόζη, μελιζιτόλη. Υπάρχουν επίσης μερικοί ολιγοσακχαρίτες. Το μέλι περιέχει 4 έως 5% φρουκτοολιγοσακχαρίτες, οι οποίοι χρησιμεύουν ως προβιοτικοί παράγοντες. Το νερό είναι το δεύτερο πιο σημαντικό συστατικό του μελιού. Τα οργανικά οξέα αποτελούν το 0,57% του μελιού και περιλαμβάνουν το γλυκονικό οξύ που είναι ένα προϊόν ενζυματικής πέψης της γλυκόζης. Τα οργανικά οξέα είναι υπεύθυνα για την οξύτητα του μελιού και συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στη χαρακτηριστική του γεύση. Η συγκέντρωση των ανόργανων ενώσεων κυμαίνεται από 0,1% έως 1,0%. Το κάλιο είναι το σημαντικότερο μέταλλο, ακολουθούμενο από ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο, θείο και φώσφορο. Τα ιχνοστοιχεία περιλαμβάνουν σίδηρο, χαλκό, ψευδάργυρο και μαγγάνιο (Eteraf-Oskouei, Najafi, 2013).

Περιλαμβάνονται επίσης αζωτούχες ενώσεις, βιταμίνες C, B1 (θειαμίνη) και βιταμίνες συμπλόκων B2 όπως ριβοφλαβίνη, νικοτινικό οξύ, B6 και παντοθενικό οξύ. Το μέλι περιέχει πρωτεΐνες μόνο σε πολύ μικρές ποσότητες, 0,1-0,5 τοις εκατό των συνολικών ποσοτήτων. Σύμφωνα με πρόσφατη έκθεση, οι συγκεκριμένες ποσότητες πρωτεϊνών διαφέρουν ανάλογα με την προέλευση της μέλισσας. Η μέση σύνθεση του μελιού δίνεται στον Πίνακα 1.

*Πίνακας 1: Μέση σύνθεση μελιού*

**Μέλι (Διατροφική αξία ανά 100 g) Μέσος όρος**

Υδατάνθρακες	82,4 g
Φρουκτόζη	38,5 g
Γλυκόζη	31 g
Σακχαρόζη	1 g
Άλλα σάκχαρα	11,7 g
Διαιτητικές ίνες	0,2 g
Λίπος	0 g
Πρωτεΐνες	0,3 g
Νερό	17,1 g
Ριβοφλαβίνη (Vit. B2)	0,038 mg
Νιασίνη (Vit. B3)	0,121 mg
Παντοθενικό οξύ (Vit. B5)	0,068 mg
Πυριδοξίνη (Vit. B6)	0,024 mg
Φολικό οξύ (Vit. B9)	0,002 mg
Βιταμίνη C	0,5 mg
Ασβέστιο	6 mg
Σίδηρος	0,42 mg
Μαγνήσιο	2 mg
Φώσφορος	4 mg
Κάλιο	52 mg
Νάτριο	4 mg
Ψευδάργυρος	0,22 mg

Στο μέλι υπάρχει ποικιλία ενζύμων όπως οξειδάση, ινβερτάση, αμυλάση, καταλάση. Ωστόσο, τα κύρια ένζυμα στο μέλι είναι η ινβερτάση (σακχαράση), η διαστάση (αμυλάση) και η οξειδάση της γλυκόζης. Έχουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό του μελιού. Το ένζυμο οξειδάση γλυκόζης παράγει υπεροξειδίο του υδρογόνου (το οποίο παρέχει αντιμικροβιακές ιδιότητες) μαζί με γλυκονικό οξύ από τη γλυκόζη που βοηθά στην απορρόφηση του ασβεστίου. Η Ινβερτάση μετατρέπει τη σακχαρόζη σε φρουκτόζη και γλυκόζη. Η δεξτρίνη και η μαλτόζη παράγονται από μακρές αλυσίδες αμύλου με τη δράση του ενζύμου αμυλάσης. Η καταλάση βοηθά στην παραγωγή οξυγόνου και νερού από υπεροξειδίο του υδρογόνου (Bansal, et al., 2005).

## **1.2 Φυσικές ιδιότητες του φυσικού μελιού**

Το μέλι έχει πολλές σημαντικές ιδιότητες εκτός από τη σύστασή του και τη γεύση. Το φρεσκοκομμένο μέλι είναι ένα παχύρρευστο υγρό. Το ιξώδες του εξαρτάται από μεγάλη ποικιλία ουσιών και συνεπώς ποικίλλει ανάλογα με τη σύνθεσή του και ιδιαίτερα με την περιεκτικότητα σε νερό. Η υγροσκοπικότητα είναι μια άλλη ιδιότητα του μελιού και περιγράφει την ικανότητά του να απορροφά και να συγκρατεί την υγρασία από το περιβάλλον. Το κανονικό μέλι με περιεκτικότητα σε νερό 18,8% ή λιγότερο θα απορροφά από τον αέρα σχετική υγρασία άνω του 60%. Η επιφανειακή τάση του μελιού ποικίλλει ανάλογα με την προέλευση του μελιού και πιθανώς οφείλεται σε κολλοειδείς ουσίες. Μαζί με το υψηλό ιξώδες, είναι υπεύθυνη για τα χαρακτηριστικά αφρισμού του μελιού (Olaitan, et al., 2007).

Το χρώμα του μελιού όταν είναι υγρό, ποικίλλει με αποχρώσεις από διαυγές και άχρωμο (όπως το νερό) έως σκούρο στο χρώμα που έχει το κεχριμπάρι ή μαύρο. Το χρώμα ποικίλλει ανάλογα με τη βοτανική προέλευση, την ηλικία και τις συνθήκες αποθήκευσης, αλλά η διαφάνεια ή η ομοιομορφία εξαρτάται από την ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων όπως η γύρη.

Μόλις παγώσει και κρυσταλλωθεί, το μέλι γίνεται ανοιχτότερο στο χρώμα επειδή οι κρύσταλλοι γλυκόζης είναι λευκοί. Η κρυστάλλωση του μελιού προκύπτει από το σχηματισμό μονοένυδρων κρυστάλλων γλυκόζης, οι οποίοι ποικίλλουν σε αριθμό, σχήμα, διάσταση και ποιότητα ανάλογα με τη σύνθεση και τις συνθήκες αποθήκευσης του μελιού. Όσο χαμηλότερο είναι το νερό και όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε γλυκόζη του μελιού, τόσο πιο γρήγορη είναι η κρυστάλλωση (Olaitan, et al., 2007).

## **1.3 Παραδοσιακές χρήσεις φυσικού μελιού**

Η χρήση του μελιού από τον άνθρωπο αναφέρεται πριν από περίπου 8.000 χρόνια, όπως απεικονίζεται από πίνακες ζωγραφικής της εποχής του λίθου (Bansal, et al., 2005). Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, Ασσύριοι, Κινέζοι, Έλληνες και Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν μέλι για πληγές και ασθένειες του εντέρου (Al-Jabri, 2005). Ευεργετικά αποτελέσματα του μελιού που έχουν αναφερθεί από αρχαίους λαούς είναι τα παρακάτω:

### Μέλι στην αρχαία Αίγυπτο

Το μέλι ήταν το πιο δημοφιλές αιγυπτιακό φάρμακο που αναφέρεται 500 φορές σε 900 θεραπείες (Al-Jabri, 2005). Η συνταγή για ένα τυπικό αλάτι πληγής που ανακαλύφθηκε στον πάπυρο Σμιθ (ένα αιγυπτιακό κείμενο που χρονολογείται μεταξύ 2600 και 2200 π.Χ.) απαιτεί ένα μείγμα γράσου, μελιού και ίνας όπως μεταγράφεται από ιερογλυφικά

σύμβολα (Bansal, et al., 2005). Σχεδόν όλα τα αιγυπτιακά φάρμακα περιείχαν μέλι μαζί με κρασί και γάλα. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι πρόσφεραν μέλι στις θεότητες τους ως θυσία (<http://www.honey-health.com/honey-34.shtml>). Χρησιμοποίησαν επίσης μέλι για την τακτοποίηση των νεκρών. Το μέλι χρησιμοποιήθηκε για τις αντιβακτηριακές του ιδιότητες που βοηθούσαν στην επούλωση των μολυσμένων πληγών. Επιπλέον, το μέλι χρησιμοποιήθηκε ως τοπική αλοιφή.

#### Μέλι στην αρχαία Ελλάδα

Το οινόμελο είναι ένα αρχαίο ελληνικό ποτό που αποτελείται από μέλι και χυμό σταφυλιών. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ως λαϊκή θεραπεία για ουρική αρθρίτιδα και ορισμένες νευρικές διαταραχές. Ο Ιπποκράτης, ο μεγάλος Έλληνας επιστήμονας, συνταγογράφησε μια απλή διατροφή, αναφέροντας το μέλι που χορηγείται ως οξύμελο (ξύδι και μέλι) για πόνο, το υδρόμελο (νερό και μέλι) για τη δίψα και ένα μείγμα μελιού, νερού και διαφόρων φαρμακευτικών ουσιών για οξύ πυρετό (Zumla, Lulat, 1989). Επίσης χρησιμοποίησε μέλι για φαλάκρα, αντισύλληψη, επούλωση πληγών, καθαρτική δράση, βήχα και πονόλαιμο, παθήσεις των ματιών, τοπική αντισηψία, πρόληψη και θεραπεία ουλών (Bansal, et al., 2005).

#### Μέλι στην ισλαμική ιατρική

Στο ισλαμικό ιατρικό σύστημα, το μέλι θεωρείται ένα υγιεινό ποτό. Το ιερό Κοράνι απεικονίζει έντονα τη δυνητική θεραπευτική αξία του μελιού: «Και ο Κύριος δίδαξε τη μέλισσα να χτίζει τα κελιά της σε λόφους, σε δέντρα ..... από μέσα στο σώμα τους ένα ποτό διαφορετικών χρωμάτων, όπου θεραπεύει τους άντρες». Επιπλέον, ο μουσουλμάνος προφήτης Μωάμεθ συνέστησε τη χρήση μελιού για τη θεραπεία της διάρροιας. Ο Avicenna, ο μεγάλος Ιρανός επιστήμονας και γιατρός, πριν από σχεδόν 1000 χρόνια, είχε συστήσει το μέλι ως μια από τις καλύτερες θεραπείες για τη θεραπεία της φυματίωσης (Asadi-Pooya, et al., (2003).

### **1.3.1 Μέλι στη σύγχρονη ιατρική**

#### Αντιμικροβιακές ιδιότητες του μελιού

Η αντιβακτηριακή δραστηριότητα του μελιού είναι ένα από τα πιο σημαντικά ευρήματα που αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά το 1892 από τον van Ketel (Dustmann, 1979). Έχει αναφερθεί ότι το μέλι έχει ανασταλτική επίδραση σε περίπου 60 είδη βακτηρίων, συμπεριλαμβανομένων αερόβιων και αναερόβιων, θετικά και αρνητικά κατά gram (Olaitan, et al., 2007). Τα παθογόνα που είναι ευαίσθητα στις αντιμολυσματικές ιδιότητες του μελιού είναι πολλαπλά και αφορούν στα: *Bacillus*

*anthracis*, *Corynebacterium diphtheriae*, *Haemophilus influenzae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Pasteurella multocida*, *Yersinia enterocolitica*, *Proteus species*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp*, *Salmonella* (διάρροια), *Sal. typhi*, *Serratia marcescens*, *Shigella* (δυσεντερία), *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Strep. mutans*, *Strep. pneumoniae*, *Strep. pyogenes* και *Vibrio cholerae* (Olaitan, et al., 2007; Jeffrey, Echazarreta, 1996; Asadi-Pooya, et al., 2003). Προηγουμένως, ένας μικρός αριθμός περιπτώσιολογικών μελετών που εξέταζαν την αντιμικροβιακή δράση του μελιού έναντι του σταφυλόκοκκου, ανθεκτικού στη μεθικιλίνη, έδειξαν ότι το φυσικό μέλι είχε επαρκή αντιβακτηριακή ισχύ ώστε να μπορεί να σταματήσει την ανάπτυξη των βακτηρίων εάν αραιωθεί τουλάχιστον εννέα φορές και έως 56 φορές για το *Staphylococcus aureus*, το πιο κοινό παθογόνο (Molan, 2001). Έχει αναφερθεί ότι αραιωμένο μέλι αντιμετωπίζει λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος που προκαλούν τα βακτηριακά ήδη *E. coli*, *Proteus* και *Strep. faecalis*, βρέθηκαν επίσης, ευαίσθητα στην αντιβακτηριακή δράση του μελιού (Meda, et al., 2004). Τα βακτήρια *Pylori* που προκαλούν γαστρίτιδα έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλονται από ένα διάλυμα μελιού 20%. Σε αντίθεση με τα περισσότερα συμβατικά αντιβιοτικά, έχει αναφερθεί ότι η δόση του μελιού δεν οδηγεί στην ανάπτυξη ανθεκτικών στα αντιβιοτικά βακτηρίων και μπορεί να χρησιμοποιείται συνεχώς (Emsen, 2007).

Το μέλι μπορεί να δρα τόσο ως βακτηριοστατικό (διάλυμα ζάχαρης που μιμείται τη σύνθεση του μελιού) όσο και ως βακτηριοκτόνο ανάλογα με τη συγκέντρωση που χρησιμοποιείται. Επιπλέον, τα πτητικά, οργανικά οξέα, η λυσοζύμη, το κερι μέλισσας, το νέκταρ, η γύρη και η πρόπολη είναι σημαντικοί χημικοί παράγοντες που παρέχουν αντιβακτηριακές ιδιότητες στο μέλι (Bansal, et al., 2005; Küçük, et al., 2007). Το μέλι περιέχει επίσης ολιγοσακχαρίτες σε μικρές ποσότητες. Οι Shin & Ustunol (2005) συσχετίζουν τη σύνθεση σακχάρου του μελιού από διαφορετικές φυτικές πηγές με την αναστολή ανάπτυξης διαφόρων εντερικών βακτηρίων (Basualdo, et al., 2007). Επιπλέον, αναφέρεται ότι ένα μέρος της αντιβακτηριακής δραστηριότητας μπορεί να αποδοθεί στα συστατικά φυτικής προέλευσης (Küçük, et al., 2007).

Όλοι αυτοί οι φυσικοί και χημικοί παράγοντες δίνουν στο μέλι μοναδικές ιδιότητες για την επικάλυψη πληγών παρέχοντας ταχεία κάθαρση λοιμώξεων, ταχεία επούλωση των πληγών, ταχεία καταστολή της φλεγμονής, ελαχιστοποίηση των ουλών

και διέγερση της αγγειογένεσης καθώς και κοκκοποίηση ιστών και ανάπτυξη επιθηλίου (Basualdo, et al., 2007).

#### Επούλωση των πληγών

Μία από τις πιο μελετημένες και πιο αποτελεσματικές χρήσεις του μελιού βρίσκεται στην επούλωση των πληγών. Οι Ρώσοι χρησιμοποίησαν μέλι στον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο για να αποτρέψουν τη μόλυνση των πληγών και να επιταχύνουν την επούλωση των πληγών. Οι Γερμανοί συνδύασαν το λάδι και το μέλι του μπακαλιάρου για τη θεραπεία ελκών, εγκαυμάτων, συριγγίων και βράσεων (Bansal, et al., 2005). Σχεδόν όλοι οι τύποι τραυμάτων όπως γδαρσίματα, απόστημα, ακρωτηριασμός, πληγές / έλκη, εγκαύματα, κηλίδες, κοιλιακή πληγή, συρίγγια, διαβήτης, κακοήθειες, λέπρα, τραχηλίτιδα, κισώδη έλκη, σηπτικές πληγές, χειρουργική πληγή ή οι πληγές του κοιλιακού τοιχώματος και του περινέου βρέθηκαν να ανταποκρίνονται στη θεραπεία με μέλι. Η εφαρμογή του μελιού ως επιδέσμου σε πληγές οδηγεί σε διέγερση της διαδικασίας επούλωσης και καθαρίζει γρήγορα τη μόλυνση (Eteraf-Oskouei, Najafi, 2013).

#### Καθαριστική δράση

Το μέλι καθαρίζει τις πληγές, διεγείρει την αναγέννηση των ιστών και μειώνει τη φλεγμονή (Bansal, et al., 2005). Ο ακριβής μοριακός μηχανισμός της επούλωσης πληγών χρησιμοποιώντας μέλι δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί. Ωστόσο, γίνονται πολλές συστάσεις σχετικά με την κατάλληλη επικάλυψη πληγών με μέλι. Ο τύπος της πληγής και ο βαθμός σοβαρότητας θα επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα. Το επιλεγμένο μέλι πρέπει να χρησιμοποιείται σε επαρκείς ποσότητες έτσι ώστε να παραμένει εκεί εάν αραιωθεί με εξιδρώματα πληγών. Πρέπει να καλύπτει και να εκτείνεται πέρα από τα περιθώρια του τραύματος. Σε εγκαύματα, έχει μια αρχική καταπραϋντική και μετέπειτα ταχεία επούλωση. Δεν έχει αναφερθεί λοίμωξη από την εφαρμογή του μελιού σε ανοιχτές πληγές. Έχει πιθανό θεραπευτικό ρόλο στη θεραπεία της ουλίτιδας και της περιοδοντικής νόσου. Η επικάλυψη μελιού επιταχύνει τη διαδικασία επούλωσης, αποστειρώνει την πληγή και μειώνει τον πόνο (Subrahmanyam, 1991).

Το μέλι χρησιμοποιείται επιτυχώς για τη θεραπεία των ελκών μετά από ριζική χειρουργική επέμβαση για καρκίνωμα του μαστού και των κισών. Σε ασθενείς με μετεγχειρητικές λοιμώξεις τραύματος μετά από καισαρική τομή ή υστερεκτομή, η τοπική εφαρμογή μελιού προκαλεί ταχύτερη εξάλειψη βακτηριακών λοιμώξεων, μειώνει τη χρήση αντιβιοτικών και την παραμονή στο νοσοκομείο, επιταχύνει την επούλωση των πληγών και οδηγεί σε ελάχιστο σχηματισμό ουλής (Al-Waili, 2005).

Μια ασυνήθιστη εφαρμογή του μελιού ήταν η χρήση του ως μέσου επιβεβαίωσης της παρουσίας ιλαράς στα πρώτα στάδια της ασθένειας (Meda, et al., 2004).

Η εξαιρετικά γρήγορη επίδραση του μελιού στον καθαρισμό των πληγών οφείλεται στο συνδυασμό της οσμωτικής εκροής και της βιοδραστικής επίδρασης του μελιού. Το ένζυμο οξειδάση της γλυκόζης του μελιού παρέχει γλυκόζη στα λευκοκύτταρα, η οποία είναι απαραίτητη για την παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου κατά την αναπνοή, που οδηγεί σε αντιβακτηριακή δράση των μακροφάγων. Η οξύτητα του μελιού βοηθά περαιτέρω στην αντιβακτηριακή δράση (Efem, 1988). Η παρουσία ενός ευρέος φάσματος αμινοξέων, βιταμινών και ιχνοστοιχείων έχουν επίσης άμεση θετική επίδραση στην αναγέννηση των ιστών. Σε πρόσφατες έρευνες, αναφέρεται ότι ο πολλαπλασιασμός των Β-λεμφοκυττάρων του περιφερικού αίματος και των Τ-λεμφοκυττάρων σε κυτταροκαλλιέργειες διεγείρεται από μέλι σε συγκεντρώσεις τόσο χαμηλές όσο 0,1% και το ίδιο ισχύει με τα φαγοκύτταρα που ενεργοποιούνται από το μέλι σε συγκεντρώσεις 0,1% (Olaitan, et al., 2007).

#### Ασθένειες του γαστρεντερικού σωλήνα

Το μέλι χορηγείται στοματικά για τη θεραπεία και την προστασία από γαστρεντερικές λοιμώξεις όπως γαστρίτιδα, δωδεκαδάκτυλος και γαστρικό έλκος που προκαλείται από βακτήρια και ροταϊό (Tonks, et al., 2001). Η προσκόλληση βακτηρίων στα επιθηλιακά κύτταρα του βλεννογόνου θεωρείται το αρχικό γεγονός στην ανάπτυξη βακτηριακών λοιμώξεων του γαστρεντερικού σωλήνα. Ο αποκλεισμός της προσκόλλησης παθογόνων μικροοργανισμών στο εντερικό επιθήλιο αντιπροσωπεύει μια πιθανή στρατηγική για την πρόληψη ασθενειών. Οι Alnaqdy et al (2005) απέδειξαν ότι η πρόληψη της προσκόλλησης από βακτήρια που προκαλείται από το μέλι ήταν μέσω της επίδρασης στα βακτήρια και όχι στα επιθηλιακά κύτταρα. Υπάρχουν αρκετές πιθανές εξηγήσεις για την πρόληψη της προσκόλλησης των βακτηρίων που αποδεικνύεται από το μέλι: (α) μη ειδική μηχανική αναστολή ίσως μέσω της επικάλυψης των βακτηρίων από το μέλι, (β) μερικά από τα συστατικά του μελιού, μπορεί να μεταβάλλουν το βακτηριακό φορτίο ή την υδροφοβικότητα που συσχετίζονται με την αλληλεπίδραση βακτηρίων - κύτταρα ξενιστές ή (γ) θανάτωση βακτηρίων από τους αντιβακτηριακούς παράγοντες που υπάρχουν στο μέλι (Alnaqdy, et al., 2005). Η διάρροια και η γαστρεντερίτιδα βρέθηκαν να υποχωρούν γρήγορα με το μέλι (Bansal, et al., 2005). Σε συγκέντρωση 5% (ο / ο), το μέλι μείωσε τη διάρκεια της διάρροιας σε περιπτώσεις βακτηριακής γαστρεντερίτιδας αλλά δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στην ιική γαστρεντερίτιδα.



### Μυκητιακές λοιμώξεις

Έχει αναφερθεί ότι το μέλι έχει ανασταλτική δράση στους μύκητες. Το καθαρό μέλι αναστέλλει την ανάπτυξη των μυκήτων και το αραιωμένο μέλι φαίνεται ικανό να αναστέλλει την παραγωγή τοξινών. Έχει επίσης παρατηρηθεί αντιμυκητιασική δράση για ορισμένους ζυμομύκητες και είδη *Aspergillus* και *Penicillium*, καθώς και όλα τα κοινά δερματόφυτα (Brady, et al., 1997). Η καντιντίαση, που προκαλείται από *Candida albicans*, μπορεί να αντιμετωπιστεί με το μέλι (Bansal, et al., 2005). Δερματικές και επιφανειακές μυκητιάσεις όπως το πόδι των αθλητών ανταποκρίνονται θετικά στο μέλι. Αυτή η ανταπόκριση οφείλεται αφενός στην αναστολή της ανάπτυξης μυκήτων και αφετέρου στην αναστολή βακτηριακής λοίμωξης (Bansal, et al., 2005). Επιπλέον, ορισμένες μελέτες έχουν αναφέρει ότι η τοπική εφαρμογή του μελιού ήταν αποτελεσματική στη θεραπεία της σμηγματορροϊκής δερματίτιδας και πιτυρίδας (Al-Waili, 2001).

### Αντιικά αποτελέσματα του μελιού

Εκτός από τα αντιβακτηριακά και αντιμυκητιασικά αποτελέσματα, το φυσικό μέλι έχει δείξει αντιική δράση. Ο Al-Waili (2004) διερεύνησε την επίδραση της τοπικής εφαρμογής μελιού σε επαναλαμβανόμενες μολύνσεις έρπητα και συμπέρανε ότι η τοπική εφαρμογή μελιού ήταν ασφαλές και αποτελεσματικό όπλο στη διαχείριση των σημαδιών και συμπτωμάτων από έρπητα χειλιών και γεννητικών οργάνων σε σύγκριση με την κρέμα acyclovir. Το μέλι έχει επίσης αναφερθεί ότι έχει ανασταλτικές επιδράσεις στη δραστηριότητα του ιού της ερυθράς (Al-Waili, 2004).

### Οφθαλμολογία και μέλι

Το μέλι χρησιμοποιείται παγκοσμίως για τη θεραπεία διαφόρων οφθαλμολογικών παθήσεων όπως η βλεφαρίτιδα, η κερατίτιδα, η επιπεφυκίτιδα, οι τραυματισμοί του κερατοειδούς, τα χημικά και θερμικά εγκαύματα στα μάτια (Meda, et al., 2004). Η εφαρμογή του μελιού στη μολυσματική επιπεφυκίτιδα μειώνει την ερυθρότητα, το πρήξιμο, την απόρριψη πύου και το χρόνο για την βακτηριακή εξάλειψη (Bansal, et al., 2005; Al-Waili, 2004).

### Μέλι και διαβήτης

Η χρήση μελιού στον διαβήτη τύπου I και τύπου II συσχετίστηκε με σημαντικά χαμηλότερο γλυκαιμικό δείκτη από ό, τι με τη γλυκόζη ή τη σακχαρόζη στον κανονικό διαβήτη. Το μέλι σε σύγκριση με τη δεξτρόζη προκάλεσε σημαντικά χαμηλότερη αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο πλάσμα σε διαβητικά άτομα. Προκάλεσε επίσης μείωση των λιπιδίων στο αίμα, στα επίπεδα ομοκυστεΐνης και C-αντιδρώσας πρωτεΐνης

(CRP) σε φυσιολογικά και υπερλιπιδαιμικά άτομα (Bansal, et al., 2005; Al-Waili, et al., 2004). Σε προηγούμενες παρατηρήσεις, βρέθηκε ότι το μέλι διεγείρει την έκκριση ινσουλίνης, μειώνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, αυξάνει τη συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης και βελτιώνει το προφίλ των λιπιδίων (Al-Waili, 2004).

#### Το μέλι ως συντηρητικό τροφής και προβιοτικό

Το υπεροξειδίο του υδρογόνου και τα μη υπεροξειδία συστατικά όπως τα αντιοξειδωτικά βρέθηκε να αναστέλλουν την ανάπτυξη των *Shigella*, *Listeria monocytogenes* και *Staph. aureus* βοηθώντας στη διατήρηση των τροφίμων. Ωστόσο, το *Clostridium botulinum* μπορεί να υπάρχει σε μικρές ποσότητες μελιού. Έχει καλές δυνατότητες να χρησιμοποιηθεί ως φυσική πηγή αντιοξειδωτικών για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων του μαυρίσματος κατά την επεξεργασία φρούτων και λαχανικών (Bansal, et al., 2005; Chen, et al., 2000).

Συνιστά συμπλήρωμα που τροποποιεί την ισορροπία της εντερικής μικροχλωρίδας διεγείροντας την ανάπτυξη και τη δραστηριότητα των ευεργετικών μικροοργανισμών και καταστέλλοντας δυνητικά επιβλαβή βακτήρια. Το μέλι θεωρείται ότι είναι ένα κατάλληλο γλυκαντικό στα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση χωρίς να αναστέλλει την ανάπτυξη κοινών βακτηρίων όπως το *Strep thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lacto. delbruekii* και *Bifidobacterium bifidum* που είναι σημαντικά για τη διατήρηση της υγείας της γαστρεντερικής οδού (Chow, 2002).

#### Αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα του μελιού

Σε μια πρόσφατη έρευνα, αναφέρθηκε ότι το μέλι μειώνει τις δραστηριότητες της κυκλοοξυγενάσης-1 και της κυκλοοξυγενάσης-2, δείχνοντας έτσι αντιφλεγμονώδη δράση (Markelov, Trushin, 2004). Το μέλι παρουσιάζει επίσης ανοσορρυθμιστικές δραστηριότητες (Al-Waili, 2003). Επιπλέον, η πρόσληψη αραιωμένου φυσικού μελιού μείωσε τις συγκεντρώσεις προσταγλανδινών όπως PGE2, PGF2a και θρομβοξάνη B2 στο πλάσμα φυσιολογικών ατόμων (Al-Waili, et al., 2003). Οι τραυματισμοί που υποβάλλονται σε θεραπεία με μέλι δείχνουν λιγότερο οίδημα, διείσδυση λιγότερων κοκκωδών και μονοπύρηνων κυττάρων, λιγότερη νέκρωση, καλύτερη συστολή του τραύματος, βελτιωμένη επιθηλίωση και χαμηλές συγκεντρώσεις γλυκοζαμινογλυκάνης και πρωτεογλυκάνης. Επιπλέον, μειώνει τη φλεγμονή και την εφίδρωση, προωθεί την επούλωση, μειώνει το μέγεθος της ουλής και διεγείρει την αναγέννηση των ιστών (Al-Waili, et al., 2003). Το μέλι έχει επίσης αναφερθεί ότι αντιμετωπίζει το έκζεμα, την ψωρίαση και την πιτυρίδα (Al-Waili, et al., 2003; Al-Waili, 2003). Τα φάρμακα για τη

θεραπεία της φλεγμονής έχουν σοβαρούς περιορισμούς: τα κορτικοστεροειδή καταστέλλουν την ανάπτυξη των ιστών και καταστέλλουν την ανοσολογική απόκριση και τα μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα είναι επιβλαβή για τα κύτταρα, ειδικά στο στομάχι. Ωστόσο, το μέλι έχει αντιφλεγμονώδη δράση χωρίς ανεπιθύμητες παρενέργειες (Molan, 2001).

#### Αντιοξειδωτική δράση του μελιού

Είναι γνωστό, πλέον, ότι οι ελεύθερες ρίζες προκαλούν μοριακούς μετασχηματισμούς και γονιδιακές μεταλλάξεις σε πολλούς τύπους οργανισμών. Το οξειδωτικό στρες προκαλεί πολλές ασθένειες (Storz, Imlay, 1999) και οι επιστήμονες σε πολλούς διαφορετικούς κλάδους έχουν δείξει ενδιαφέρον για φάρμακα που προέρχονται από τη φύση και που θα μπορούσαν να παρέχουν ενεργά συστατικά για την πρόληψη ή τη μείωση των αντίστοιχων ασθενειών (Yan, et al., 2002).

Το φυσικό μέλι περιέχει πολλά φλαβονοειδή (η απιγενίνη, η pinocembrin, η καφεφερόλη, η κουερσετίνη, η γαλανγίνη, η χρυσίνη και η εσπερετίνη), φαινολικά οξέα (ελλαγικό, καφεϊκό, ρ-κουμαρικό και φουρουλικό οξύ), ασκορβικό οξύ, τοκοφερόλες, καταλάση, **δισμουτάση του υπεροξειδίου του υδρογόνου (SOD)**, μειωμένη γλουταθειόνη, προϊόντα της αντίδρασης Maillard και πεπτίδια. Οι περισσότερες από τις παραπάνω ενώσεις συνεργάζονται και παρέχουν συνεργιστική αντιοξειδωτική δράση (Rakha, et al., 2008). Ως εκ τούτου, έχει προταθεί ότι το μέλι, ως φυσικό αντιοξειδωτικό, μπορεί να χρησιμεύσει ως εναλλακτική λύση για ορισμένα συντηρητικά όπως το τριπολυφωσφορικό νάτριο που χρησιμοποιείται στη συντήρηση των τροφίμων για να καθυστερήσει την οξείδωση των λιπιδίων (Johnston, et al., 2005).

Η βοτανική προέλευση του μελιού έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην αντιοξειδωτική του δράση, ενώ η επεξεργασία, ο χειρισμός και η αποθήκευση επηρεάζουν την αντιοξειδωτική δράση του μελιού μόνο σε μικρό βαθμό (Beretta, et al., 2005). Η αντιοξειδωτική δράση συσχετίζεται έντονα με το περιεχόμενο των συνολικών φαινολικών ενώσεων (Blasa, et al., 2006). Εκτός αυτού, βρέθηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της αντιοξειδωτικής δράσης και του χρώματος του μελιού. Πολλοί ερευνητές διαπίστωσαν ότι το σκούρο μέλι έχει υψηλότερη συνολική φαινολική περιεκτικότητα και κατά συνέπεια υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα (Bertoncelj, et al., 2007).

#### Καρδιαγγειακές παθήσεις

Η ισχαιμική καρδιακή νόσος είναι μια από τις μεγαλύτερες απειλές, καθώς προκαλεί περισσότερους θανάτους και αναπηρίες και συνεπάγεται μεγαλύτερο οικονομικό κόστος από οποιαδήποτε άλλη ασθένεια στον ανεπτυγμένο κόσμο (Selwyn,

Braunwald, 2004). Οι αρρυθμίες και το έμφραγμα του μυοκαρδίου είναι σοβαρές εκδηλώσεις της στεφανιαίας νόσου. Κατά τη διάρκεια χειρουργείου και του εμφράγματος, οι κοιλιακές αρρυθμίες όπως η κοιλιακή ταχυκαρδία και η κοιλιακή μαρμαρυγή είναι οι σημαντικότερες αιτίες θνησιμότητας (Selwyn, Braunwald, 2004). Κατά τη διαχείριση τέτοιων καταστάσεων, η φαρμακευτική θεραπεία (ειδικά τα αντιαρρυθμικά φάρμακα) μπορεί να σώζει ζωές. Από την άλλη πλευρά, οι κίνδυνοι αντι-αρρυθμικών φαρμάκων (όπως θανατηφόρες αρρυθμίες σε ορισμένους ασθενείς) έχουν οδηγήσει σε περιορισμό της χορήγησης αντι-αρρυθμικών φαρμάκων (Katzung, 2012). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ισχυροποιείται η τάση χρήσης φαρμάκων που έχουν λιγότερες δυσμενείς επιπτώσεις και περισσότερη αποτελεσματικότητα. Το φυσικό μέλι αν και έχει χρησιμοποιηθεί για ιατρικούς σκοπούς και κατά την αρχαιότητα (Ahmed et al., 2003), στην περίπτωση των καρδιαγγειακών παθήσεων, οι περισσότερες μελέτες αφορούν σε ζώα και επικεντρώθηκαν κυρίως στις επιδράσεις του μελιού έναντι καρδιαγγειακών παραγόντων κινδύνου όπως η υπερλιπιδαιμία και η παραγωγή ελευθέρων ριζών (Yaghoobi, et al., 2008). Καθώς τα αντιοξειδωτικά που υπάρχουν στο μέλι περιλαμβάνουν βιταμίνη C, μονοφαινολικά, φλαβονοειδή και πολυφαινόλες, η τακτική πρόσληψη φλαβονοειδών σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Τα φλαβονοειδή μειώνουν τον κίνδυνο CHD με τρεις κύριες ενέργειες: α) βελτίωση της στεφανιαίας αγγειοδιαστολής, β) μείωση της ικανότητας των αιμοπεταλίων στο αίμα να πήζουν και γ) αποτροπή της οξείδωσης της χαμηλής πυκνότητας χοληστερόλης LDL (Khalil, Sulaiman, 2010). Σε 38 υπέρβαρα άτομα, διερευνήθηκε η επίδραση του φυσικού μελιού στα επίπεδα ολικής χοληστερόλης, υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (καλή χοληστερόλη), στην τριακυλογλυκερόλη, την C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (CRP), τη γλυκόζη στο αίμα και το σωματικό βάρος. Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι η λήψη 70 g φυσικού μελιού για 30 ημέρες προκάλεσε μείωση της ολικής χοληστερόλης, της τριακυλογλυκερόλης και στη CRP ( $P < 0,05$ ). Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το φυσικό μέλι μειώνει τους καρδιαγγειακούς παράγοντες κινδύνου, ιδιαίτερα σε άτομα με αυξημένους παράγοντες κινδύνου και δεν αυξάνει το σωματικό βάρος σε υπέρβαρα ή παχύσαρκα άτομα (Yaghoobi, et al., 2008).

Επιπρόσθετα, η αύξηση της ινσουλίνης και των επιπέδων CRP ήταν σημαντικά υψηλότερα μετά την πρόσληψη γλυκόζης από ό, τι μετά την κατανάλωση μελιού. Σε ασθενείς με υπερτριγλυκεριδαιμία (διαβητικοί τύπου II), το τεχνητό μέλι αύξησε τα τριγλυκερίδια (TG), ενώ το φυσικό μέλι μείωσε τα τριγλυκερίδια (TG). Σε ασθενείς με

υπερλιπιδαιμία, το τεχνητό μέλι αύξησε τα επίπεδα της χαμηλής χοληστερόλης, ενώ το φυσικό μέλι τα μείωσε. Σε διαβητικούς ασθενείς, το μέλι σε σύγκριση με τη δεξτρώζη προκάλεσε σημαντικά χαμηλότερη αύξηση της γλυκόζης στο πλάσμα. Το μέλι μπορεί να περιέχει μεταβολίτες νιτρικού οξειδίου (NO) και τα αυξημένα επίπεδα NO στο μέλι μπορεί να έχουν προστατευτική λειτουργία σε καρδιαγγειακές παθήσεις (Yaghoobi, et al., 2008).

Επιπλέον, έχει αναφερθεί πως το μέλι μειώνει τη φλεβική αρτηριακή πίεση. Ερευνητές έχουν δείξει ότι το φυσικό μέλι μπορεί να λειτουργήσει προστατευτικά και θεραπευτικά κατά της καρδιακής και αγγειοκινητικής δυσλειτουργίας που προκαλείται από το αυξημένο στρες μέσω της υψηλής ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και των ενζυματικών και μη ενζυματικών αντιοξειδωτικών, και / ή έμμεσα διεγείροντας την απελευθέρωση οξειδίου του αζώτου από το ενδοθήλιο μέσω της επίδρασης της βιταμίνης C (Rakha, et al., 2008). Επιπλέον, όσον αφορά την αντιφλεγμονώδη δράση, το μέλι διεγείρει την αναγέννηση των ιστών και μειώνει τη φλεγμονή (Johnson, et al., 2005).

#### Άλλες χρήσεις του μελιού

Η θετική επίδραση του μελιού ως αντικαρκινογόνου παράγοντα αναφέρεται σε ορισμένες μελέτες (Molan, 2001). Το μέλι έχει δείξει αντινεοπλασματική δράση σε πειράματα που αφορούσαν στον καρκίνο της ουροδόχου κύστης. Το φυσικό μέλι μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη θεραπεία του πόνου στο στήθος, της κόπωσης και του ίλιγγου. Αυτό οφείλεται πιθανώς στην υψηλή περιεκτικότητα του μελιού σε ενέργεια παρέχοντας άμεσα διαθέσιμες θερμίδες μετά την κατανάλωσή του. Οφέλη έχουν επίσης παρατηρηθεί σχετικά με τη μείωση του πόνου και της μόλυνσης κατά την εξαγωγή δοντιών ή στην τερηδόνα (Molan, 2001). Σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην κεντρική Αφρική (Μπουρκίνα Φάσο), διαπιστώθηκε ότι οι κάτοικοι της περιοχής χρησιμοποιούν μέλι για τη θεραπεία αναπνευστικών παθήσεων, ιλαράς, πόνου περιόδου, μεταγεννητικών διαταραχών, ανδρικής ανικανότητας και φαρυγγίτιδας λόγω των αντιβακτηριακών και αντιφλεγμονωδών αποτελεσμάτων του (Meda, et al., 2004).

Σε έρευνα, η καθημερινή κατανάλωση μελιού έδειξε μια ποικιλία ευεργετικών επιδράσεων στους αιματολογικούς δείκτες, στα επίπεδα των μετάλλων στο αίμα και στα ένζυμα στο ενδοκρινικό σύστημα (Al-Waili, 2003). Σύμφωνα με τους Guerrini et al (2009), το μέλι ενεργεί ως προστατευτικός παράγοντας απέναντι σε βλάβες του DNA. Οι Kilicoglu et al (2008) εξέτασαν τις επιδράσεις του μελιού στο οξειδωτικό

στρες και την απόπτωση στον αποφρακτικό ίκτερο και διαπίστωσαν ότι το μέλι μείωσε τις αρνητικές επιπτώσεις της απόφραξης των χολαγγείων στο ήπαρ. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να οφείλεται στις αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις δραστηριότητές του (Kilicoglu, et al., 2008). Στον κυτταρικό καρκίνο του ήπατος, το μέλι μπορεί να θεωρηθεί πολλά υποσχόμενο για την αναστολή του πολλαπλασιασμού, τη δραστηριότητα πρωτεάσης και τη δραστηριότητα ζελατινάσης των κυττάρων HepG2 με ανεξάρτητο τρόπο (Abdel Aziz, et al., 2009). Οι Zaid et al (2010) έδειξαν ότι το μέλι θα μπορούσε να είναι μια εναλλακτική λύση στη θεραπεία αντικατάστασης ορμονών.

#### Ανεπιθύμητες επιπτώσεις του μελιού

Το μέλι είναι σχετικά απαλλαγμένο από δυσμενείς παρενέργειες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, περιγράφεται ως καταπραϋντικό, ανακουφιστικό του πόνου και μη ερεθιστικό. Η αλλεργία στο μέλι είναι σπάνια, αλλά μπορεί να υπάρξει αλλεργική αντίδραση είτε στη γύρη είτε στις πρωτεΐνες που βρίσκονται στο μέλι. Η υπερβολική χρήση του μελιού μπορεί να οδηγήσει σε αφυδάτωση. Θεωρητικός κίνδυνος αύξησης των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα μπορεί πάντα να υπάρχει όταν χρησιμοποιείται από διαβητικούς. Ο κίνδυνος αλλαντίασης σε τραύμα, λόγω της παρουσίας σπορίων *Clostridium botulinum* μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με ακτινοβολία γάμμα που θα σκοτώσει τα σπόρια της clostridia χωρίς απώλεια της αντιβακτηριακής δραστηριότητας του μελιού (Bansal, et al., 2005; Molan, Allen, 1996).

#### **1.4 Είδη μελιού στην Ελλάδα**

Τα είδη μελιού που παρατηρούνται στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα (Karabagias, et al., 2018):

1. Μέλι πεύκου: Οι κύριες περιοχές παραγωγής του, είναι η βόρεια Εύβοια, η Χαλκιδική, η Θάσος, η Σκόπελος, η Ζάκυνθος και η Ρόδος. Το μελιτωγόνο έντομο *Marchalina Hellenica*, ξεκινά την έκκριση από τα μέσα Αυγούστου σε μεγάλες ποσότητες και τελειώνει την επόμενη άνοιξη. Οι μέλισσες συλλέγουν κυρίως αυτές τις εκκρίσεις για την παραγωγή μελιού πεύκου από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο. Λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης των σακχάρων δεν είναι πολύ γλυκό, ενώ το άρωμά του μοιάζει με το άρωμα του ιωδίου. Το χρώμα του είναι πιο σκούρο από το θυμαρίσιο μέλι. Το μέλι πεύκου που παράγεται κατά την άνοιξη είναι ελαφρύτερο και πιο καθαρό από αυτό που παράγεται το Φθινόπωρο. Η κρυστάλλωση του μελιού πεύκου είναι πολύ αργή, καθώς η φυσική περιεκτικότητα σε γλυκόζη είναι χαμηλή. Το καθαρό μέλι πεύκου

παραμένει υγρό για περισσότερο από ενάμισι χρόνο. Είναι υψηλής θρεπτικής αξίας που είναι ενδεικτικό της υψηλής περιεκτικότητας σε τέφρα. Περιέχει επίσης μεγάλη ποσότητα διαφορετικών ουσιών. Το ελληνικό μέλι πεύκου έχει συνήθως μεγάλη περιεκτικότητα σε μέταλλα και αμέταλλα (ασβέστιο, μαγνήσιο, ψευδάργυρος, σίδηρος, χαλκός).

2. Μέλι έλατου: Αντιπροσωπεύει το 5% του μελιού που παράγεται στην Ελλάδα. Παράγεται κυρίως στις ορεινές περιοχές της Ευρυτανίας, της Πίνδου, του Ολύμπου, των βουνών Μαίναλο, του Πάρωνα Έλικον και του Χελμού στην Πελοπόννησο και το όρος Πάρνηθα στην Αττική. Έντομα που παρασιτούν στα έλατα όπως το *Cinara Confinis* και το *Physokermes Hemicryfus*, ζουν σε έλατα που παράγουν εκκρίσεις. Το μέλι από έλατο είναι ξεχωριστό για την πολύ καλή γεύση του και δεν έχει έντονο άρωμα. Το χρώμα του διαφέρει ανάλογα με την περιοχή προέλευσης. Η χαμηλή περιεκτικότητα σε γλυκόζη το βοηθά να μην κρυσταλλώνεται. Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα (κάλιο, μαγνήσιο, φώσφορο, σίδηρο). Περιέχει βιταμίνες σε πολύ μικρές ποσότητες, αλλά ακόμη και αυτή η μικρή ποσότητα βοηθά στην καλύτερη απορρόφηση των σακχάρων από το ανθρώπινο σώμα.
3. Μέλι καστανιάς: Η καστανιά είναι ευρέως διαδεδομένη σε όλη την ορεινή περιοχή της Ελλάδας. Έχει εξαιρετικής ποιότητας γύρης και παράγει εξαιρετικά θρεπτικό νέκταρ. Οι μελιτώδεις εκκρίσεις από τις αφίδες *Myzocallis castanicola*, ξεκινούν από τον Μάιο και διαρκούν έως τον Ιούλιο. Η γεύση του είναι ισχυρή, ελαφρώς πικρή με έντονο άρωμα. Το χρώμα του διαφέρει ανάλογα με την προέλευσή του και κυμαίνεται από ανοιχτό μέχρι σκούρο καφέ χρώμα και μερικές φορές κοκκινωπό στην περίπτωση του μελιτώματος. Η κρυστάλλωση σε κόκκους πραγματοποιείται μετά από 1-2 χρόνια. Είναι πλούσιο σε ιχνοστοιχεία. Έχει ιδιότητες εφίδρωσης, προάγει την κυκλοφορία του αίματος και έχει στυπτικές και απολυμαντικές ιδιότητες για το ουροποιητικό σύστημα.
4. Μέλι εσπεριδοειδών: Το μέλι από εσπεριδοειδή μαζί με το μέλι άλλων φρούτων είναι σχεδόν το 25% του ελληνικού μελιού. Τα εσπεριδοειδή καλλιεργούνται κυρίως στην Ήπειρο, την Πελοπόννησο, την Κρήτη και τα νησιά. Έχει ξεχωριστή γεύση με έντονο, υπέροχο άρωμα. Το χρώμα του είναι ανοιχτό κίτρινο και κρυσταλλώνεται πολύ γρήγορα, οπότε συνιστάται να καταναλώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Για να διατηρηθεί η θρεπτική

του αξία, αυτός ο τύπος μελιού πρέπει να καταναλώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα και να διατηρείται σε σκοτεινά μέρη, μακριά από υψηλές θερμοκρασίες.

5. Μέλι από θυμάρι: Η παραγωγή του αντιστοιχεί στο περίπου 10% της συνολικής παραγωγής μελιού στην Ελλάδα. Το θυμάρι ανθίζει για 30 έως 40 ημέρες ανάλογα με το έδαφος και τις καιρικές συνθήκες. Οι καλύτερες περιοχές που παράγουν θυμαρίσιο μέλι είναι τα ελληνικά νησιά και ειδικά η Κρήτη, τα Κύθηρα και τα Δωδεκάνησα. Το θυμαρίσιο μέλι έχει μια ευχάριστη γεύση, αλλά μερικές φορές λόγω της υψηλής συγκέντρωσης φρουκτόζης, αφήνει μια αίσθηση καψίματος στο στόμα.
6. Μέλι φράουλας: Φτιαγμένο από το νέκταρ του άνθους *Arbutus menziesii*, θεωρείται το πιο υγιεινό μέλι στον κόσμο, καλύτερο από το μέλι manuka, το μέλι sidr ή το μέλι tualang. Είναι σπάνιο, καθώς τα λουλούδια διαρκούν μόνο για λίγο το φθινόπωρο. Η γεύση του μελιού της φράουλας στην αρχή είναι γλυκιά αλλά καταλήγει πικρή. Το χρώμα του είναι σκούρο πορτοκαλί όταν είναι φρέσκο και ανοιχτό σκούρο όταν κρυσταλλώνεται.

#### **1.4.1 Παραγωγή και εμπόριο μελιού στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα, το μέλι συνιστά ένα από τα προϊόντα με υψηλή διεθνή αναγνώριση λόγω της υψηλής ποιότητας, της υπέροχης γεύσης και του εξαιρετικού αρώματος. Οι Έλληνες παραγωγοί μελιού είναι πολλοί και η χώρα διαθέτει τις περισσότερες κυψέλες ανά στρέμμα από οποιαδήποτε άλλη ευρωπαϊκή χώρα με μελισσοκομική πυκνότητα περίπου 11,1 κυψέλες μελισσών ανά χιλιόμετρο.

Η Ελλάδα είναι μία από τις πλουσιότερες χώρες, όσον αφορά τη βιοποικιλότητα, με σημαντική ποσότητα μοναδικών ιθαγενών φυτών που δεν βρίσκονται πουθενά αλλού στον κόσμο (εκτιμάται ότι το 18% του συνολικού αριθμού φυτών είναι ενδημικά στην Ελλάδα). Το ελληνικό μέλι οφείλει τα μοναδικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της ελληνικής γης αποτελείται από δάση και άγρια οικοσυστήματα. Πολλά από τα φυτά που βρίσκονται στην Ελλάδα είναι αρωματικά και φαρμακευτικά βότανα, που μεταφέρουν τις ιδιότητές τους στο μέλι. Συγκεκριμένα, οι ποικιλίες του μελιού που βρέθηκαν να ξεπερνούν την ποιότητα του μελιού Manuka ήταν αυτές που παράγονται από μέλισσες που τρέφονται με βελανιδιά, έλατο, ρείκι, καστανιές, πεύκα, θυμάρι και άνθη πορτοκαλιού. Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες των προαναφερθεισών ποικιλιών μελιού μπορούν να είναι χρήσιμες στην



εξάλειψη των ελεύθερων ριζών που ευθύνονται για την καταστροφή των κυττάρων που οδηγεί σε ασθένειες όπως ο καρκίνος.

Το ελληνικό κλίμα είναι συνήθως μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες και μεγάλες, ξηρές, ζεστές καλοκαιρινές περιόδους, παρέχοντας ιδανικές κλιματικές συνθήκες για την ανάπτυξη της μελισσοκομίας και επιτρέποντας την παραγωγή μελιού σχεδόν παντού στη χώρα. Η παγκόσμια κρίση που αφορά την υψηλή θνησιμότητα των μελισσών στις ευρωπαϊκές χώρες δεν έχει αγγίξει ακόμη την Ελλάδα. Οι λόγοι είναι γιατί αυτό είναι πως μόνο ένα μέρος των μελισσών προμηθεύεται τροφή σε καλλιέργειες. Οι περισσότερες τρέφονται σε φυσικά οικοσυστήματα, και ως εκ τούτου έχουν μικρή έκθεση σε φυτοφάρμακα. Οι Έλληνες μελισσοκόμοι αντικαθιστούν τις χαμένες αποικίες μόλις πεθάνουν. Τα ελληνικά μέλια έχουν λιγότερη υγρασία από άλλα μέλια, που σημαίνει ότι είναι πυκνότερα και πλουσιότερα, γεμάτα με θρεπτικά συστατικά και εξαιρετικά υγιή. Όλο το ελληνικό μέλι είναι από προεπιλογή ελεύθερο γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, δεδομένου ότι απαγορεύεται η αντίστοιχη καλλιέργεια στη χώρα, ενώ περίπου το 90% του ελληνικού μελιού προέρχεται από φυσικά οικοσυστήματα σε μη καλλιεργούμενες εκτάσεις και από μελισσοκόμους που μετακινούν τις μέλισσες τους από τόπο σε τόπο.

Καθιερωμένο από το νόμο, υπάρχουν οκτώ βασικές κατηγορίες καθαρού μη αλλοιωμένου ελληνικού μελιού: μέλι πεύκου, έλατου, καστανιάς (μελιτώματα και άνθη), ερείκη, θυμάρι, πορτοκάλι και εσπεριδοειδή, βαμβάκι και ηλίανθος. Το πιο άφθονο και βιολογικό μέλι παραμένει αυτό που αποτελείται από άγρια βότανα και λουλούδια. Υπάρχουν 6900 είδη και υποείδη φυτών, εκ των οποίων τα 1350 είναι ενδημικά, που βρίσκονται μόνο στην Ελλάδα. Το πεύκο, το έλατο, το κάστανο και η ερείκη είναι πιο διάσημα για τη γεύση, τα οφέλη για την υγεία και το γεγονός ότι είναι βιολογικά. Το πορτοκάλι, το βαμβάκι και ο ηλίανθος δεν είναι οργανικά, επειδή προέρχονται από μεγάλες καλλιέργειες και είναι γνωστό ότι τα συστηματικά φυτοφάρμακα, ειδικά το Gaucho (imidacloprid), έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα τα τελευταία πέντε ή έξι χρόνια, ειδικά σε αυτά τα 3 φυτά. Όλα τα ελληνικά μέλια οφείλουν τη διακριτικότητά τους στα οργανοληπτικά στοιχεία, τα οποία προέρχονται από τη φυσική χλωρίδα της χώρας, την τεράστια ποικιλία άγριων λουλουδιών, θάμνων και δέντρων. Λόγω των γεωγραφικών συνθηκών, η γεύση του θυμαριού δεν βρίσκεται αλλού, ενώ το μέλι πεύκου και έλατου είναι επίσης ειδικά για την Ελλάδα. Η ποικιλία των γεύσεων, των αρωμάτων και των αποχρώσεων τους ξεχωρίζει από τα μέλι άλλων χωρών και τα κάνει συνήθως ελληνικά.

Αν και η Ελλάδα παράγει μερικά από τα καλύτερα και πιο δημοφιλή μέλια στον κόσμο, οι εξαγωγές της κατατάσσονται μεταξύ των χαμηλότερων στην Ευρώπη. Η παραγωγή ανά κυψέλη είναι συγκριτικά χαμηλή λόγω των διάσπαρτων συγκεντρώσεων χλωρίδας και της μικρής κλίμακας των περιοχών συλλογής. Επιπρόσθετος λόγος είναι η υψηλή τιμή του ελληνικού μελιού καθώς και η έλλειψη ενός καλά οργανωμένου σχεδίου μάρκετινγκ που θα μπορούσε να βοηθήσει στην αύξηση των πωλήσεων.

Υπάρχουν περίπου 25.000 μελισσοκόμοι στην Ελλάδα σήμερα διασκορπισμένοι σε όλη τη χώρα, ενώ περίπου 1.500 από αυτούς ζουν αποκλειστικά από το εμπόριο. Σε ποσοστό 85% το χρησιμοποιούν για να συμπληρώσουν το εισόδημά τους και περίπου 7.000 μελισσοκόμοι κατέχουν περισσότερες από 150 κυψέλες. Οι Έλληνες μελισσοκόμοι έχουν υψηλό επίπεδο εμπειρογνομosύνης και τεχνογνωσίας και αναβαθμίζουν συνεχώς τον εξοπλισμό τους, ενώ ταυτόχρονα προστατεύουν τις παραδοσιακές μεθόδους που εξασφαλίζουν ένα φυσικό, κορυφαίο προϊόν. Συνολικά στη χώρα μας υπάρχουν σχεδόν 2.500.000 αποικίες μελισσών και παράγουν περίπου 30.000 τόνους μελιού ετησίως, ενώ το 65% της παραγωγής πραγματοποιείται στις περιοχές της Χαλκιδικής, της Θάσου και της Εύβοιας, ενώ η Κρήτη αφθονεί σε θυμαρίσιο μέλι. Οι εξαγωγές αντιπροσωπεύουν περίπου το 10% της ελληνικής παραγωγής μελιού, αλλά αυξάνονται συνεχώς. Η Γερμανία, η Κύπρος, ο Καναδάς, η Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και οι ΗΠΑ απορροφούν περίπου το 80% των συνολικών εξαγωγών μελιού, ενώ άλλες αγορές, όπως η Ισπανία, η Ιταλία, η Αυστρία, η Ρωσία, η Σλοβενία, το Βέλγιο, ο Λίβανος, η Σαουδική Αραβία, η Σουηδία, η Ιαπωνία και η Νορβηγία, εμφανίζονται αργά αλλά σίγουρα ως νέα εμπορικά σημεία. Αν και κατέχει ένα σημαντικότερο μικρό έδαφος, η Ελλάδα βρίσκεται στην 3η θέση στην παραγωγή μελιού, μετά την Κίνα και την Τουρκία. Ωστόσο, η ανώτερη ποιότητά του σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, μαζί με τις νέες, καινοτόμες ιδέες που εφαρμόστηκαν στη μελισσοκομία από τους εκκολλαπτόμενους παραγωγούς, κατάφεραν να δημιουργήσουν μέλι εξαιρετικής φήμης που έχουν περάσει τα σύνορα της ελληνικής αγοράς και ωθούν προς το παρόν τις εξαγωγές.

Οι Έλληνες καταναλώνουν πολύ μέλι, από 1,5-2 κιλά ανά άτομο ετησίως - σχεδόν διπλάσιο από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Ένα από τα υψηλότερα, αν όχι τα υψηλότερα, στον κόσμο. Το μέλι χαρακτηρίζεται εθνικό προϊόν στην Ελλάδα, με ξεχωριστό κύρος, εξαιρετική φήμη και όνομα.

## **2. Κεφάλαιο 2: Αντιοξειδωτικές ενώσεις στο μέλι**

Εκτός από το μέλι, προϊόντα όπως πρόπολη, κερι μέλισσας, γύρη, βασιλικός πολτός, χρησιμοποιήθηκαν ακόμη και στην αρχαιότητα και τον Μεσαίωνα. Για παράδειγμα, στην αρχαία Κίνα, η γύρη μελισσών εφαρμόστηκε ως καλλυντικός παράγοντας που συμβάλλει στη λεύκανση του δέρματος. Προς το παρόν, αυτές οι ουσίες εφαρμόζονται σε έναν κλάδο συμπληρωματικής και εναλλακτικής ιατρικής - μελισσοθεραπείας. Επιπλέον, το ενδιαφέρον για τη χρήση τους ως παραγόντων για τη θεραπεία καρκίνων, νευροεκφυλιστικών, καρδιαγγειακών και γαστρεντερικών παθήσεων καθώς και για τη θεραπεία τραυμάτων και εγκαυμάτων εξακολουθεί να αυξάνεται (Kocot, et al., 2018).

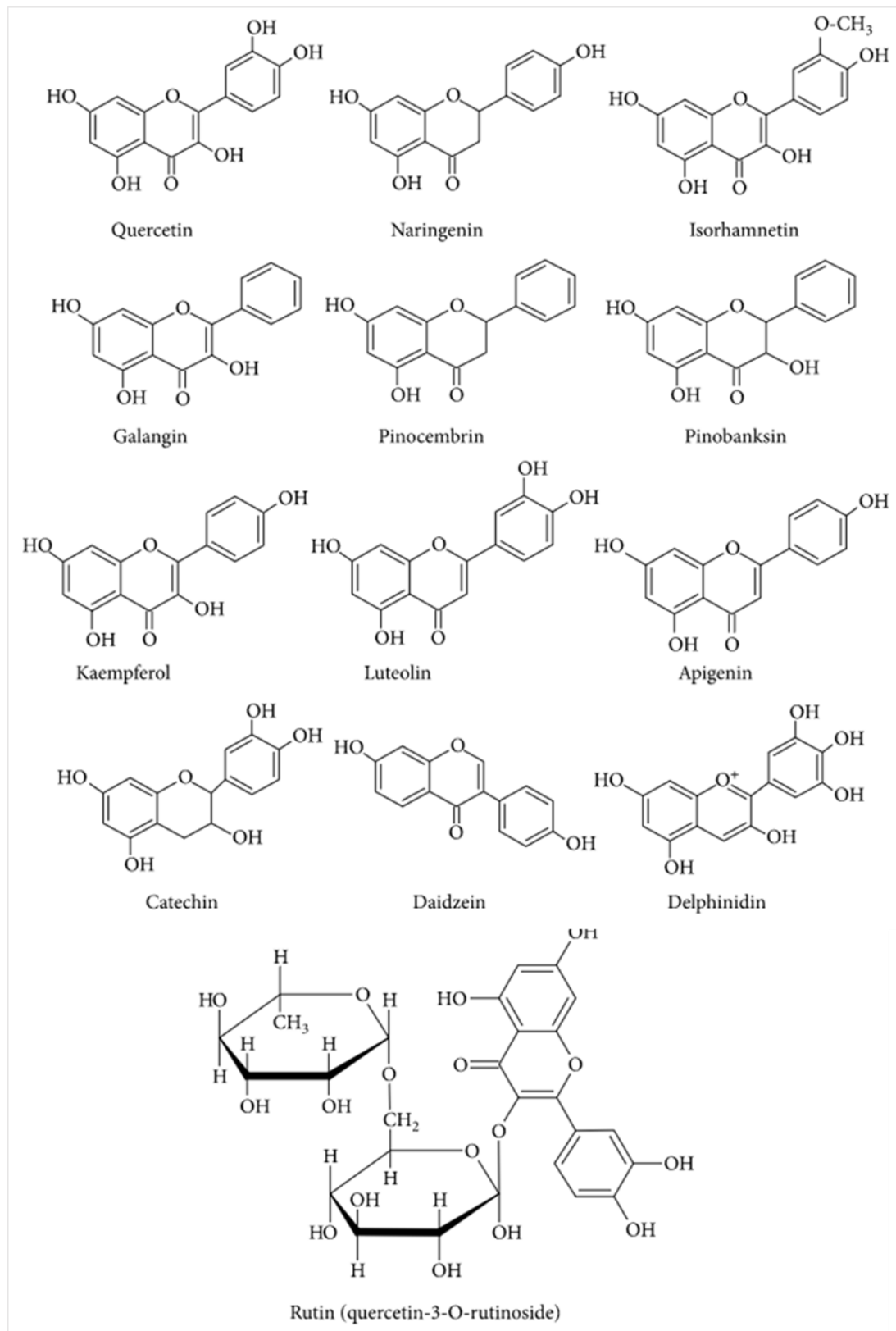
### **2.1 Φαινολικές ενώσεις**

Τα προϊόντα του μελιού αποτελούνται από πολλές ουσίες, συμπεριλαμβανομένης της πρόπολης, της γύρης των μελισσών και του βασιλικού πολτού, οι οποίες είναι από καιρό γνωστές για τις φαρμακευτικές και προστατευτικές τους ιδιότητες. Οι ευρείες βιολογικές τους επιδράσεις είναι γνωστές και χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα. Τα προϊόντα μελισσών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, θεωρούνται πιθανή πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών όπως φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα ή τερπενοειδή. Επιπλέον, η ικανότητά τους να αντιμετωπίσουν τις επιδράσεις του οξειδωτικού στρες που οδηγεί στην παθογένεση πολλών ασθενειών, (νευροεκφυλιστικές διαταραχές, καρκίνος, διαβήτης και αθηροσκλήρωση), καθώς και τις αρνητικές επιπτώσεις διαφόρων επιβλαβών παραγόντων και φαρμάκων, στρέφει το επιστημονικό ενδιαφέρον, στην κατανόηση των μηχανισμών στις οποίες βασίζονται οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες των προϊόντων μελισσών.

Σε γενικές γραμμές, οι ενώσεις που έχουν φαινολικό χαρακτήρα, έχουν την ικανότητα να απομακρύνουν τις ελεύθερες ρίζες, ενώ είναι κυρίως υπεύθυνες για την αντιοξειδωτική ικανότητα των προϊόντων μελισσών (Cummins, et al., 1998; Eggins, et al., 1997; Cummins, et al., 2001; Buschet al., 2006) Αποτελούνται από δύο κύριες ομάδες ενώσεων - τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα (Labuda, et al., 2002).

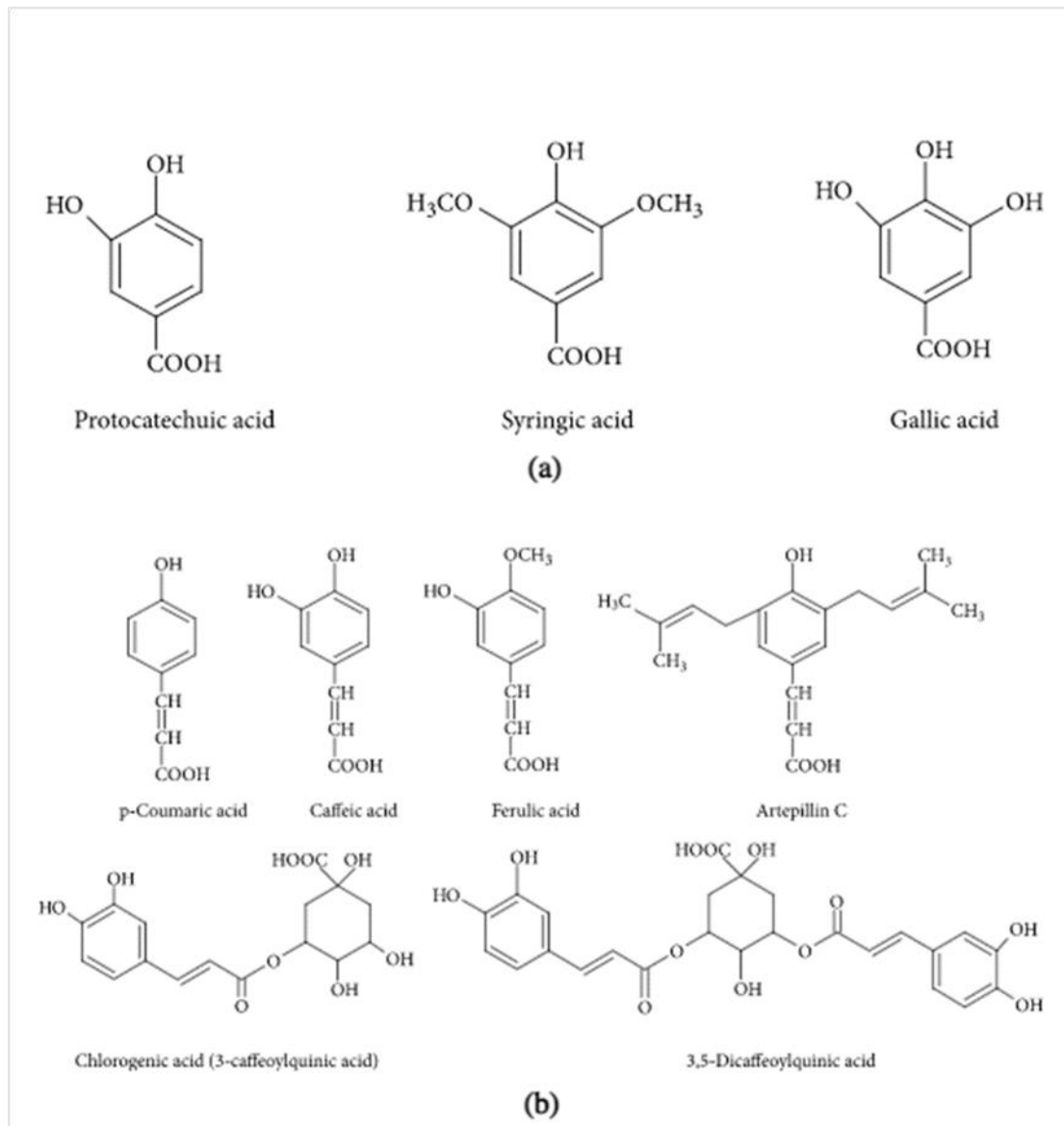
Τα φλαβονοειδή είναι παράγωγα φλαβανόνης και περιλαμβάνουν διάφορες υποομάδες όπως φλαβόνες, φλαβονόλες (κατεχίνες), φλαβονόνες, ανθοκυανίνες και χαλκόνες, καθώς και ισοφλαβόνες και νεοφλαβονοειδή. Οι πιο γνωστές υποομάδες είναι οι ενώσεις που περιέχουν σκελετό βενζο-γ-πυρόνης. Τα φλαβονοειδή

εμφανίζονται συχνά με τη μορφή γλυκοσιδών, στα οποία παίζουν ρόλο οι αγλυκόνες που συνδέονται με γλυκοσιδικό δεσμό με ομάδα υδατανθράκων (Carpanesi, et al., 2000). Η παρουσία ομάδων φαινόλης στα μόρια των φλαβονοειδών ενισχύει την αντιραδική και αντιοξειδωτική δράση (Kim, et al., 2002). Φλαβονοειδή και γλυκοσίδες που ανιχνεύονται σε προϊόντα μελισσών παριστάνονται στην Εικόνα 1. Η Quercetin, naringenin, isorhamnetin και kaempferol, ανιχνεύονται σε πρόπολη, γύρη μελισσών, βασιλικό πολτό. Η γαλαγγίνη και πινοσεμπρίνη ανιχνεύονται σε πρόπολη και γύρη μελισσών. Η pinobanksin ανιχνεύεται σε πρόπολη και βασιλικό πολτό. Η λουτεολίνη, απιγενίνη και ρουτίνη ανιχνεύονται σε πρόπολη, γύρη μελισσών και βασιλικό πολτό. Η κατεχίνη και δελφινιδίνη ανιχνεύονται στη γύρη των μελισσών, ενώ η daidzein εντοπίστηκε στην πρόπολη (Pisoschi, Negulescu, 2011).



**Εικόνα 1:** Παραδείγματα φλαβονοειδών και των γλυκοσιδών τους που ανιχνεύονται σε προϊόντα μελισσών.

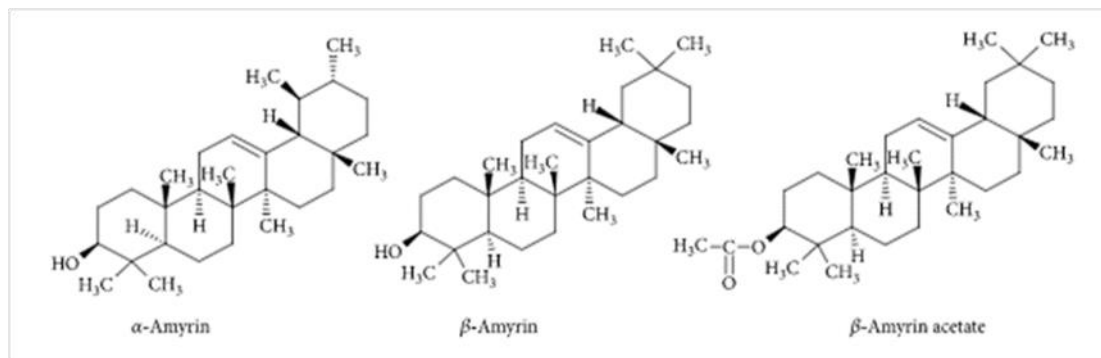
Τα φαινολικά οξέα είναι ενώσεις που έχουν ομάδες καρβοξυλικού οξέος και φαινόλης. Πρόσφατα, παρατηρήθηκε αυξανόμενο ενδιαφέρον για την πιθανή συμμετοχή τους στην προστασία της ανθρώπινης υγείας, λαμβάνοντας υπόψη τις αντιοξειδωτικές τους δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της πρόληψης των αντιδράσεων οξείδωσης και της παραγωγής ειδών οξυγόνου, καθώς και των χηλικοποιημένων οξειδωτικών μετάλλων (Romani, et al., 2000). Τα παραδείγματα φαινολικών οξέων και των παραγώγων τους που βρίσκονται σε προϊόντα μελισσών παρουσιάζονται στην Εικόνα 2. (α) παράγωγα βενζοϊκού οξέος και (β) παράγωγα κινναμικού οξέος. Τα πρωτοκατεχικό οξύ, συριγγικό οξύ, γαλλικό οξύ, π-κουμαρικό οξύ ανιχνεύονται σε πρόπολη και γύρη μελισσών. Τα καφεϊκό οξύ και φουρουλικό οξύ ανιχνεύονται σε πρόπολη, γύρη μελισσών και βασιλικό πολτό. Τα artemillin C, χλωρογενικό οξύ και 3,5-dicaffeoylquinic acid ανιχνεύθηκαν σε πρόπολη (Cortina-Puig, et al., 2010).



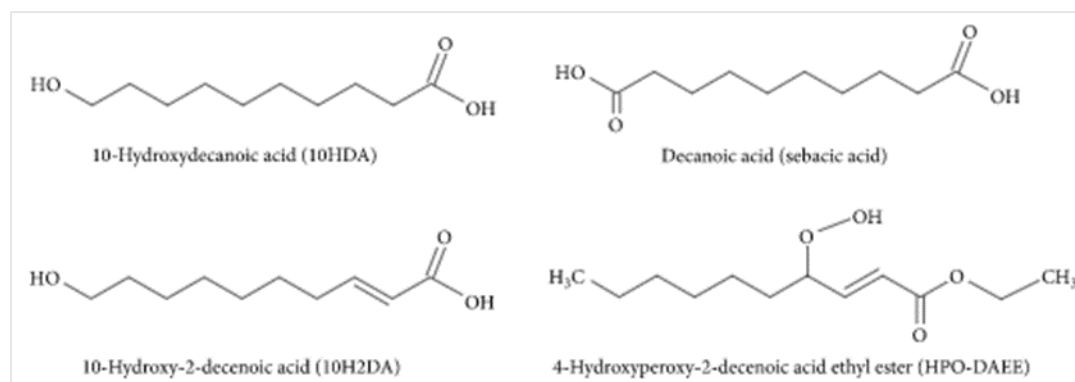
**Εικόνα 2:** Παραδείγματα φαινολικών οξέων και των παραγώγων τους που ανιχνεύονται σε προϊόντα μελισσών.

Σε ενώσεις χωρίς φαινολικό χαρακτήρα που είναι υπεύθυνες για την αντιοξειδωτική ικανότητα της πρόπολης ανήκουν οι αμυρίνες (Halvorsen, et al., 2006). Οι α- και β-αμυρίνες ανήκουν σε τριτερπενοειδή φυτικής προέλευσης. Έχουν αναφερθεί ότι εμφανίζουν πολλές ευεργετικές ιδιότητες, όπως αντιαποπρωτικές, αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντι-ινωτικές καθώς και γαστρο- και ηπατοπροστατευτικές επιδράσεις. Μελέτες έχουν αναφέρει την πιθανή εφαρμογή της β-αμυρίνης στη θεραπεία νόσου του Parkinson (Ramadan-Hassanien, 2008). Τα παραδείγματα αμυρινών που βρίσκονται στην πρόπολη της μέλισσας παρουσιάζονται

στην Εικόνα 3. Τα κύρια καρβοξυλικά οξέα του βασιλικού πολτού και τα παράγωγά τους παριστάνονται στην Εικόνα 4.



*Εικόνα 3: Παραδείγματα αμυρινών που βρέθηκαν στην πρόπολη..*



*Εικόνα 4: Παραδείγματα καρβοξυλικών οξέων του βασιλικού πολτού και παράγωγά τους που βρέθηκαν στην πρόπολη.*

## 2.2 Ο μηχανισμός δράσης των αντιοξειδωτικών

Τα αντιοξειδωτικά είναι ενώσεις ικανές είτε να καθυστερούν ή να αναστέλλουν τις διαδικασίες οξείδωσης που συμβαίνουν υπό την επίδραση ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή αντιδραστικού οξυγόνου. Χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση πολυμερών προϊόντων, πετροχημικών, τροφίμων, καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων. Τα αντιοξειδωτικά εμπλέκονται στον αμυντικό μηχανισμό του οργανισμού ενάντια σε παθολογίες που σχετίζονται με τις ελεύθερες ρίζες και τη λειτουργία τους. Τα ενδογενή αντιοξειδωτικά είναι ένζυμα, όπως υπεροξειδίο δισμουτάσης, καταλάση,



υπεροξειδάση γλουταθειόνης ή μη ενζυματικές ενώσεις, όπως ουρικό οξύ, χολερυθρίνη, αλβουμίνη, μεταλλοθειονίνες. Όταν οι ενδογενείς παράγοντες δεν μπορούν να διασφαλίσουν αυστηρό έλεγχο και πλήρη προστασία του οργανισμού από το αντιδραστικό οξυγόνο, προκύπτει η ανάγκη για εξωγενή αντιοξειδωτικά, ως συμπληρώματα διατροφής ή φαρμακευτικά προϊόντα, τα οποία περιέχουν ως δραστική ουσία μια αντιοξειδωτική ένωση. Μεταξύ των πιο σημαντικών εξωγενών αντιοξειδωτικών, είναι η βιταμίνη E, βιταμίνη C, β-καροτένιο, βιταμίνη E, φλαβονοειδή, κυτοχρώματα Se. Τα εξωγενή αντιοξειδωτικά μπορούν επίσης να είναι συνθετικές ενώσεις, όπως βουτυλυδροξυανισόλη, βουτυλυδροξυτολουόλιο, γαλλικά άλατα και άλλα συστατικά των τροφίμων (Molyneux, 2004).

Τα αντιοξειδωτικά χαμηλού μοριακού βάρους (LMWAs) είναι μικρά μόρια που συχνά διεισδύουν στα κύτταρα, συσσωρεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις σε ειδικές θέσεις που σχετίζονται με την οξειδωτική βλάβη και στη συνέχεια αναγεννιούνται από το κύτταρο. Στους ανθρώπινους ιστούς, τα κυτταρικά LMWAs λαμβάνονται από διάφορες πηγές. Η γλουταθειόνη (GSH), η νικοτιναμίδη, το διουκλεοτίδιο αδενίνης (μειωμένη μορφή) και η καρνοσίνη συντίθενται από τα κύτταρα. Το ουρικό οξύ (UA) και η χολερυθρίνη είναι απόβλητα κυτταρικού μεταβολισμού. Το ασκορβικό οξύ (AA), οι τοκοφερόλες και οι πολυφαινόλες είναι αντιοξειδωτικά που λαμβάνονται από τη διατροφή. Μεταξύ αυτών των LMWA, ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στο ασκορβικό οξύ (AA), γνωστό για τις αναγωγικές του ιδιότητες και για τη χρήση του σε ευρεία κλίμακα ως αντιοξειδωτικός παράγοντας σε τρόφιμα και ποτά. Είναι επίσης σημαντικό για θεραπευτικούς σκοπούς και το βιολογικό μεταβολισμό. Το ασκορβικό οξύ είναι ένα αντιοξειδωτικό με θεραπευτικές ιδιότητες, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργοποίηση της ανοσοαπόκρισης, στην επούλωση τραυμάτων, στην οστεογένεση, στην αποτοξίνωση του οργανισμού, στην απορρόφηση σιδήρου, στη βιοσύνθεση κολλαγόνου, στην πρόληψη της πήξης των αιμοφόρων αγγείων και σε πολλές άλλες μεταβολικές διεργασίες. Η βιταμίνη C μπορεί να οξειδωθεί εύκολα, καθώς η αποδόμησή της επιταχύνεται από τη θερμότητα, το φως και την παρουσία κατιόντων βαρέων μετάλλων. Έτσι, λόγω της διακύμανσης του περιεχομένου της, η βιταμίνη C αντιπροσωπεύει έναν σημαντικό δείκτη ποιότητας των τροφίμων και συμβάλλει στις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες (Pisoschi, Negulescu, 2012).

Η περίσσεια ελεύθερων ριζών που κυκλοφορούν στο σώμα οξειδώνουν τις λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL), καθιστώντας τις, δυνητικά θανατηφόρες. Οι υπεράριθμες ελεύθερες ρίζες μπορούν επίσης να επιταχύνουν τις διαδικασίες

γήρανσης και έχουν συνδεθεί με άλλες πολύ σοβαρές παθολογίες, όπως εγκεφαλικό επεισόδιο, σακχαρώδης διαβήτης, ρευματοειδής αρθρίτιδα, νόσος του Πάρκινσον, νόσος του Αλτσχάιμερ και καρκίνος. Φυσιολογικά, οι οξυγονωμένες ελεύθερες ρίζες είναι από τα πιο σημαντικά είδη ριζών.

Το αντιδραστικό οξυγόνο (ROS) περιλαμβάνει είδη με έντονη οξειδωτική τάση, τόσο ριζικής φύσης (η ρίζα υπεροξειδίου, η ρίζα υδροξυλίου) όσο και μη ριζική φύση (όζον, υπεροξείδιο του υδρογόνου). Ένας αριθμός χημικών και φυσικών φαινομένων μπορεί να ξεκινήσει την οξείδωση, η οποία προχωρά συνεχώς παρουσία του κατάλληλου υποστρώματος, έως ότου εμφανιστεί ένας μηχανισμός άμυνας μπλοκαρίσματος. Οι στοχευόμενες ουσίες περιλαμβάνουν οξυγόνο, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, χοληστερόλη και DNA. Τα βασικά χαρακτηριστικά της οξείδωσης μέσω της αλυσιδωτής αντίδρασης που προκαλείται από ελεύθερες ρίζες είναι τα βήματα έναρξης, διάδοσης, διακλάδωσης και τερματισμού. Η διαδικασία μπορεί να ξεκινήσει με τη δράση εξωτερικών παραγόντων όπως η θερμότητα, το φως ή η ιονίζουσα ακτινοβολία ή με χημική έναρξη που περιλαμβάνει μεταλλικά ιόντα ή μεταλλοπρωτεΐνες (Antolovic, et al., 2002; Ming-Hua, Schaich, 1996; Kanner, et al., 1987; Pisoschi, Negulescu, 2012).

### **2.2.1 Ιδιότητες φαινολικών ενώσεων του μελιού**

Οι φαινολικές ενώσεις είναι μία από τις σημαντικότερες ομάδες ενώσεων που απαντώνται σε φυτά, ενώ περιλαμβάνουν τουλάχιστον 8000 διαφορετικές γνωστές δομές (Bravo, 1998). Αυτές οι ενώσεις αναφέρονται ότι παρουσιάζουν αντικαρκινογόνες, αντιφλεγμονώδεις, αντιθερμογόνες, αντιθρομβωτικές, ανοσοδιαμορφωτικές και αναλγητικές δραστηριότητες, και ασκούν αυτές τις λειτουργίες ως αντιοξειδωτικά (Bravo, 1998). Οι φαινολικές ενώσεις του μελιού είναι φαινολικά οξέα και φλαβονοειδή, τα οποία θεωρούνται πιθανοί δείκτες της βοτανικής προέλευσης του μελιού (Yao, et al., 2003). Οι αντιοξειδωτικές δράσεις των φαινολικών ενώσεων σχετίζονται με έναν αριθμό διαφορετικών μηχανισμών, όπως εξουδετέρωση ελευθέρων ριζών, δωρεά υδρογόνου, απλή απόσβεση οξυγόνου, χηλίωση ιόντων μετάλλων, και δρουν ως υπόστρωμα για ρίζες όπως το υπεροξείδιο και το υδροξύλιο. Giardi, M.T., Rea, G., Berra, B. (2010). Bio Farms for Nutraceuticals: Functional Food and Safety Control by Biosensors. Landes Bioscience and Springer Science+Business Media.

### 2.3 Μέθοδοι υπολογισμού της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας

Για την αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες αναλυτικές μέθοδοι οι οποίες εμπίπτουν σε διαφορετικές κατηγορίες, καθώς καλούνται να διαχειριστούν τη δυσκολία της μέτρησης κάθε αντιοξειδωτικού συστατικού ξεχωριστά και τις πιθανές αλληλοεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων αντιοξειδωτικών συστατικών σε πολύπλοκα βιολογικά δείγματα. Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής δράσης ενός δείγματος περιλαμβάνει κυρίως την ικανότητα του δείγματος να δώσει ηλεκτρόνια (ή άτομα υδρογόνου) σε ένα ειδικό ΔΕΟ (δραστικό είδος οξυγόνου) ή σε κάθε δέκτη ηλεκτρονίων. Το προϊόν της αντίδρασης αυτής μετράται τελικά με μία αναλυτική μέθοδο. Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις σπουδαιότερες μεθόδους μέτρησης αντιοξειδωτικής δράσης (Rixao, 2007).

- i. Μέθοδοι που βασίζονται σε αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίου (Electron Transfer based assays-ET): Μετρούν την ικανότητα του αντιοξειδωτικού να αλλάζει χρώμα καθώς ανάγεται στην αντίδραση με οξειδωτικό (Packer., 1999). Σ' αυτές ανήκουν οι εξής:
  - A. Μέθοδος του Διφαινυλοπικρυλυδραζυλίου (DPPH). Η μείωση της απορρόφησης εξαρτάται γραμμικά από την αντιοξειδωτική συγκέντρωση. Το Trolox χρησιμοποιείται ως τυπικό αντιοξειδωτικό αναφοράς.
  - B. Μέθοδος του 2,2-αζινοδι-(3-αιθυλβενζοδιαζολινο-6-σουλφονικού οξέος (ABTS) ή ισοδύναμα Trolox-Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC). Το ABTS μπορεί να οξειδωθεί με υπερθειικό κάλιο ή διοξειδίο του μαγγανίου, δημιουργώντας τη ρίζα κατιόντων ABTS της οποίας η μείωση της απορρόφησης στα 743 nm παρακολουθείται παρουσία του αντιοξειδωτικού Trolox.
  - C. Μέθοδος της ικανότητας αναγωγής ιόντων σιδήρου  $Fe^{+3}$  (Ferric Ion Reducing Power Assay - FRAP). Η απορρόφηση μπορεί να μετρηθεί για να ελεγχθεί η ποσότητα του σιδήρου που μειώνεται και μπορεί να συσχετιστεί με την ποσότητα των αντιοξειδωτικών. Το Trolox ή το ασκορβικό οξύ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντιοξειδωτικά αναφοράς.
  - D. Μέθοδος μέτρησης ικανότητας απορρόφησης ελεύθερων ριζών (Oxygen Radical Absorbance Capacity –ORAC). Η μέθοδος μετρά την αντιοξειδωτική δράση σάρωσης έναντι της ρίζας υπεροξυλίου, που

προκαλείται από 2,2'-Azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH), στους 37 ° C.

- E. Μέθοδος της ικανότητας αναγωγής ιόντων χαλκού  $\text{Cu}^{+2}$  (Total Antioxidant Potential Assay using Cu (II)).
- ii. Μέθοδοι που βασίζονται σε αντιδράσεις μεταφοράς υδρογόνου (Hydrogen Atom Transfer based assays-HAT): Εξετάζουν την κινητική των αντιδράσεων και οι συγκεντρώσεις προκύπτουν από τις κινητικές καμπύλες. Περιλαμβάνουν τις ακόλουθες:
  - A. Θειοβαρβουρικά παράγωγα (Thiobarbutyric Acid Reactive Substances – TBARS).
  - B. Ολικές ρίζες υπεροξυλίου (Trapping Antioxidant Parameter Assay- TRAP).
  - C. Β-καροτένιο/λινολεϊκό οξύ.
  - D. Μέθοδος των κροκινών.
  - E. Παρεμπόδιση της αυτοοξειδωσης της LDL.

### **3. Κεφάλαιο 3: Πειραματικό μέρος**

#### **3.1 Σκοπός του πειράματος**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ποιοτική αξιολόγηση του μελιού που προέρχεται από μελίσσια της περιοχής των Ιωαννίνων, αναφορικά με την ολική περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες και την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες.

#### **3.2 Υλικά και Μέθοδοι**

Ως βασικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά δείγματα μελιού. Το κάθε ένα δείγμα προέρχονταν από διαφορετικό μελίσσι όπου οι μέλισσες χρησιμοποιούσαν διαφορετικά φυτά ως ενδιαίτημα. Ένα δείγμα μελιού ήταν θυμαρίσιο, το δεύτερο από βελανιδιές και το τρίτο από έλατα.

Λόγω της φύσης τους (πηκτή και κολλώδης), τα δείγματα του μελιού πριν την ανάλυση τους αραιώθηκαν με απεσταγμένο νερό για να μπορεί να είναι δυνατή η χρήση τους. Η αναλογία αραιώσης ήταν ένα μέρος μελιού και ένα μέρος νερό (50% μέλι και 50% νερό: αραιώση 1/2).

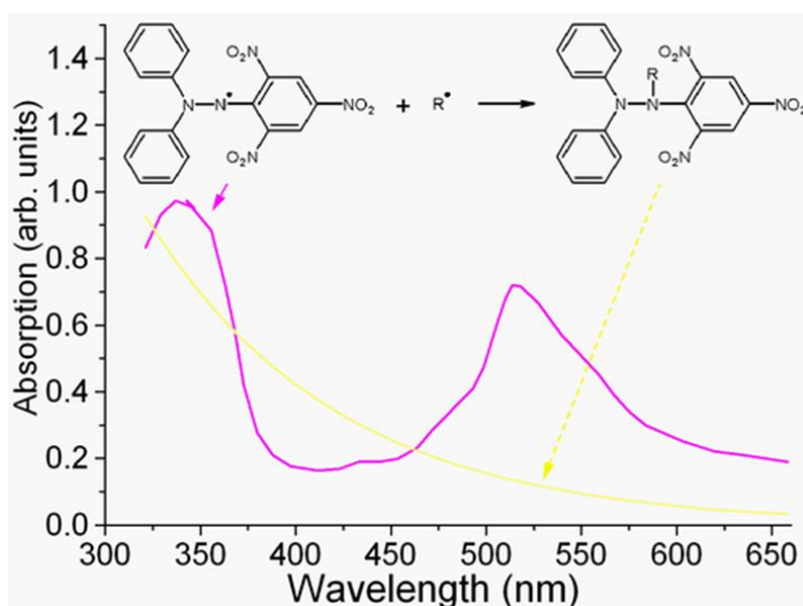
#### **Προσδιορισμός Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας (TAC)**

Για τον προσδιορισμό της TAC των τριών τύπων μελιού που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η μέθοδος του Διφαινυλοπικρυλυδραζυλίου (DPPH).

Η μέθοδος βασίζεται στη βαθμιαία εξαφάνιση της ιώδους απόχρωσης της σταθερής DPPH ρίζας στα 515 nm λόγω της δέσμευσής της από αντιοξειδωτικές ουσίες, οι οποίες έχουν ισχυρή ικανότητα αδρανοποίησης ελευθέρων ριζών.

Η μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση των διαφόρων αντιοξειδωτικών ουσιών που περιέχονται στα υπό μελέτη δείγματα (μελιού εν προκειμένω) με μεθανολικό (MeOH) ή αιθανολικό (EtOH) διάλυμα της σταθερής 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλυδραζυλικής ρίζας (DPPH), η οποία απορροφά έντονα στα 515 nm. Με την προσφορά υδρογόνου/ηλεκτρονίου ανάγεται σε υδραζίνη με αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό του διαλύματος. Λόγω της παρουσίας του μονήρους ηλεκτρονίου, το DPPH έχει υψηλή απορρόφηση σε αιθανολικό ή μεθανολικό διάλυμα στα 515 nm. Όσο το ηλεκτρόνιο αυτό δεσμεύεται, η απορρόφηση μειώνεται και ο βαθμός αποχρωματισμού είναι στοιχειομετρικά ο αριθμός των ηλεκτρονίων που έχουν δεσμευτεί. Η κατανάλωση του DPPH από τα αντιοξειδωτικά, έχει ως αποτέλεσμα την

εξασθένιση του πορφυρού χρώματος του διαλύματός του, η οποία παρακολουθείται στα 515 nm, όπου παρατηρείται το μέγιστο του φάσματος της ρίζας.



**Εικόνα 5:** Καμπύλη απορρόφησης διαλύματος DPPH στα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φάσματος. Η ιώδης καμπύλη αφορά την μη δεσμευμένη ρίζα του DPPH από τα αντιοξειδωτικά Η κίτρινη καμπύλη αφορά την δεσμευμένη ρίζα του DPPH. Σε μήκος κύματος 515 nm η απορρόφηση του φωτός από την δεσμευμένη ρίζα του DPPH είναι ελάχιστη, ενώ η μη δεσμευμένη παρουσιάζει μέγιστο απορρόφησης.

### Παρασκευή διαλύματος DPPH

Για την παρασκευή του βασικού αντιδραστηρίου (standard), χρησιμοποιήθηκαν 2,36 mg DPPH, τα οποία διαλύθηκαν σε 100 ml μεθανόλης και το διάλυμα αυτό (60 μMol) τοποθετήθηκε στο σκοτάδι σε θερμοκρασία δωματίου. Στην συγκεκριμένη συγκέντρωση το διάλυμα αυτό παρουσιάζει τιμές απορρόφησης 0,7 στο μήκος κύματος των 515 nm και έχει ένα έντονο ιώδη χρωματισμό.

### Προετοιμασία δειγμάτων

Εκτός από την αρχική αραιώση των τριών δειγμάτων μελιού με απεσταγμένο νερό (βαθμός αραιώσης 1:2), οι μετρήσεις που αφορούσαν την TAC, έγιναν και σε δείγματα με μεγαλύτερο βαθμό αραιώσης, για την αύξηση της ευαισθησίας της προσδιοριζόμενης TAC. Πιο συγκεκριμένα στο δείγμα μελιού από έλατο εκτός της

βασικής αραιώσης 1:2 έγιναν και προσδιορισμοί σε δείγματα με αραιώση 1:4, 1:6, 1:8, 1:10. Στο δείγμα μελιού από βελανιδιά έγιναν προσδιορισμοί και σε δείγματα με αραιώση 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 και 1:12. Στο δείγμα μελιού όμως από θυμάρι οι προσδιορισμοί της TAC περιορίστηκαν στις αραιώσεις 1:2 και 1:4 λόγω της μικρής (όπως αποδείχθηκε) περιεκτικότητας σε αντιοξειδωτικές ουσίες.

### **Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας**

Λαμβάνεται ποσότητα 50 μl από το κάθε αραιωμένο δείγμα μελιού και προστίθεται σε πλαστική κυψελίδα «ωφέλιμου» όγκου 2 ml. Ακολούθως προστίθενται στην κυψελίδα 1950 μl αντιδραστήριο DPPH. Οι κυψελίδες καλύπτονται με πλαστικό φιλμ (parafilm) για την αποφυγή εξάτμισης της μεθανόλης και τοποθετούνται σε σκοτεινό μέρος για μισή ώρα. Ο χρόνος αυτός κρίνεται απαραίτητος ώστε να ολοκληρωθεί η αντίδραση του DPPH με τα υπάρχοντα αντιοξειδωτικά στο εκάστοτε δείγμα και να σταθεροποιηθεί ο αποχρωματισμός του αντιδραστηρίου.

Πριν την ακολουθία των μετρήσεων προηγείται μηδενισμός του φασματοφωτόμετρου με καθαρή μεθανόλη και στην συνέχεια λαμβάνονται οι μετρήσεις απορρόφησης του εκάστοτε δείγματος (τιμή απορρόφησης δείγματος σε χρόνο 30 min:  $A_{30}$ ) στο φασματοφωτόμετρο. Παράλληλα λαμβάνεται και μέτρηση από το standard διάλυμα του DPPH (μάρτυρας), η οποία ουσιαστικά αφορά την τιμή απορρόφησης σε χρόνο 0 min:  $A_0$ .

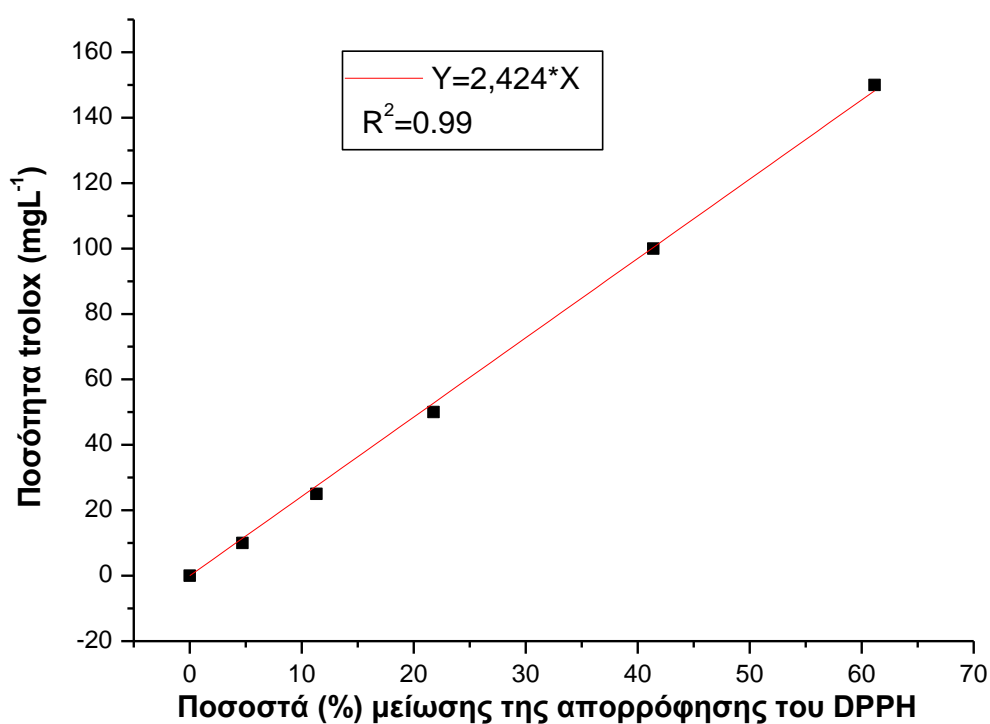
Οι μετρήσεις εκφράζονταν σε ποσοστό (%) μείωσης της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH (λόγω της παρουσίας των αντιοξειδωτικών) και μπορεί να θεωρηθεί ως ποσοστό αντιοξειδωτικής ικανότητας ( $\Delta A_{\%}$ ). Οι τιμές αυτές προσδιορίζονται από την σχέση:

$$\Delta A_{\%} = \left( \frac{A_0 - A_{30}}{A_0} \right) \times 100$$

Οι τιμές αυτές, συνήθως εκφράζονται σε «ισοδύναμες ποσότητες» κάποιων ισχυρών αντιοξειδωτικών ουσιών αναφοράς, όπως είναι το trolox (ανάλογο της βιταμίνης E) ή το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), ή το Γαλλικό Οξύ. Οι ποσότητες αυτές αφορούν την ποσότητα του αντιοξειδωτικού αναφοράς, η οποία έχει το ίδιο αποτέλεσμα (ποσοστό %) αποχρωματισμού στο βασικό διάλυμα DPPH.

Στην παρούσα εργασία ως αντιοξειδωτικό αναφοράς χρησιμοποιήθηκε το trolox, μέσω του οποίου καταρτίστηκε καμπύλη αναφοράς που σχετίζει τα ποσοστά μείωσης της απορρόφησης του DPPH (λόγω των αντιοξειδωτικών ουσιών στο κάθε δείγμα) με τις συγκεντρώσεις του trolox.

Για την κατάρτιση της καμπύλης αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώσεις trolox της τάξεως των 0, 12 ½, 25, 50, 100 και 150 mgL<sup>-1</sup> (χιλιοστογραμμάρια ανά λίτρο ή ppm). Από τα ανωτέρω διαλύματα trolox ελήφθησαν ποσότητες των 50 μl, οι οποίες αντέδρασαν με 1950 μl από το βασικό διάλυμα των 60 μMol του DPPH. Η καμπύλη αναφοράς που προέκυψε από τις μετρήσεις αυτές παρουσιάζεται στο γράφημα της παρακάτω εικόνας.



Εικόνα 7: Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικού αναφοράς (trolox) και μείωσης του ποσοστού απορρόφησης του διαλύματος των 60 μMol του DPPH.

Η εξίσωση παλινδρόμησης,

$$Y = 2,424 * X \quad (R^2=0,99)$$



αποδίδει την μαθηματική σχέση μεταξύ των ποσοστών μείωσης της απορρόφησης του διαλύματος των 60  $\mu\text{Mol}$  του DPPH και των τιμών της ποσότητας του trolox που αντιστοιχούν σε αυτές.

Δεδομένου ότι πριν την μέτρηση των δειγμάτων προηγήθηκε διάλυσή τους με νερό, οι τιμές αντιστοίχισης σε ισοδύναμα trolox που προκύπτουν από την παραπάνω γραμμική σχέση όταν πολλαπλασιαστούν επί τον βαθμό αραίωσης, αποδίδουν την ισοδύναμη ποσότητα σε trolox που περιέχεται σε 1 kg μελιού.

### **Προσδιορισμός περιεχόμενου σε ολικές φαινόλες**

Στην παρούσα εργασία για τον προσδιορισμό του ολικού περιεχομένου των δειγμάτων του μελιού σε φαινολικές ουσίες εφαρμόστηκε η μέθοδος Folin-Ciocalteu.

Πρόκειται για φωτομετρική μέθοδο που βασίζεται στην οξείδωση των φαινολικών ενώσεων από το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση του ολικού φαινολικού περιεχομένου χωρίς να γίνεται διάκριση μεταξύ μονομερών, διμερών ή μεγαλύτερων φαινολικών συστατικών. Το κύριο αντιδραστήριο της μεθόδου, το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu, είναι διάλυμα σύνθετων πολυμερών ιόντων που σχηματίζονται από φωσφομολυβδαινικά ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) και φωσφοβολφραμικά ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) ετεροπολυμερή οξέα. Σε αλκαλικό περιβάλλον, οι φαινολικές ενώσεις οξειδώνονται με ταυτόχρονη αναγωγή των οξέων προς μείγμα οξειδίων του βολφραμίου ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) και του μολυβδαινίου ( $\text{Mo}_8\text{O}_{23}$ ), με χαρακτηριστικό κυανό χρώμα.

Το σχηματιζόμενο κυανό χρώμα παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση περίπου στα 750 nm και είναι ανάλογο με τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων. Οι φαινολικές ουσίες εκφράζονται σε ισοδύναμα γαλλικού ή καφεϊκού οξέος.

Οι φαινολικές ουσίες αντιδρούν με το αντιδραστήριο FC μόνο σε βασικό περιβάλλον, για το λόγο αυτό πριν από την προσθήκη του αντιδραστηρίου FC, το pH του δείγματος γίνεται βασικό (pH 10) με προσθήκη διαλύματος  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20%.

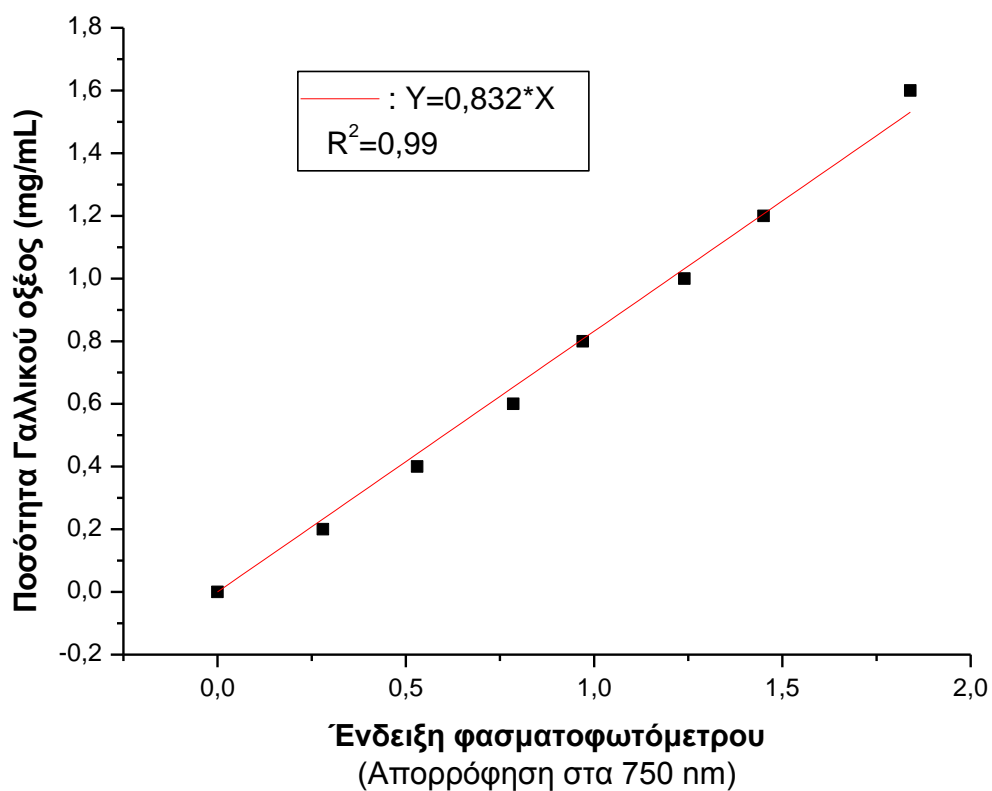
### **Πειραματική διαδικασία**

Σε πλαστική κυψελίδα ωφέλιμου όγκου 2 ml (ονομαστική 4ml), προσθέτουμε 20  $\mu\text{L}$  από το υπό εξέταση δείγμα. Συμπληρώνουμε με 1580  $\mu\text{L}$  απεσταγμένο νερό (σύνολο

όγκου δείγματος και νερού : 1600  $\mu\text{L}$ ). Ακολουθεί η προσθήκη 100  $\mu\text{L}$  από το αντιδραστήριο FC και αμέσως γίνεται ανάδευση. Μετά από παρέλευση 1 min προστίθενται 300  $\mu\text{L}$  διαλύματος  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20%, σφραγίζονται οι κυβελίδες με πλαστικό φιλμ (parafilm) και τοποθετούνται σε σκοτεινό μέρος για 2 h.

Μετά την παρέλευση του παραπάνω χρονικού διαστήματος προσδιορίζεται η απορρόφηση του εκάστοτε δείγματος σε φασματοφωτόμετρο στα 750 nm. Ο μηδενισμός του οργάνου γίνεται με τα ίδια αντιδραστήρια χωρίς την προσθήκη δείγματος (μόνο με προσθήκη απεσταγμένου νερού όγκου 1600  $\mu\text{L}$ , 100  $\mu\text{L}$  αντιδραστηρίου FC και 300  $\mu\text{L}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20%).

Οι τιμές απορρόφησης που καταγράφονται στο φασματοφωτόμετρο από τα διάφορα δείγματα, αντιστοιχίζονται σε ισοδύναμη ποσότητα γαλλικού οξέος (ποσότητα σε γαλλικό οξύ που έχει την ίδια τιμή απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 750 nm με το εκάστοτε δείγμα). Για τον σκοπό αυτό καταρτίστηκε μια καμπύλη αναφοράς με την απορρόφηση γνωστών συγκεντρώσεων γαλλικού οξέος στο μήκος κύματος των 750 nm, μετά την αντίδρασή τους με τα παραπάνω αντιδραστήρια. Οι συγκεντρώσεις γαλλικού οξέος που χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό αυτό ήταν 0 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 mg/mL. Η καμπύλη αναφοράς που προκύπτει παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

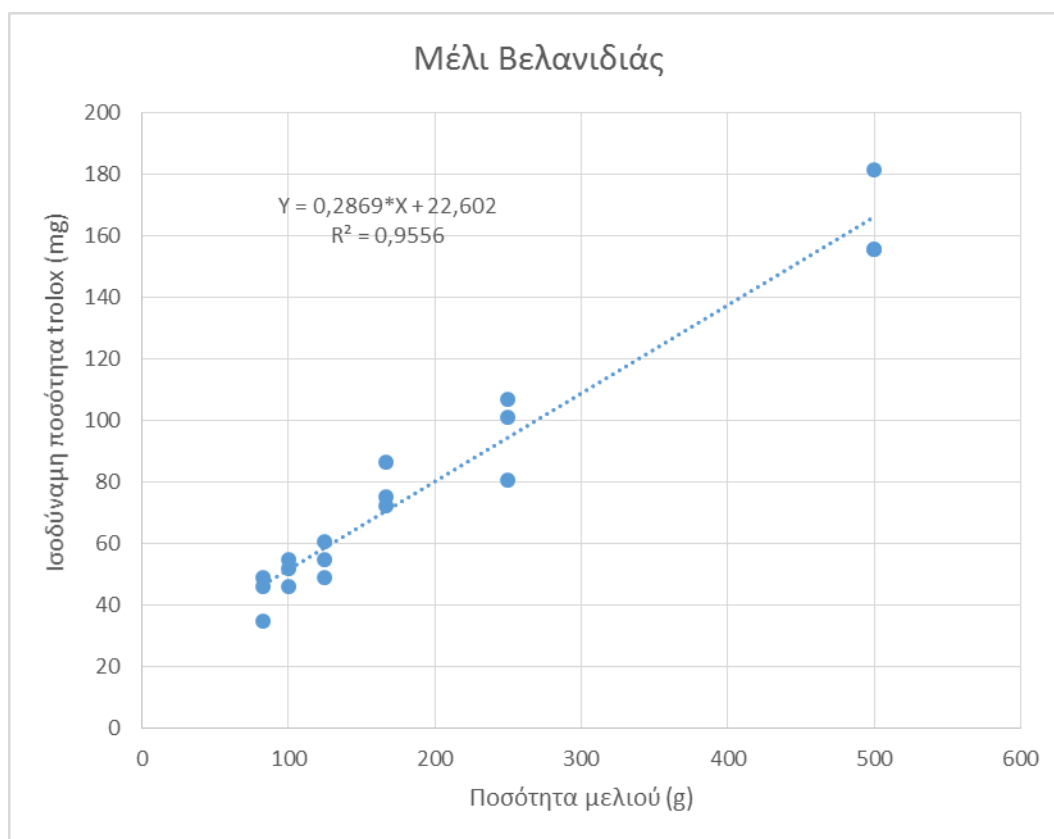


Εικόνα 8: Καμπύλη αναφοράς που αποδίδει την σχέση μεταξύ ποσότητας γαλλικού οξέος και απορρόφησης φωτός σε μήκος κύματος 750nm, μετά την αντίδραση με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu.

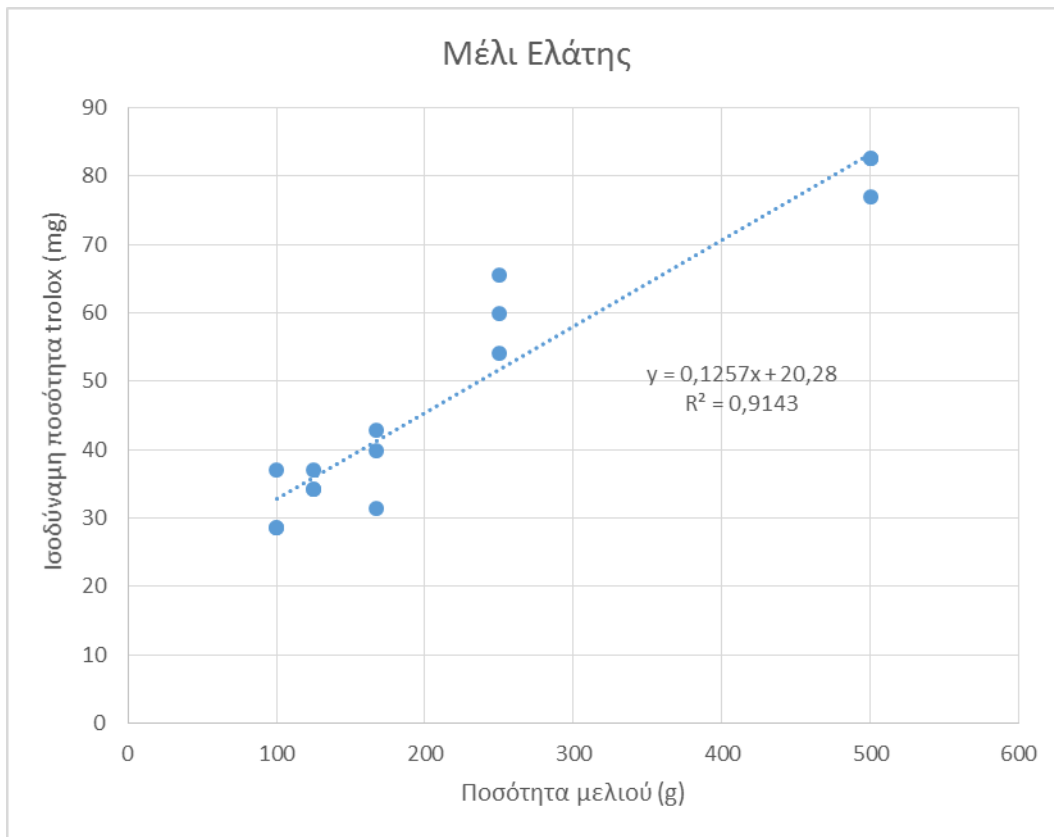
#### 4. Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα και συζήτηση

##### 4.1. Ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC)

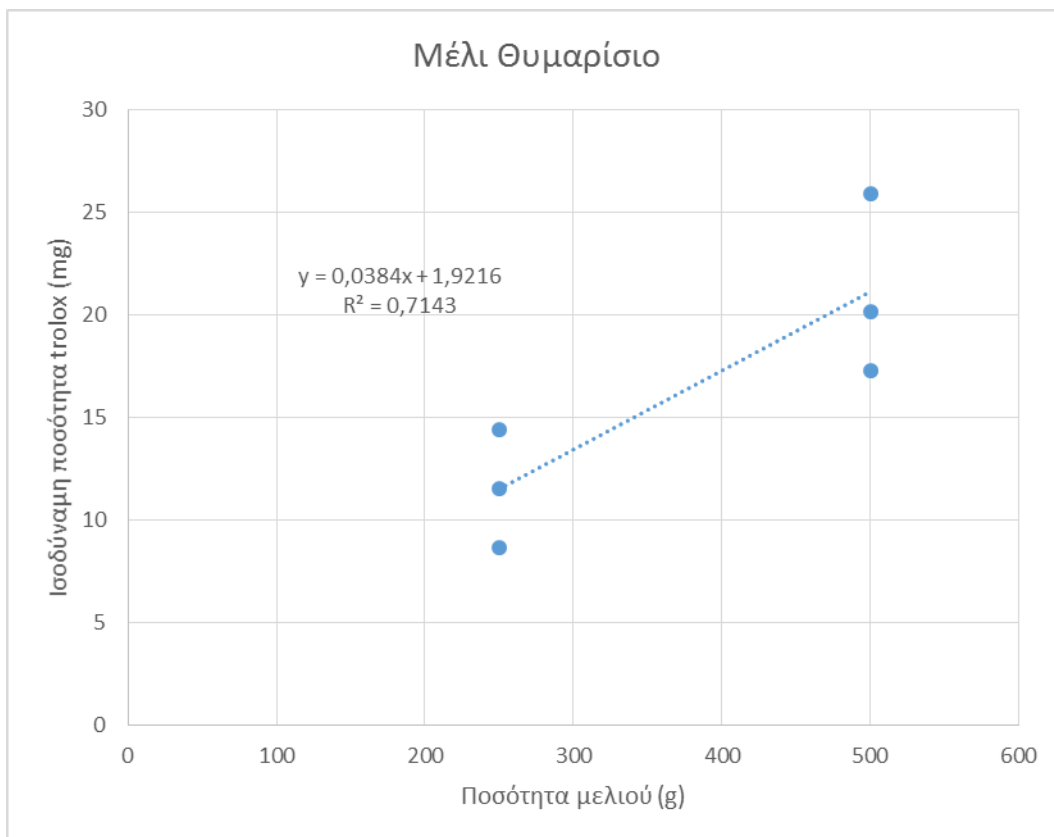
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσδιορισμών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC) των τριών δειγμάτων μελιού που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία. Και στα τρία δείγματα η αύξηση του βαθμού αραίωσης είχε σαν αποτέλεσμα την ελάττωση των ενδείξεων του φασματοφωτόμετρου, η οποία φαίνεται πως έχει γραμμική σχέση με την ποσότητα του μελιού.



Εικόνα 9: Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικών (σε ισοδύναμη ποσότητα trolox) και της ποσότητας μελιού από βελανιδιές.



Εικόνα 10: Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικών (σε ισοδύναμη ποσότητα trolox) και της ποσότητας μελιού από έλατα.



Εικόνα 11: Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικών (σε ισοδύναμη ποσότητα trolox) και της ποσότητας θυμαρίσιου μελιού.

Οι σύγκριση της TAC μεταξύ των τριών δειγμάτων μελιού έγινε μετά από αναγωγή των παραπάνω τιμών της ισοδύναμης ποσότητας trolox των μετρήσεων των αντιοξειδωτικών των δειγμάτων, σε ισοδύναμη ποσότητα trolox που περιέχονται σε 1 kg μελιού. Οι τιμές αυτές προέκυψαν από το γινόμενο των παραπάνω μετρήσεων επί τον βαθμό αραίωσης του εκάστοτε δείγματος (επανάληψη).

Η ανάλυση της διασποράς των τιμών ισοδύναμης ποσότητας trolox που περιέχονται σε 1 kg μελιού, έδειξε ότι μεταξύ των τριών τύπων μελιού υπάρχουν πολύ σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητά τους σε αντιοξειδωτικές ουσίες ( $F= 92,08$ , για 2 και 36 BE,  $P<0,001$ ).

Η μέση περιεκτικότητα σε ολικά αντιοξειδωτικά, ανάλογα τον τύπο του μελιού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Μέση περιεκτικότητα ανά kg μελιού και τυπικά σφάλματα σε ολικά αντιοξειδωτικά (TAC εκπερασμένη σε ισοδύναμη ποσότητα trolox) για τους τρεις τύπους μελιού που αξιολογήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Τύπος μελιού	TAC σε ισοδύναμη ποσότητα trolox (mg/kg)	Αριθμός παρατηρήσεων
Βελανιδιά	441±19,7 a	18
Έλατο	278±12,7 b	15
Θυμαρί	32,67±5,08 c	6
LSD	76,42	36 (BE)

Οι μέσοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με την δοκιμασία SNK ( $\alpha=0,05$ )

Όπως προκύπτει από τις συγκρίσεις των μέσων της TAC μεταξύ των τριών τύπων μελιού, το μέλι από βελανιδιές είχε την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες. Σχεδόν η μισή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες ανιχνεύθηκε στο μέλι από έλατα, σε σχέση με το μέλι βελανιδιάς. Την χαμηλότερη TAC παρουσίασε το θυμαρίσιο μέλι και μάλιστα αυτή ήταν πάνω από 10 φορές μικρότερη σε σχέση με το μέλι βελανιδιάς.

#### 4.2. Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε φαινόλες των τριών τύπων μελιού του πειράματος. Οι τιμές αφορούν την ισοδύναμη ποσότητα σε Γαλλικό οξύ που περιέχεται σε 1 kg μελιού.

Πίνακας 3: Μέση περιεκτικότητα ανά kg μελιού και τυπικά σφάλματα σε ολικές φαινολικές ουσίες εκπεφρασμένη σε ισοδύναμη ποσότητα Γαλλικού οξέος για τους τρεις τύπους μελιού που αξιολογήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Τύπος μελιού	Περιεκτικότητα σε φαινολικές ουσίες (ισοδύναμη ποσότητα Γαλλικού οξέος mg/kg)	Αριθμός παρατηρήσεων
Βελανιδιά	1040±13,67 a	5
Έλατο	620,67±16,76 b	5
Θυμαρί	266,2±9,49 c	5
LSD	42,02	12 (BE)

Οι μέσοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με την δοκιμασία SNK ( $\alpha=0,05$ )

Η ανάλυση της διασποράς των τιμών ισοδύναμης ποσότητας Γαλλικού οξέος που περιέχονται σε 1 kg μελιού, έδειξε ότι και η περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες μεταξύ των τριών τύπων μελιού παρουσιάζει πολύ σημαντικές διαφορές ( $F= 806,7$ , για 2 και 12 BE,  $P<0,001$ ).

Οι συγκρίσεις των μέσων του περιεχομένου σε ολικές φαινόλες των τριών τύπων μελιού δίνουν αντίστοιχα αποτελέσματα με τις συγκρίσεις της TAC. Μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες είχε το μέλι από βελανιδιές, η οποία ήταν σχεδόν διπλάσια από αυτή του μελιού από έλατα και τετραπλάσια από αυτή του θυμαρίσιου μελιού.

Τα παραπάνω αποτελέσματα φανερώνουν ότι η προέλευση του μελιού παίζει σημαντικό ρόλο στην σύνθεσή του. Η περιεκτικότητά του σε φαινολικά συστατικά και σε άλλες αντιοξειδωτικές ουσίες φαίνεται ότι επηρεάζεται πάρα πολύ από το ενδιαίτημα των μελισσών που το παράγουν. Αν λάβουμε υπόψη ότι οι αντιοξειδωτικές ουσίες στα τρόφιμα έχουν υψηλή διατροφική αξία, τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής υποδεικνύουν ότι το μέλι που παράγεται από βελανιδιά έχει την υψηλότερη διατροφική αξία σε σχέση με το μέλι από έλατα και πολύ υψηλότερη από το θυμαρίσιο μέλι.

## 5. Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

### Ολική αντιοξειδωτική ικανότητα

- Μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες έχει το μέλι βελανιδιάς
- Σχεδόν τη μισή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες έχει το μέλι από έλατα
- Το 1/10 της περιεκτικότητας σε αντιοξειδωτικές ουσίες του μελιού από βελανιδιές έχει το θυμαρίσιο μέλι

### Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες

- ✓ Μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες έχει το μέλι από βελανιδιές
- ✓ Σχεδόν τη μισή περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες έχει το μέλι από έλατα
- ✓ Το ¼ της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες του μελιού από βελανιδιές, παρουσίασε το θυμαρίσιο μέλι
- ✓ Η προέλευση του μελιού παίζει σημαντικό ρόλο στην σύνθεσή του.
- ✓ Η περιεκτικότητά του σε φαινολικά συστατικά και σε άλλες αντιοξειδωτικές ουσίες φαίνεται ότι επηρεάζεται πάρα πολύ από το ενδιαίτημα των μελισσών που το παράγουν.
- ✓ Το μέλι που παράγεται από βελανιδιά έχει την υψηλότερη διατροφική αξία σε σχέση με το μέλι από έλατα και πολύ υψηλότερη από το θυμαρίσιο μέλι (σε συσχέτιση με την αντιοξειδωτική ικανότητα που παρουσιάζουν).



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας ανάλυσης της διασποράς της TAC εκπεφρασμένης ως ισοδύναμη ποσότητα trolox των τριών τύπων μελιού που αξιολογήθηκαν στην παρούσα εργασία.

<i>Πρόελευση διακύμανσης</i>	<i>Άθροισμα τετραγώνων</i>	<i>Βαθμοί ελευθερίας</i>	<i>Μέσο Τετράγωνο</i>	<i>F (πειράματος)</i>	<i>τιμή-P</i>	<i>κριτήριο F</i>
Επεμβάσεις (Τύπος μελιού)	784509,1	2	392254,6	92,08 (***)	<0,0001	3,26
Υπόλοιπο	153358,1	36	4259,947			
Σύνολο	937867,2	38				

$\bar{Y}.. = 315,5$   
 CVπειρ = 20,68 %  
 LSD= 76,42

Πίνακας ανάλυσης της διασποράς της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες εκπεφρασμένης ως ισοδύναμη ποσότητα Γαλλικού οξέος των τριών τύπων μελιού που αξιολογήθηκαν στην παρούσα εργασία.

<i>Πρόελευση διακύμανσης</i>	<i>Άθροισμα τετραγώνων</i>	<i>Βαθμοί ελευθερίας</i>	<i>Μέσο Τετράγωνο</i>	<i>F (πειράματος)</i>	<i>τιμή-P</i>	<i>κριτήριο F</i>
Επεμβάσεις (Τύπος μελιού)	1500271	2	750135,5	806,7 (***)	<0,0001	3,88
Υπόλοιπο	11158,65	12	929,8876			
Σύνολο	1511430	14				

$\bar{Y}.. = 642,3$   
 CVπειρ = 4,75 %  
 LSD= 42,02

## 6. Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

- Abdel Aziz, A., Rady, H. M., Amer, M. A., & Kiwan, H. S. (2009). Effect of some honey bee extracts on the proliferation, proteolytic and gelatinolytic activities of the hepatocellular carcinoma Hepg2 cell line. *Aust J Basic & Appl Sci*, 3(3), 2754-2769.
- Ahmed, A. K. J., Hoekstra, M. J., Hage, J. J., & Karim, R. B. (2003). Honey-medicated dressing: transformation of an ancient remedy into modern therapy. *Annals of plastic surgery*, 50(2), 143-148.
- Alissandrakis, E., Kibaris, A. C., Tarantilis, P. A., Harizanis, P. C., & Polissiou, M. (2005). Flavour compounds of Greek cotton honey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(9), 1444-1452.
- Al-Jabri, A. A. (2005). Honey, milk and antibiotics. *African Journal of Biotechnology*, 4(13).
- Al-Jabri, A. A. (2005). Honey, milk and antibiotics. *African Journal of Biotechnology*, 4(13).
- Alnaqdy, A., Al-Jabri, A., Al Mahrooqi, Z., Nzeako, B., & Nsanze, H. (2005). Inhibition effect of honey on the adherence of Salmonella to intestinal epithelial cells in vitro. *International Journal of Food Microbiology*, 103(3), 347-351.
- Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Romandini, S., Bertoli, E., & Battino, M. (2010). Contribution of honey in nutrition and human health: a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3(1), 15-23.
- Al-Waili, N. S. (2005). Mixture of honey, beeswax and olive oil inhibits growth of Staphylococcus aureus and Candida albicans. *Archives of medical research*, 36(1), 10-13.
- Al-Waili, N. S., & Boni, N. S. (2003). Natural honey lowers plasma prostaglandin concentrations in normal individuals. *Journal of medicinal food*, 6(2), 129-133.
- Antolovic, M., Prenzler, P.D., Patsalides, E., McDonald, S. and Robards, K. (2002). Methods for testing antioxidant activity. *Analyst* 127: 183–198.
- Asadi-Pooya, A. A., Pnjehshahin, M. R., & Beheshti, S. (2003). The antimycobacterial effect of honey: an in vitro study. *Rivista di biologia*, 96(3), 491-495.

- Asadi-Pooya, A. A., Pnjehshahin, M. R., & Beheshti, S. (2003). The antimycobacterial effect of honey: an in vitro study. *Rivista di biologia*, 96(3), 491-495.
- Bansal, V., Medhi, B., & Pandhi, P. (2005). Honey--a remedy rediscovered and its therapeutic utility. *Kathmandu University medical journal (KUMJ)*, 3(3), 305-309.
- Bansal, V., Medhi, B., & Pandhi, P. (2005). Honey--a remedy rediscovered and its therapeutic utility. *Kathmandu University medical journal (KUMJ)*, 3(3), 305-309.
- Basualdo, C., Sgroy, V., Finola, M. S., & Marioli, J. M. (2007). Comparison of the antibacterial activity of honey from different provenance against bacteria usually isolated from skin wounds. *Veterinary microbiology*, 124(3-4), 375-381.
- Basualdo, C., Sgroy, V., Finola, M. S., & Marioli, J. M. (2007). Comparison of the antibacterial activity of honey from different provenance against bacteria usually isolated from skin wounds. *Veterinary microbiology*, 124(3-4), 375-381.
- Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., & Facino, R. M. (2005). Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533(2), 185-191.
- Bertoncelj, J., Doberšek, U., Jamnik, M., & Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2), 822-828.
- Bilsel, Y., Bugra, D., Yamaner, S., Bulut, T., Cevikbas, U., & Turkoglu, U. J. D. S. (2002). Could honey have a place in colitis therapy? Effects of honey, prednisolone, and disulfiram on inflammation, nitric oxide, and free radical formation. *Digestive Surgery*, 19(4), 306-312.
- Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A., Piacentini, M. P., Albertini, M. C., & Piatti, E. (2006). Raw Millefiori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*, 97(2), 217-222.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333.
- Busch, J.L.H.C., Hrcirik, K., Bulukin, E., Boucon, C., Mascini, M. (2006). Biosensor measurements of polar phenolics for the assessment of the bitterness and pungency of virgin olive oil. *J. Agric. Food. Chem.* 54: 4371-4377.
- Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M. and Parenti, A. (2000). Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chem* 71: 553-562.

Chen, L., Mehta, A., Berenbaum, M., Zangerl, A. R., & Engeseth, N. J. (2000). Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10), 4997-5000.

Chow, J. (2002). Probiotics and prebiotics: a brief overview. *Journal of renal nutrition*, 12(2), 76-86.

Cummings, E. A., Linquette-Mailley, S., Mailley, P., Cosnier, S., Eggins, B. R., & McAdams, E. T. (2001). A comparison of amperometric screen-printed, carbon electrodes and their application to the analysis of phenolic compounds present in beers. *Talanta*, 55(5), 1015-1027.

Cummings, E. A., Mailley, P., Linquette-Mailley, S., Eggins, B. R., McAdams, E. T., & McFadden, S. (1998). Amperometric carbon paste biosensor based on plant tissue for the determination of total flavanol content in beers. *Analyst*, 123(10), 1975-1980.

Dustmann, J. H. (1979). Antibacterial effect of honey. *Apiacta*, 14(1), 7-11.

Eggins, B.R., Hickey, C., Toft, S.A., Zhou, D.M. (1997). Determination of flavonols in beers with tissue biosensors. *Anal Chim Acta* 347: 281-288.

Electrochemical Biosensors as a Tool for the Determination of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity in Foods and Beverages in Biosensor in Food Processing, Safety and Quality Control, Cap 10 CRC Press

Emsen, I. M. (2007). A different and safe method of split thickness skin graft fixation: Medical honey application. *Burns*, 33(6), 782-787.

Eteraf-Oskouei, T., & Najafi, M. (2013). Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. *Iranian journal of basic medical sciences*, 16(6), 731.

Halvorsen, B. L., Carlsen, M. H., Phillips, K. M., Bøhn, S. K., Holte, K., Jacobs Jr, D. R., & Blomhoff, R. (2006). Content of redox-active compounds (ie, antioxidants) in foods consumed in the United States. *The American journal of clinical nutrition*, 84(1), 95-135.

Hegazi, A. G., El-Hady, A., & Faten, K. (2009). Influence of honey on the suppression of human low density lipoprotein (LDL) peroxidation (in vitro). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 6(1), 113-121.

Jeffrey, A. E., & Echazarreta, C. M. (1996). Medical uses of honey. *Rev Biomed*, 7(1), 43-49.

Johnson, D. W., van Eps, C., Mudge, D. W., Wiggins, K. J., Armstrong, K., Hawley, C. M., ... & Gibbs, H. (2005). Randomized, controlled trial of topical exit-site application of honey (Medihoney) versus mupirocin for the prevention of catheter-

associated infections in hemodialysis patients. *Journal of the American Society of Nephrology*, 16(5), 1456-1462.

Johnston, J. E., Sepe, H. A., Miano, C. L., Brannan, R. G., & Alderton, A. L. (2005). Honey inhibits lipid oxidation in ready-to-eat ground beef patties. *Meat science*, 70(4), 627-631.

Johnston, J. E., Sepe, H. A., Miano, C. L., Brannan, R. G., & Alderton, A. L. (2005). Honey inhibits lipid oxidation in ready-to-eat ground beef patties. *Meat science*, 70(4), 627-631.

Kanner, J., German, J.B. and Kinsella, J.E. (1987). Initiation of lipid peroxidation in biological systems. *Crit Rev Food Sci Nutr* 25: 317-364.

Karabagias, I. K., Badeka, A. V., Kontakos, S., Karabournioti, S., & Kontominas, M. G. (2014). Botanical discrimination of Greek unifloral honeys with physico-chemical and chemometric analyses. *Food Chemistry*, 165, 181-190.

Karabagias, I. K., Louppis, A. P., Kontakos, S., Drouza, C., & Papastephanou, C. (2018). Characterization and botanical differentiation of monofloral and multifloral honeys produced in Cyprus, Greece, and Egypt using physicochemical parameter analysis and mineral content in conjunction with supervised statistical techniques. *Journal of analytical methods in chemistry*, 2018.

Katzung, B. G. (2012). *Basic and clinical pharmacology*. Mc Graw Hill.

Khalil, M. L., & Sulaiman, S. A. (2010). The potential role of honey and its polyphenols in preventing heart disease: a review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 7(4).

Kılıcoglu, B., Gencay, C., Kismet, K., Kılıcoglu, S. S., Erguder, I., Erel, S., ... & Akkus, M. A. (2008). The ultrastructural research of liver in experimental obstructive jaundice and effect of honey. *The American journal of surgery*, 195(2), 249-256.

Kim, H.J., Chang, S.C. and Shim, Y.B. (2002). Cyclodextrin modified screen printed graphite electrodes for detection of phenols. *Bull Korean Chem Soc* 23: 427- 431.

Kocot, J., Kielczykowska, M., Luchowska-Kocot, D., Kurzepa, J., & Musik, I. (2018). Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: possible medical application. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018.

Korkmaz, A., & Kolankaya, D. (2009). Anzer honey prevents N-ethylmaleimide-induced liver damage in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 61(4), 333-337.

- Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, *100*(2), 526-534.
- Labuda, J., Bučková, M., Heilerova, L., Čaniova-Žiaková, A., Brandšteterová, E., Mattusch, J., & Wennrich, R. (2002). Detection of antioxidative activity of plant extracts at the DNA-modified screen-printed electrode. *Sensors*, *2*(1), 1-10.
- Meda, A., Lamien, C. E., Millogo, J., Romito, M., & Nacoulma, O. G. (2004). Therapeutic uses of honey and honeybee larvae in central Burkina Faso. *Journal of ethnopharmacology*, *95*(1), 103-107.
- Medhi, B., Puri, A., Upadhyay, S., & Kaman, L. (2008). Topical application of honey in the treatment of wound healing: a metaanalysis. *JK Sci*, *10*(4), 166-169.
- Ming-Hua, Y. and Schaich, K.M. (1996). Factors affecting DNA damage caused by lipid hydroperoxides and aldehydes. *Free Radical Biol Med* *20*: 225-236.
- Molan, P. (2001). Why honey is effective as a medicine: 2. The scientific explanation of its effects. *Bee world*, *82*(1), 22-40.
- Molan, P. C. (2001). The potential of honey to promote oral wellness. *General dentistry*, *49*(6), 584-590.
- Molan, P. C., & Allen, K. L. (1996). The effect of gamma-irradiation on the antibacterial activity of honey. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *48*(11), 1206-1209.
- Molyneux P (2004) The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J Sci Technol* *26*: 211-219.
- Moundoi, M. A., Padila-Zakour, O. I., & Worobo, R. W. (2001). Antimicrobial activity of honey against food pathogens and food spoilage microorganisms. *NYSAES*, *1*, 61-71.
- Olaitan, P. B., Adeleke, O. E., & Iyabo, O. O. (2007). Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African health sciences*, *7*(3).
- Olaitan, P. B., Adeleke, O. E., & Iyabo, O. O. (2007). Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African health sciences*, *7*(3).
- Pisoschi, A. M., & Negulescu, G. P. (2011). Methods for total antioxidant activity determination: a review. *Biochem Anal Biochem*, *1*(1), 106.
- Pisoschi, A. M., & Negulescu, G. P. (2012). *Methods for Total Antioxidant Activity Determination: A Review. Biochemistry & Analytical Biochemistry*, *01*(01).

- Rakha, M. K., Nabil, Z. I., & Hussein, A. A. (2008). Cardioactive and vasoactive effects of natural wild honey against cardiac malperformance induced by hyperadrenergic activity. *Journal of Medicinal Food*, 11(1), 91-98.
- Rakha, M. K., Nabil, Z. I., & Hussein, A. A. (2008). Cardioactive and vasoactive effects of natural wild honey against cardiac malperformance induced by hyperadrenergic activity. *Journal of Medicinal Food*, 11(1), 91-98.
- Ramadan-Hassanien, M.F. (2008). Total antioxidant potential of juices, beverages and hot drinks consumed in Egypt screened by DPPH in vitro assay. *Grasas y aceites* 59: 254-259.
- Romani, A., Minunni, M., Mulinacci, N., Pinelli, P., Vincieri, F. F., Del Carlo, M., & Mascini, M. (2000). Comparison among differential pulse voltammetry, amperometric biosensor, and HPLC/DAD analysis for polyphenol determination. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(4), 1197-1203.
- Selwyn, A.P., Braunwald, E. (2004). Ischemic heart diseases. In: Kasper LD, Fauci SA, editors. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 16th ed. New York: The McGraw-Hill companies, pp. 1434–1444.
- Shimazawa, M., Chikamatsu, S., Morimoto, N., Mishima, S., Nagai, H., & Hara, H. (2005). Neuroprotection by Brazilian green propolis against in vitro and in vivo ischemic neuronal damage. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2(2), 201-207.
- Storz, G., & Imlay, J. A. (1999). Oxidative stress. *Current opinion in microbiology*, 2(2), 188-194.
- Subrahmanyam, M. (1991). Topical application of honey in treatment of burns. *British Journal of Surgery*, 78(4), 497-498.
- Swellam, T., Miyanaga, N., Onozawa, M., Hattori, K., Kawai, K., Shimazui, T., & Akaza, H. (2003). Antineoplastic activity of honey in an experimental bladder cancer implantation model: in vivo and in vitro studies. *International journal of urology*, 10(4), 213-219.
- Tonks, A., Cooper, R. A., Price, A. J., Molan, P. C., & Jones, K. P. (2001). Stimulation of TNF- $\alpha$  release in monocytes by honey. *Cytokine*, 14(4), 240-242.
- Yaghoobi, N., Al-Waili, N., Ghayour-Mobarhan, M., Parizadeh, S. M. R., Abasalti, Z., Yaghoobi, Z., ... & Ferns, G. A. A. (2008). Natural honey and cardiovascular risk factors; effects on blood glucose, cholesterol, triacylglycerole, CRP, and body weight compared with sucrose. *TheScientificWorldJournal*, 8, 463-469.

- Yan, X., Murphy, B. T., Hammond, G. B., Vinson, J. A., & Neto, C. C. (2002). Antioxidant activities and antitumor screening of extracts from cranberry fruit (*Vaccinium macrocarpon*). *Journal of agricultural and food chemistry*, *50*(21), 5844-5849.
- Yao, L., Datta, N., Tomas-Barberan, F. A., Ferreres, F., Martos, I., & Singanusong, R. (2003). Flavonoids, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand *Leptospermum* honeys. *Food Chemistry*, *81*(2), 159-168.
- Zaid, S. S., Sulaiman, S. A., Sirajudeen, K. N., & Othman, N. H. (2010). The effects of Tualang honey on female reproductive organs, tibia bone and hormonal profile in ovariectomised rats-animal model for menopause. *BMC complementary and alternative medicine*, *10*(1), 1-7.
- Zalibera, M., Staško, A., Šlebodová, A., Jančovičová, V., Čermáková, T., & Brezová, V. (2008). Antioxidant and radical-scavenging activities of Slovak honeys—An electron paramagnetic resonance study. *Food Chemistry*, *110*(2), 512-521.
- Zumla, A., & Lulat, A. (1989). Honey-a remedy rediscovered. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *82*(7), 384-385.