ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Π.Μ.Σ. ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΤΡΟΦΗ, ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου έξι ποικιλιών ελληνικού μελιού

ΘΕΟΔΩΡΑ Δ. ΓΟΥΡΔΟΜΙΧΑΛΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΑΙΜΙΛΙΑ ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Π.Μ.Σ. ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΤΡΟΦΗ, ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου έξι ποικιλιών ελληνικού μελιού

ΘΕΟΔΩΡΑ Δ. ΓΟΥΡΔΟΜΙΧΑΛΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΑΙΜΙΛΙΑ ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Π.Μ.Σ. ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΤΡΟΦΗ, ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου έξι ποικιλιών ελληνικού μελιού

ΘΕΟΔΩΡΑ Δ. ΓΟΥΡΔΟΜΙΧΑΛΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΑΙΜΙΛΙΑ ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:
ΑΙΜΙΛΙΑ ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ
ΠΑΣΧΑΛΗΣ ΧΑΡΙΖΑΝΗΣ
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΑΛΟΥΧΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της ερευνητικής ομάδας, Παπαλέξη Αικατερίνη, Καρδαρά Ιωάννα και Βενέτη Νατάσα, οι οποίες συνέβαλαν σημαντικά στην πραγματοποίηση της μελέτης.

Οφείλω θερμά ευχαριστώ στην επιβλέπουσα καθηγήτρια Παπακωνσταντίνου Αιμιλία για την καθοδήγησή της καθ' όλα τα στάδια της μελέτης, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Χαριζάνη Πασχάλη και Μαλλούχο Αθανάσιο.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για τη θερμή υποστήριξη στο βήμα της απόκτησης του Μεταπτυχιακού αυτού Τίτλου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ **5**
Περίληψη **6**
Abstract **7**
2. Εισαγωγή **8**
2.1 Μέλι 8
2.1.1 Περιγραφή και ορισμός μελιού 8
2.1.2 Γενικά Στοιχεία και διάκριση ειδών μελιού 8
2.1.3 Χημική Σύσταση - Διατροφική Αξία 10
2.2 Γλυκαιμικός δείκτης (ΓΔ) και γλυκαιμικό φορτίο (ΓΦ) 16
2.2.1 Ορισμοί 16
2.2.2 Συνιστώμενη μεθοδολογία 18
2.2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση 20
2.3 Επίδραση του μελιού στην υγεία του ανθρώπου 24
2.4 Σκοπός της μεταπτυχιακής ερευνητικής μελέτης 27
3. Μεθοδολογία **28**
3.1 Εθελοντές και μεθοδολογία 28
3.2 Αξιολόγηση του Γλυκαιμικού Δείκτη 28
3.3 Ανθρωπομετρικές μετρήσεις 32
3.4 Διαιτητική πρόσληψη 32
3.5 Εκτίμηση υποκειμενικής πείνας και κορεσμού (VAS) 33
3.6 Στατιστική Ανάλυση 33
4. Αποτελέσματα **35**
5. Συζήτηση - Συμπεράσματα **41**
6. Παράρτημα **48**
6.1 Διαγράμματα αποτελεσμάτων 48
6.2 Πίνακες αποτελεσμάτων 51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ **56**

Περίληψη

Τίτλος: Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου έξι ποικιλιών ελληνικού μελιού

Υπόβαθρο και στόχος: Η κατανάλωση του μελιού φαίνεται να επιδρά ευνοϊκά στην γλυκαιμική απόκριση σε σύγκριση με τη γλυκόζη. Προηγούμενες μελέτες δείχνουν αντικρουόμενα αποτελέσματα ως προς την επίδραση των συστατικών του και της γεωγραφικής του προέλευσης στο γλυκαιμικό δείκτη. Σκοπός της μελέτης είναι ο προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη (ΓΔ) και του γλυκαιμικού φορτίου (ΓΦ) έξι ποικιλιών ελληνικού μελιού (πεύκο, έλατο, ερείκη, εσπεριδοειδή, θυμάρι και καστανιά) και έπειτα διερεύνηση της επίδρασής τους στις μεταγευματικές συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου και στο υποκειμενικό αίσθημα όρεξης και κορεσμού.

Μεθοδολογία: 11 υγιείς εθελοντές ηλικίας 26,6 ± 6,5 έτη και ΔΜΣ 23,8 ± 4,1 kg/m^2 (μ.τ. ± S.E.M) κατανάλωσαν τυχαιοποιημένα έξι ροφήματα μελιού και τρία γλυκόζης (τρόφιμο ελέγχου) που απέδιδαν 50g διαθέσιμων υδατανθράκων. Οι γλυκαιμικοί δείκτες υπολογίστηκαν σύμφωνα με τη συνιστώμενη μέθοδο του FAO. Η συλλογή σιέλου για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων ινσουλίνης πραγματοποιήθηκε στους χρόνους 0, 60 και 120 λεπτά και η συμπλήρωση της οπτικής αναλογικής κλίμακας (VAS) 100mm στους χρόνους 0 και 120 λεπτά.

Αποτελέσματα: Τα μέλια από έλατο και καστανιά απέδωσαν μέτριο ΓΔ (<70), ενώ όλες οι ποικιλίες κατατάχθηκαν ως χαμηλού ή μετρίου ΓΦ (<20) στην κλίμακα της γλυκόζης. Υπήρχε σημαντική κύρια επίδραση του χρόνου στις συγκεντρώσεις γλυκόζης του αίματος, ινσουλίνης σιέλου και στις εκτιμήσεις της υποκειμενικής πείνας ($p<0.05$). Η ποικιλία μελιού επηρέασε σημαντικά τις συγκεντρώσεις γλυκόζης, τις τιμές iAUC και το ΓΔ/ΓΦ ($p<0.05$). Η κατανάλωση των ροφημάτων μελιού και της γλυκόζης επέδρασαν παρόμοια στις τιμές iAUC της ινσουλίνης σιέλου και στην αύξηση του υποκειμενικού αισθήματος της πείνας. Η περιεκτικότητα των μελιών σε σακχαρόζη συσχετίστηκε αρνητικά με το γλυκαιμικό φορτίο ($p<0.05$).

Συμπεράσματα: Η κατανάλωση μελιού από έλατο και καστανιά φαίνεται να αποτελεί καλύτερη επιλογή ανάμεσα στις διαθέσιμες ποικιλίες. Παρ' όλα αυτά χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών των ελληνικών μελιών σε δείκτες υγείας.

Λέξεις-κλειδιά: μέλι, γλυκαιμικός δείκτης, γλυκαιμικό φορτίο, ινσουλίνη σιέλου

Abstract

Title: Determination of the glycemic index and glycemic load of six Greek honey varieties

Background: Honey consumption seems to affect favorably the glycemic response compared to glucose. Previous studies show conflicting results on glycemic index as its ingredients and geographic region are concerned. The purpose of this study was to determine the glycemic index (GI) and glycemic load (GL) of six Greek honey varieties (pine, fir, heather, citrus, thyme and chestnut) and then, investigate their effect on salivary insulin concentrations and subjective appetite and satiety.

Methods: 11 metabolically healthy volunteers (26,6 ± 6,5 years of age and BMI 23,8 ± 4,1kg/m^2 (mean ± SEM)), consumed randomly six honey and three glucose beverages (control meal) that provided 50g available carbohydrates. The GI's were calculated by using the FAO recommended method. Saliva samples were collected at baseline, 60min and 120min after each beverage. Appetite and satiety were assessed by using visual analogue scales (VAS) at baseline and 120min.

Results: Honeys from fir and chestnut provided a medium GI (<70), while the GL remained low or medium in all varieties (<20 on glucose scale). There was a significant main effect of time on blood glucose, salivary insulin and subjective hunger ratings ($p<0.05$). Honey variety showed a statistically significant effect on blood glucose, iAUC for glucose and GI/GL values ($p<0.05$). Moreover, in all beverages a similar increase on salivary insulin concentrations and subjective hunger was observed. Sucrose content of honeys was inversely associated with GL ($p<0.05$).

Conclusions: Fir and chestnut honey consumption seem to be a better choice between the six varieties. However, further investigation is needed concerning the effect of Greek honeys on biological indices.

Key-words: honey, glycemic index, glycemic load, salivary insulin

2. Εισαγωγή

2.1 Μέλι

2.1.1 Περιγραφή και ορισμός μελιού

Το μέλι είναι το τρόφιμο που συλλέγουν οι μέλισσες (Apis *mellifera*) από τα ζωντανά μέρη των φυτών ή από εκκρίσεις εντόμων, που μεταφέρουν στην κυψέλη τους, μεταποιούν, εμπλουτίζουν με δικές τους ουσίες και αποθηκεύουν στις κηρήθρες τους μέχρι να ωριμάσει. Είναι η μόνη γλυκιά ουσία που δεν χρειάζεται περαιτέρω χειρισμό και επεξεργασία για να καταστεί έτοιμη για κατανάλωση [1,2].

2.1.2 Γενικά Στοιχεία και διάκριση ειδών μελιού

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία αποτελεί σημαντικό εισαγωγέα και παραγωγό μελιού, η ετήσια κατανάλωση κατά κεφαλήν ποικίλλει από μέτρια (0,3–0,4 kg) στην Ιταλία, Γαλλία, Μεγάλη Βρετανία, Δανία και Πορτογαλία έως υψηλή στην Ελλάδα, Γερμανία, Αυστρία, Ελβετία και Ουγγαρία (1–1.8 kg) [6]. Αντιθέτως έχει αναφερθεί χαμηλή κατανάλωση μελιού σε χώρες όπως οι Η.Π.Α., ο Καναδάς και η Αυστραλία (μέση κατά κεφαλήν κατανάλωση 0,6–0,8 kg/έτος) [6] .

Η Ελλάδα παράγει κατά προσέγγιση 16.000 τόνους μελιού ετησίως, το 60–65% του οποίου είναι μέλι από πεύκο, το 10% μέλι από θυμάρι, ένα 10% μέλι από εσπεριδοειδή και 5–10% μέλι από έλατο [4]. Τα μέλια από καστανιά, ερείκη, βελανιδιά και βαμβάκι παράγονται σε μικρότερες ποσότητες [4]. Όσον αφορά στον αριθμό των μελισσιών, η Ελλάδα καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση στην Ε.Ε. με 1.497.690 κυψέλες μετά την Ισπανία (2.320.949) και ακολουθούν η Γαλλία (1.360.976) η Ιταλία (1.157.133) και η Πολωνία (1.091.930), σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat [6]. Η Ελλάδα είναι μια από τις ελάχιστες χώρες που με νομοθετική ρύθμιση έχει καθορίσει

συγκεκριμένα φυσικοχημικά και μικροσκοπικά χαρακτηριστικά για τις εξής οχτώ αμιγείς κατηγορίες μετά από ερευνητική δραστηριότητα χρόνων: μέλι από πεύκο (μελίτωμα), μέλι από έλατο (μελίτωμα), μέλι από καστανιά (ανθέων με στοιχεία μελιτώματος), μέλι από ερείκη (ανθέων), μέλι από θυμάρι (ανθέων), μέλι από πορτοκαλιά (ανθέων), μέλι από βαμβάκι (ανθέων), μέλι από ηλίανθο (ανθέων) [80]. Οι συγκεκριμένοι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση των παραπάνω αμιγών τύπων ελληνικού μελιού περιλαμβάνονται στο ΦΕΚ Β-239/23-2-2005 [5]. Από την Ελλάδα έχει καταχωρηθεί ως ΠΟΠ το εξαιρετικό μέλι «Ελάτης Μαινάλου-Βανίλια» το οποίο παράγεται αποκλειστικά στο Νομό Αρκαδίας στο όρος Μαίναλο (Πελοπόννησος) και αναγνωρίσθηκε το 1996 (Καν.1263/1996) [5].

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών για την ταυτοποίηση αμιγών Ελληνικών ποικιλιών μελιού πεύκου, ελάτης, καστανιάς, ερείκης, θυμαριού, πορτοκαλιάς, βαμβακιού και ηλίανθου χρησιμοποιούνται οι παρακάτω παράμετροι [5].

Παράμετρος	**ΕΙΔΟΣ ΜΕΛΙΟΥ**							
	Πεύκο	Έλατο	Καστανιά	Ερείκη	Θυμάρι	Πορτοκαλιά	Βαμβάκι	Ηλίανθος
Υγρασία (%)		≤18,5						
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mS/cm)	≥0,9	≥1,0	≥1,1		≤0,6	≤0,45		
Κύριος γυρεόκοκκος % των γυρεοκόκκων των νεκταροφόρων φυτών			≥87	≥45	≥18*	≥3	≥3	≥ 20
HDE/P**	Ποικίλλει	Ποικίλλει						
PK/10g ***	Ποικίλλει Σημαντική παρουσία χαρακτηριστικών στοιχείων μελιτωμάτων (μύκητες, καπνίες)	Ποικίλλει Απλή παρουσία χαρακτηριστικών στοιχείων μελιτωμάτων (μύκητες)	≥100.000		<90.000	<70.000	<90.000	<55.000

* Το ποσοστό των συνοδών γυρεοκόκκων ενός είδος φυτού δεν πρέπει να ξεπερνά το 45%

**Honeydew elements/Pollen (στοιχεία μελιτωμάτων/ γυρεόκοκκοι νεκταροφόρων φυτών)

*** PK/10g: Συνολικός αριθμός γυρεόκοκκων /10g

Εικόνα 1. Παράμετροι ταυτοποίησης αμιγών ποικιλιών ελληνικού μελιού [5]

Κατηγορίες-Τύποι Μελιού

Το μέλι ταξινομείται σύμφωνα με τη βοτανική ή γεωγραφική προέλευση, την εποχή ή περιοχή συλλογής, τη φυσική του κατάσταση, ή τη συσκευασία και τον τρόπο που προσφέρεται προς κατανάλωση [(2)].

1. Βοτανική Προέλευση: Το μέλι παίρνει το όνομα του φυτού από το οποίο προήλθε το νέκταρ του άνθους και ονομάζεται ανθόμελο ή μελίτωμα όταν προέρχεται από εκκρίσεις δένδρων ή εντόμων στα δένδρα. Μπορεί να προέλθει από ένα μόνο φυτό ή από μίγμα φυτών που είναι ανθισμένα την περίοδο που συλλέγονται από τις μέλισσες. Έτσι έχουμε μέλι από έλατο, μέλι από θυμάρι, μέλι από πεύκο κτλ.
2. Εποχή ή Τόπος Προέλευσης: Το μέλι μπορεί να προήλθε από μίγμα νέκταρος διάφορων λουλουδιών αλλά να χαρακτηρίζεται ανάλογα την εποχή τρυγητού ή την περιοχή, π.χ. ανοιξιάτικο, φθινοπωρινό, βουνίσιο κτλ.
3. Φυσική Κατάσταση: Μπορεί να είναι ρευστό ή κρυσταλλωμένο ή να πωλείται μαζί με την κηρήθρα (μελικηρήδιο) [(2)].

2.1.3 Χημική Σύσταση - Διατροφική Αξία

Το μέλι αποτελεί ένα πολύ θρεπτικό τρόφιμο λόγω της ποικιλίας των συστατικών που περιέχει [(7)]. Είναι ένα υπερκορεσμένο σακχαρώδες διάλυμα, στο οποίο το 95% του ξηρού βάρους προέρχεται από σάκχαρα και νερό με την παρουσία βιταμινών, μετάλλων, ενζύμων, οργανικών ενώσεων, αμινοξέων και πολυάριθμων πτητικών συστατικών ως ιχνοστοιχεία [(7)]. Αναλυτικά, η χημική του σύσταση φαίνεται στους Πίνακες 1 και 2. Η κατανομή των ιχνοστοιχείων στη σύσταση του μελιού διαμορφώνει το οργανοληπτικό και διατροφικό προφίλ [(7)]. Παρ' όλα αυτά η χημική σύσταση του μελιού σχετίζεται άμεσα με τη βοτανική προέλευση και τη γεωγραφική

περιοχή, γιατί το έδαφος και οι περιβαλλοντικές συνθήκες διαμορφώνουν τη μελιτοφόρο χλωρίδα [7].

Τα ανθόμελα εμφανίζουν αρκετές διαφορές στη σύστασή τους συγκριτικά με τα μελιτώματα [7]. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όπως η ενεργή οξύτητα (pH), η οξύτητα, το περιεχόμενο σε προλίνη και τέφρα, το χρώμα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό ανθόμελων και μελιτωμάτων [7]. Τα μελιτώματα έχουν σκούρο χρώμα, υψηλότερο pH αλλά και μεγαλύτερη οξύτητα που οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση οξικού οξέος ως αποτέλεσμα του μικροβιακού μεταβολισμού τους [7].

Πίνακας 1. Διατροφική Αξία του Μελιού(g/100g μελιού) [7]

	Ανθόμελα		**Μελιτώματα**	
	Εύρος	Μέση Τιμή	Εύρος	Μέση Τιμή
Νερό	15-20	17,2	15-20	16,3
Υδατάνθρακες		79,7		80,5
Μονοσακχαρίτες				
Φρουκτόζη	30-45	38,2	28-40	31,8
Γλυκόζη	24-40	31,3	19-32	26,1
Δισακχαρίτες				
Σακχαρόζη	0,1-4,8	0,7	0,1-4,7	0,5
Άλλοι	2,0-8,0	5,0	1,0-6,0	4,0
Τρισακχαρίτες				
Ολιγοσακχαρίτες		3,1		10,1
Ερλόζη	0,5-6,0	0,8	0,1-6,0	0,1
Μελεζιτόζη		<0,1	0,3-22	4,0
Άλλοι	0,5-1,0	0,5	0,1-6,0	3,0
Μέταλλα	0,1-0,5	0,2	0,6-2,0	0,9
Αμινοξέα, πρωτεΐνες	0,2-0,4	0,3	0,4-0,7	0,6
Οξέα	0,2-0,8	0,5	0,8-1,5	1,1
PH	3,2-4,5	3,9	4,5-6,5	5,2

Πίνακας 2. Μέταλλα και Βιταμίνες του Μελιού (mg/100g μελιού) [7]

Μέταλλα	Ποσότητα	**Βιταμίνες**	Ποσότητα
Νάτριο	1,6-17,0	*Θειαμίνη (Β1)*	0,00-0,01
Ασβέστιο	3,0-31,0	*Ριβοφλαβίνη (Β2)*	0,01-0,02
Κάλιο	40-3500	*Νιασίνη (Β3)*	0,10-0,20
Μαγνήσιο	0,7-13,0	*Παντοθενικό Οξύ (Β5)*	0,02-0,11
Φώσφορος	2,0-15,0	*Πυριδοξίνη (Β6)*	0,01-0,32
Σελήνιο	0,002-0,01	*Φυλλικό Οξύ (Β9)*	0,002-0,01
Χαλκός	0,02-0,6	*Ασκορβικό Οξύ (C)*	2,2-2,5
Σίδηρος	0,03-4,0	*Φυλλοκινόνη (Κ)*	0,025
Μαγγάνιο	0,02-2,0		
Χρώμιο	0,01-0,3		
Ψευδάργυρος	0,05-2,0		

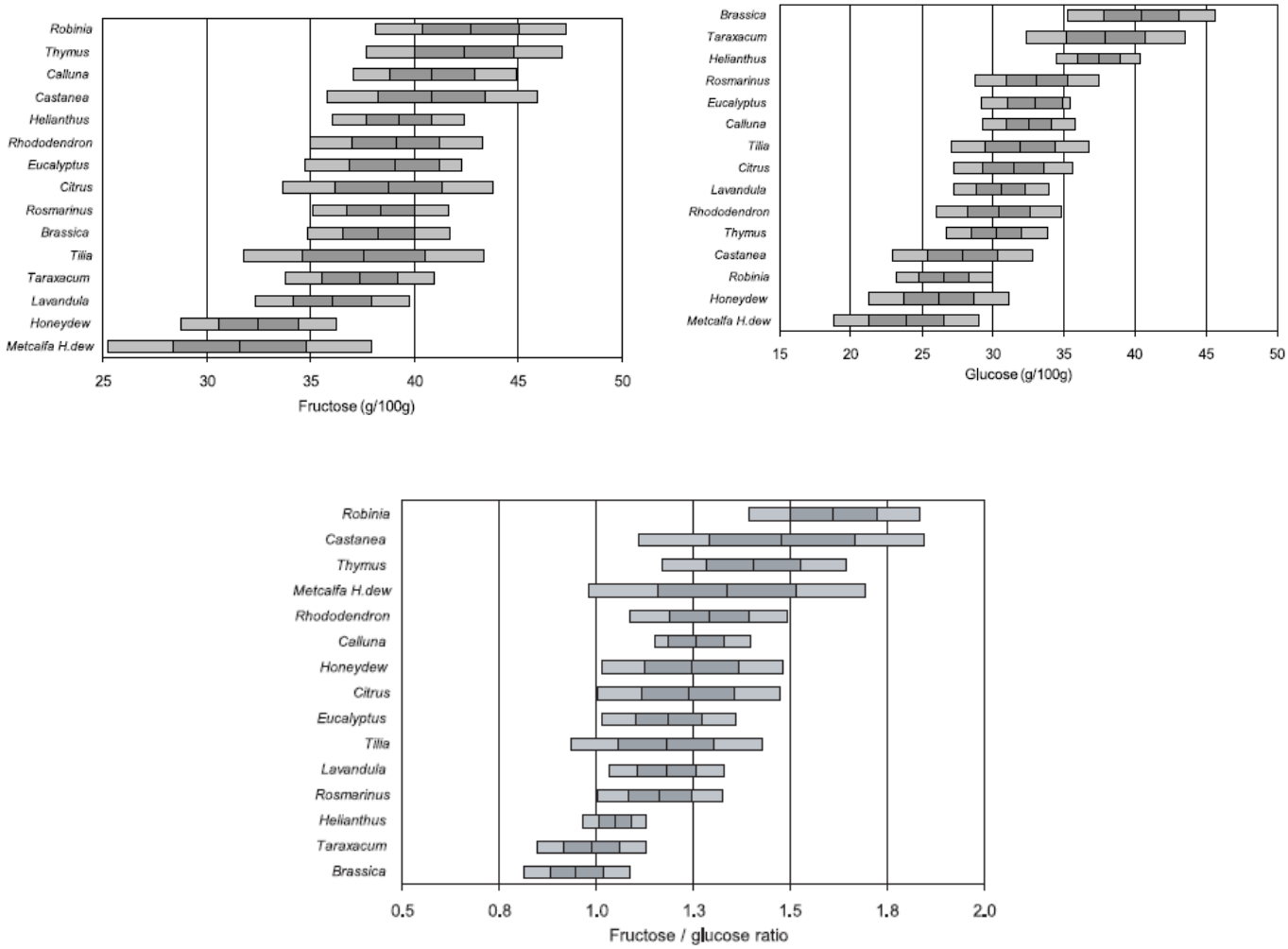
Υδατάνθρακες

Στο μέλι συναντώνται περίπου 26 διαφορετικά είδη υδατανθράκων, που είτε προϋπάρχουν στο νέκταρ, είτε σχηματίζονται κατά την ωρίμανση του μελιού [11]. Κατά τη διαδικασία της πέψης, η φρουκτόζη και η γλυκόζη του μελιού μεταφέρονται γρήγορα στο αίμα και χρησιμοποιούνται για τις ενεργειακές απαιτήσεις του οργανισμού. Μια ημερήσια δόση μελιού των 20g καλύπτει περίπου 3% των ημερήσιων ενεργειακών αναγκών (2000 θερμίδες) [11].

Τα μελιτώματα περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό ολιγοσακχαριτών, κυρίως ερλόζη, μελεζιτόζη και ραφινόζη [26]. Οι δύο τελευταίοι δεν εντοπίζονται στα ανθόμελα [26]. Το μέλι γενικά περιέχει περισσότερους από 20 διαφορετικούς ολιγοσακχαρίτες και η αναλογία γλυκόζης – φρουκτόζης διαφέρει ανάλογα με τον

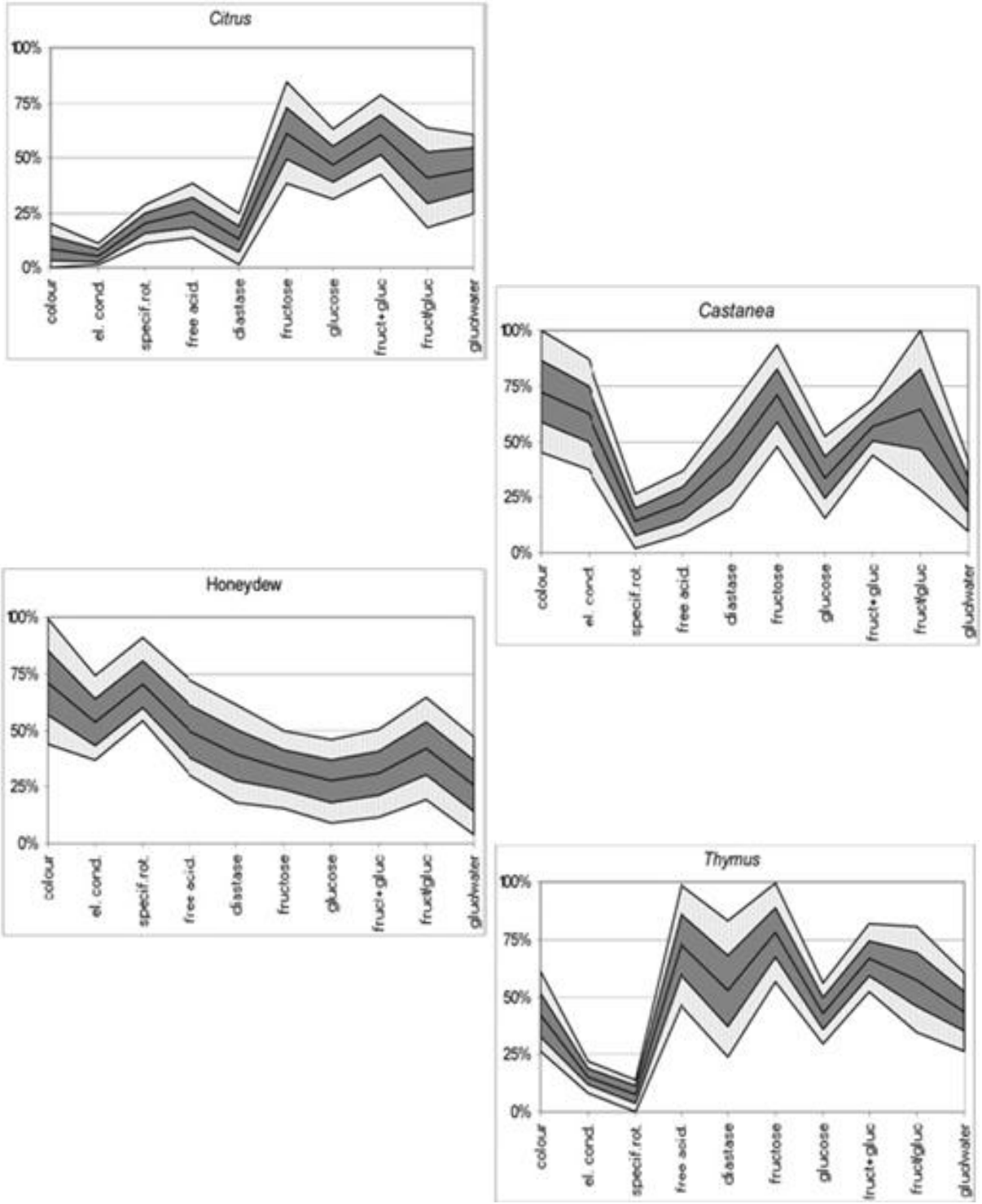
τόπο προέλευσης και βοηθά στην αναγνώριση και κατάταξη του μελιού [8]. Το περιεχόμενο του μελιού σε μαλτόζη και μαλτοτριόζη είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των σιροπιών ζάχαρης [8].

Σε μια αναλυτική αναφορά του τμήματος Μελισσοκομίας του Ινστιτούτου Ζωολογίας της Ρώμης παρουσιάστηκαν οι συστάσεις και οι φυσικοχημικές ιδιότητες 15 τύπων μελιών ως αποτέλεσμα μελέτης 61.000 δειγμάτων μελιού από 21 χώρες τις Ευρώπης. Παρακάτω βλέπουμε τις κατανομές φρουκτόζης, γλυκόζης και λόγου φρουκτόζης προς γλυκόζη για τις σημαντικότερες αμιγείς ποικιλίες [10].



Εικόνα 2. Μεταβλητότητα φρουκτόζης, γλυκόζης και λόγου φρουκτόζης προς γλυκόζη σε αμιγείς ποικιλίες μελιού. Η σκούρα γκρι περιοχή δείχνει το μ.ο. ± τ.α., η ανοιχτή γκρι περιοχή δείχνει τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές [10]

Στη συνέχεια ακολουθούν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά για μέλι από εσπεριδοειδή, καστανιά, θυμάρι και μελίτωμα.



Εικόνα 3. Φυσικοχημικά προφίλ των κυριότερων Ευρωπαϊκών αμιγών μελιών. Οι τιμές κάθε παραμέτρου εκφράζονται σαν ποσοστό του πειραματικού εύρους των δειγμάτων [10]

Πρωτεΐνες, ένζυμα και αμινοξέα

Το μέλι είναι ένα τρόφιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με τις μέγιστες συγκεντρώσεις να φτάνουν σε 1mg/g μελιού [3]. Όπως και με όλα τα συστατικά του μελιού, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ποικίλλει στα διάφορα είδη μελιού [2]. Όσον αφορά στα αμινοξέα, η προλίνη εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό (50% των ελεύθερων αμινοξέων) και ακολουθεί πληθώρα από τα υπόλοιπα σε πολύ μικρά ποσοστά. Οι πρωτεΐνες και τα αμινοξέα μπορούν να προέλθουν από το νέκταρ, τη γύρη ή/και το σώμα των μελισσών [2]. Τα τρία κύρια ένζυμα που απαντώνται στο μέλι είναι η διαστάση (αμυλάση), η ιμβερτάση (σακχαράση, α-γλυκοσιδάση) και η γλυκόζη-οξειδάση. Η διαστάση διασπά το άμυλο σε απλούστερους υδατάνθρακες, ελαττώνεται ή καταστρέφεται με τη θέρμανση και έχει χρησιμοποιηθεί σα δείκτης θέρμανσης του μελιού. Η ιμβερτάση (σακχαράση, α-γλυκοσιδάση) διασπά τη σακχαρόζη σε γλυκόζη και φρουκτόζη. Η γλυκόζη-οξειδάση οξειδώνει τη γλυκόζη σε γλυκονικό οξύ, παράγοντας και υπεροξείδιο του υδρογόνου, στο οποίο οφείλεται η αντιβακτηριδιακή δράση του μελιού [2,3].

Πολυφαινόλες

Οι πολυφαινόλες φαίνεται να παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση και στις λειτουργικές ιδιότητες του μελιού, πέραν των ιχνοστοιχείων και τα αρωματικών συστατικών (πτητικές ενώσεις) [3,11]. Η κατανομή των κύριων φαινολικών οικογενειών (βενζοϊκά οξέα, κινναμικά οξέα και φλαβονοειδή) δείχνουν διαφορετικά προφίλ σε διαφορετικές ποικιλίες, με τα φλαβονοειδή να εντοπίζονται πιο συχνά στα ανθόμελα [3,11]. Οι πολυφαινόλες που βρίσκονται στο μέλι είναι κυρίως φλαβονοειδή (κερκετίνη, λουτεολίνη, καμπεφερόλη, απιγενίνη, χρυσίνη και γκαλαγκίνη), φαινολικά οξέα και παράγωγά τους [3,11].

Φαινολικά οξέα	Φλαβονοειδή
4-διμεθυλοαμινοβενζοϊκό οξύ	Απιγενίνη
Καφεϊκό οξύ	Γενιστεΐνη
p-κουμαρικό οξύ	Πινοσεμπρίνη
Γαλλικό οξύ	Τρικετίνη
Βανιλλικό οξύ	Χρυσίνη
Συριγγικό οξύ	Λουτεολίνη
Χλωρογενικό οξύ	Αιθέρες κερκετίνης
	Καμπεφερόλη
	Αιθέρες καμπεφερόλης
	Γκαλαγγίνη
	Πινομπαξίνη
	Μυρικετίνη
	Αιθέρες μυρικετίνης

Εικόνα 4. Φαινολικά οξέα και φλαβονοειδη στο μέλι [11]

2.2 Γλυκαιμικός δείκτης (ΓΔ) και γλυκαιμικό φορτίο (ΓΦ)

2.2.1 Ορισμοί

Ο γλυκαιμικός δείκτης (ΓΔ) αποτελεί ένα διατροφικό εργαλείο για την ταξινόμηση των υδατανθράκων σε διαφορετικά τρόφιμα, σύμφωνα με την επίδραση που έχουν στην γλυκόζη του αίματος μετά την κατανάλωση τους [29]. Λόγω της ανάγκης ύπαρξης ενός καθολικά αποδεκτού ορισμού για πρακτικά, αλλά και ερευνητικά ζητήματα, ιδιαίτερα με την αυξανόμενη τάση χρησιμοποίησης του ΓΔ ως διατροφικού ισχυρισμού, αναπτύχθηκε ο παρακάτω ορισμός κατά ISO: [30] «Ο ΓΔ είναι μια ιδιότητα των υδατανθράκων διαφορετικών τροφίμων και ειδικότερα των εύπεπτων υδατανθράκων, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να αυξάνουν τα επίπεδα γλυκόζης του αίματος. Συγκρίνει τους υδατάνθρακες μάζα προς μάζα σε μεμονωμένα τρόφιμα, στη φυσιολογική κατάσταση στην οποία αυτά καταναλώνονται» [29] . «Τρόφιμα χαμηλού ΓΔ θεωρούνται όσα περιέχουν υδατάνθρακες που επιδρούν σε μικρότερο βαθμό στα επίπεδα γλυκόζης του αίματος, επειδή η πέψη και απορρόφησή τους είναι πιο αργή ή επειδή τα σάκχαρα που περιέχουν (π.χ. φρουκτόζη, λακτόζη)

αυξάνουν τη γλυκόζη του αίματος σε μικρότερο βαθμό συγκριτικά με τη γλυκόζη. Όταν συνδυάζονται σε γεύματα, τα τρόφιμα χαμηλού ΓΔ παράγουν μικρότερη διακύμανση στη γλυκόζη του αίματος και στα επίπεδα ινσουλίνης συγκριτικά με τρόφιμα υψηλού ΓΔ. Η κλινική και πρακτική σημασία του ΓΔ συνεχίζει να μελετάται και υπάρχουν αυξανόμενες αποδείξεις ότι υπάρχουν οφέλη για την υγεία όταν τρόφιμα χαμηλού ΓΔ αντικαθιστούν τρόφιμα υψηλού ΓΔ στα πλαίσια μιας ισορροπημένης διατροφής» [14].

Το γλυκαιμικό φορτίο (ΓΦ) αποτελεί την ποσοτικοποίηση της ολικής γλυκαιμικής επίδρασης ενός τροφίμου καθώς συμπεριλαμβάνει την ποσότητα των υδατανθράκων του τροφίμου. Για αυτό το λόγο αποτελεί ακριβέστερο δείκτη από το γλυκαιμικό δείκτη. Το γλυκαιμικό φορτίο ενός τροφίμου προκύπτει ως το γινόμενο του ΓΔ και των διαθέσιμων υδατανθράκων σε μία δεδομένη ποσότητα τροφίμου (ΓΦ=ΓΔ xδιαθέσιμοι υδατάνθρακες/δεδομένη ποσότητα τροφίμου)[13]. Οι διαθέσιμοι υδατάνθρακες, μπορεί να έχουν διαφορετικές μονάδες μέτρησης, για παράδειγμα g ανά μερίδα, g ανά 100g τροφίμου, g ανά ημερήσια πρόσληψη και g ανά 1000kcal. Επομένως, ανάλογα με τη μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται, το ΓΦ μπορεί να έχει μονάδες g ανά μερίδα, g ανά 100g τροφίμου ή g ανά 1000 kcal [13].

Οι νεότερες συστάσεις της Αμερικανικής Διαβητολογικής Εταιρείας περιλαμβάνουν την πρόσληψη υδατανθράκων από τρόφιμα χαμηλού γλυκαιμικού φορτίου, καθώς φαίνεται να μειώνουν τη γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη (HbA1c) κατά 0,2-0,5% [77] . Επιπλέον από δύο μετα-αναλύσεις [78,79] προκύπτει ότι αύξηση 5 μονάδων στο γλυκαιμικό δείκτη και 20 μονάδων στο γλυκαιμικό φορτίο, αυξάνουν την επίπτωση του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 (RR=1.08 και RR=1.03 αντίστοιχα) [78] και ότι δίαιτες χαμηλού ΓΔ/ΓΦ δείχνουν να μειώνουν τη συγκέντρωση ινσουλίνης

νηστείας (WMD= -5.16mmol/l, p=0.002) και τη C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (WMD=-0.43, p=0.01) [79].

2.2.2 Συνιστώμενη μεθοδολογία

Η κατάταξη ενός τροφίμου σε μία από τις τρεις κατηγορίες απαιτεί μια προτυποποιημένη μεθοδολογία μέτρησης [14]. Η ένταξη δέκα ατόμων παρέχει έναν αποδεκτό βαθμό ισχύος και ακρίβειας στη μελέτη (80%) [14]. Όσον αφορά στον αριθμό των παρεμβάσεων που θα εξεταστεί το τρόφιμο αναφοράς (γλυκόζη ή λευκό ψωμί), η βιβλιογραφία προτείνει τουλάχιστον μία επανάληψη της παρέμβασης του τροφίμου αναφοράς για κάθε εθελοντή [14]. Επιπλέον προτείνεται η παροχή της ποσότητας 250ml νερού μαζί με τη μερίδα του τροφίμου που εξετάζεται [14]. Η κατανάλωση ροφημάτων είναι καλό να πραγματοποιηθεί μέσα σε 10 λεπτά, ενώ στερεά τρόφιμα σε 10 έως 20 λεπτά [14]. Το πρώτο δείγμα αίματος συλλέγεται 15 λεπτά από την αρχή της κατανάλωσης του τροφίμου [14]. Η μέτρηση του γλυκαιμικού δείκτη στα τρόφιμα υπό εξέταση βασίζεται στη χρήση ποσοτήτων των τροφίμων (μερίδες), οι οποίες αποδίδουν την ίδια περιεκτικότητα σε διαθέσιμους υδατάνθρακες [14]. Τα τρόφιμα, τα οποία εξετάζονται πρέπει να δίνουν 50g διαθέσιμων υδατανθράκων, εκτός εάν φέρουν χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και το μέγεθος της μερίδας πολύ μεγάλο [14]. Σε αυτή την περίπτωση η ποσότητα των διαθέσιμων υδατανθράκων προσαρμόζεται στα 25g [14]. Σημαντική παράμετρος της μέτρησης του γλυκαιμικού δείκτη είναι η ανάλυση των κύριων υδατανθράκων του τροφίμου με ακριβείς αναλυτικές μεθόδους [14].

Οι παρεμβάσεις για την εξέταση του τροφίμου δοκιμασίας και του τροφίμου ελέγχου πρέπει να πραγματοποιούνται πριν τις 10.00 το πρωί, μετά από νηστεία 10-14 ωρών [14]. Συνιστάται οι εθελοντές την προηγούμενη από κάθε ημέρα παρέμβασης

να απέχουν από έντονη σωματική δραστηριότητα, κάπνισμα ή δίαιτα [14]. Η σειρά παρεμβάσεων προκύπτει από τυχαιοποίηση των τροφίμων υπό εξέταση στον αριθμό των συμμετεχόντων στη μελέτη [14]. Η συνολική διάρκεια της μελέτης δεν πρέπει να υπερβεί τους 4 μήνες [14]. Το τρόφιμο αναφοράς καταναλώνεται στην αρχή των δοκιμασιών και επαναλαμβάνεται μετά από 6-8 εβδομάδες [14].

Όσον αφορά στην προέλευση των δειγμάτων αίματος, προτείνεται η συλλογή αίματος από τριχοειδή αγγεία ακροδαχτύλων ή από αρτηριακό φλεβικό αίμα [14]. Το τριχοειδικό αίμα προτιμάται λόγω αυξημένης ευαισθησίας [14]. Η συλλογή του αίματος πραγματοποιείται κατά τη νηστεία και στους χρόνους 15, 30, 45, 60, 90 και 120 λεπτών μετά την κατανάλωση του τροφίμου [14].

Για τη μέτρηση του γλυκαιμικού δείκτη, η εξέταση της γλυκόζης του αίματος επαρκεί [14]. Εντούτοις, η μέτρηση των συγκεντρώσεων ινσουλίνης συνθέτει πληρέστερη εικόνα των αποτελεσμάτων [14].

Για τον προσδιορισμό του γλυκαιμικού δείκτη συστήνεται η μέτρηση των επιμέρους εμβαδών κάτω από την γραμμή των συγκεντρώσεων γλυκόζης (iAUC) που προέκυψαν από το τρόφιμο εξέτασης και το τρόφιμο αναφοράς, αποκλείοντας την περιοχή κάτω από το επίπεδο νηστείας [12,14]. Ο γλυκαιμικός δείκτης υπολογίζεται ως μέση τιμή της αναλογίας των iAUC του τροφίμου εξέτασης προς την αντίστοιχη του τροφίμου αναφοράς [12,14].

Οι παράγοντες του τροφίμου που επηρεάζουν το γλυκαιμικό δείκτη των τροφίμων φαίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Παράγοντες τροφίμων που επηρεάζουν τις γλυκαιμικές αποκρίσεις τροφίμων και γευμάτων [14]

Παράγοντας τροφίμου	**Παραδείγματα παραγόντων**	**Επίδραση στη γλυκαιμική απόκριση και το γλυκαιμικό δείκτη**
Ακαθάριστη δομή μήτρας	Άλεση	Υψηλότερα με ομογενοποίηση
Κυτταρική μεμβράνη και δομή αμύλου	Βαθμός ωρίμανσης	Υψηλότερα με την ωρίμανση
Κοκκομετρία αμύλου	Θερμική επεξεργασία	Υψηλότερα με πήξη
Περιεκτικότητα σε αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη	Γρηγορότερος μεταβολισμός αμυλοπηκτίνης	Χαμηλότερα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε αμυλόζη Υψηλότερα με αυξημένη περιεκτικότητα αμυλοπηκτίνης
Περιεκτικότητα σε ίνες με πηκτικές ιδιότητες	Προσθήκη ινών με πηκτικές ιδιότητες	Μειωμένα
Οργανικά οξέα	Προσθήκη οξέων	Μειωμένα
Αναστολέας αμυλάσης	Προσθήκη	Μειωμένα
Σύνθεση μονοσακχαριτών	Είδος προστιθέμενων σακχάρων π.χ. αναλογία γλυκόζης προς φρουκτόζη	Μειωμένα με αυξημένη περιεκτικότητα σε φρουκτόζη
Μοριακή σύνθεση μονοσακχαριτών	Είδος νωπής πρώτης ύλης Είδος δεσμών μονοσακχαρίτη σε μόρια υδατανθράκων	Μειωμένα με αυξημένο αριθμό δεσμών εκτός των α1-4 και α1-6
Περιεκτικότητα σε ανθεκτικό άμυλο	Κύκλοι θέρμανσης- ψύξης	Δεν επηρεάζονται με την εξέταση ίσων ποσοτήτων διαθέσιμων υδατανθράκων

2.2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Για τον υπολογισμό του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου σε διαφορετικές ποικιλίες μελιού έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες σε παγκόσμιο επίπεδο, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Τα μελισσοκομικά φυτά που ευδοκιμούν σε κάθε γεωγραφική περιοχή ποικίλλουν και ως αποτέλεσμα διαφορετικά είδη μελιών έχουν μελετηθεί από χώρα σε χώρα. Στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία παρατηρούνται μέλια από πολλά είδη ευκαλύπτου και είδη του γένους Leprospermum (Manuka). Σε χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής εντοπίζονται ποικιλίες μελιού με ίδια βοτανική προέλευση. Παρ' όλα αυτά από τον Πίνακα 4 προκύπτει ότι οι τιμές των γλυκαιμικών δεικτών διαφέρουν. Παραδείγματος χάριν, μελίτωμα γερμανικής προέλευσης (μέλι δάσους) κατατάχθηκε ως υψηλού γλυκαιμικού δείκτη με τιμή 88, ενώ μέλι από πεύκο στην Τουρκία κατατάχθηκε ως μετρίου με τιμή 58. Αντίστοιχα, συγκρίνοντας το γλυκαιμικό δείκτη που υπολογίστηκε για μέλι από τιλιά στην Τσεχία (77), ίδια ποικιλία μελιού στην Τουρκία έδωσε χαμηλότερη τιμή (55). Αυτό πιθανώς οφείλεται στις διαφορετικές γεωγραφικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες επηρεάζουν τη χημική σύσταση των μελιών.

Στους Διεθνείς Πίνακες Γλυκαιμικού Δείκτη και Γλυκαιμικού Φορτίου του 2008 από την Αυστραλία, το μέλι υπολογίστηκε 61±3, λαμβάνοντας υπ' όψιν το μεγάλο εύρος των τιμών που έδωσαν οι μελέτες προσδιορισμού των γλυκαιμικών δεικτών σε διαφορετικές ποικιλίες μελιού [20].

Πίνακας 4. Ανασκόπηση προηγούμενων μελετών του γλυκαιμικού δείκτη σε διαφορετικές ποικιλίες μελιού [15,17,18,19,22,28]

Συγγραφείς	Έτος	Χώρα	Δείγμα	Ποικιλία μελιού	Γεωγραφική Προέλευση	Μερίδα	ΓΔ	ΓΦ	Ινσουλ. Δείκτης	Fru (%)	Λόγος fru/glu	Συσχετίσεις
Deibert[17]	2010	Γερμανία	10	Linden (ζεστό)	Γερμανία	25g	49,2	7,9	60,4	38,5	1,11	r(GI/fru) = -0,851
				Μείγμα από ανθόμελα	Γερμανία		51,3	8,5	52,4	39,6	1,04	p=0.007
				Ακακία	Γερμανία		53	8,5	48,9	43,5	1,49	r(II/fru) = -0,810
				Ερείκη	Γερμανία		53,3	8,1	49,1	40,2	1,3	p=0.015
				Καστανιά	Γερμανία		53,4	8,1	49	39,6	1,62	συσχέτιση μελεζιτόζης με τους υψηλούς ΓΔ p=0.001
				Linden (κρύο)	Γερμανία		55,9	8,6	61	37	1,11	
				Ελαιοκράμβη	Γερμανία		64	10,1	57	37,9	0,97	
				Μέλι δάσους	Γερμανία		88,6	13,5	63	31,1	1,17	
Bogdanov [15]	2008	Ελβετία	10	Ακακία	Ρουμανία	25g	32	7		43		
				Yellow box	Αυστραλία		35	6	40	46		
				Stringy bark	Αυστραλία		44	9	47	52		r(GI/fru)=-0,76
				Red gum	Αυστραλία		46	8	51	35		p<0.05
				Iron bark	Αυστραλία		48	7	42	34		r(GI/fru)=-0,67
				Yapunya	Αυστραλία		52	9	49	42		p<0.05
				Pure Australia	Αυστραλία		58	12				
				Commercial blend 1	Αυστραλία		62	11	62	38		
				Salvation June	Αυστραλία		64	10	52	32		
				Commercial blend 2	Αυστραλία		72	9	67	28		
				Άγνωστης προέλευσης	Καναδάς		87	18				
Ischayek[28]	2006	ΗΠΑ	12	Τριφύλλι	ΗΠΑ	50g	69,2			34,8	1,09	καμία συσχέτιση
				Tupelo	ΗΠΑ		74,1			39,8	1,54	
				Βαμβάκι	ΗΠΑ		73,6			36,4	1,03	
				Φαγόπυρο	ΗΠΑ		73,4			35,7	1,12	

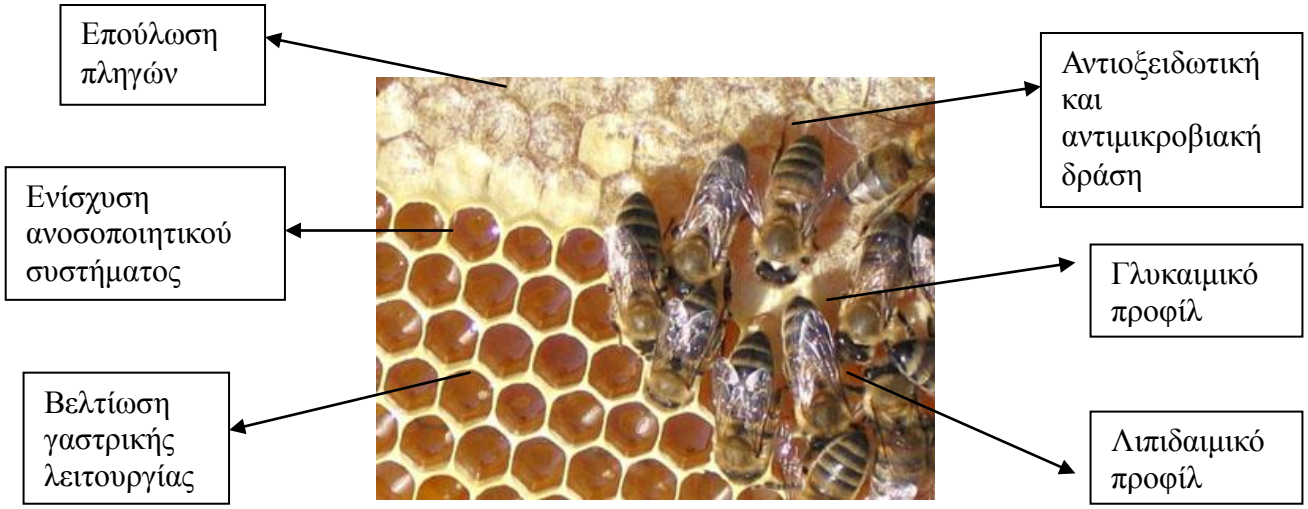
Chlup[18]	2010	Τσεχία	20	Τιλιά	Τσεχία	50g	77	
Chepulis[19]	2013	Ν. Ζηλανδία	10	Manuka 1	Ν. Ζηλανδία	25g	57	40,4
				Manuka 2	Ν. Ζηλανδία		59	39,9
				Manuka 3	Ν. Ζηλανδία		57	39,9
				Manuka 4	Ν. Ζηλανδία		55	40,4
				Manuka 5	Ν. Ζηλανδία		54	38,5
Atayoglu[22]	2016	Τουρκία	20	Εσπεριδοειδή	Τουρκία	50g	44,9	
				Αστράγαλος	Τουρκία		69,1	
				Καστανιά	Τουρκία		55,5	
				Θυμάρι	Τουρκία		52,6	
				Τιλιά	Τουρκία		55,3	
				Πεύκο	Τουρκία		58,8	

2.3 Επίδραση του μελιού στην υγεία του ανθρώπου

Η σύσταση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του μελιού ποικίλουν ανάλογα τη βοτανική και τη γεωγραφική του προέλευση. Κατά συνέπεια, διαφορές ενδέχεται να υπάρχουν και στη γλυκαιμική του απόκριση [15, 21]. Οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί μέχρι στιγμής δείχνουν ότι υπάρχουν ποικιλίες μελιού με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη και γλυκαιμικό φορτίο [15]. Επιπλέον η πλειοψηφία των δημοσιεύσεων υποστηρίζει ότι η κατανάλωση τροφίμων με μειωμένο γλυκαιμικό φορτίο ακολουθείται από ευεργετικές αλλαγές σε δείκτες υγείας και στο σωματικό βάρος [21].

Η κατανάλωση του μελιού έχει συνδεθεί μέσα στα χρόνια με ευεργετικές επιδράσεις σε παθήσεις του γαστρεντερικού συστήματος, στην επούλωση πληγών, στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και στον έλεγχο της γλυκαιμίας και των λιπιδίων λόγω αυξημένης αντιοξειδωτικής και αντιμικροβιακής δράσης [11]. Μελέτες έχουν δείξει την ευνοϊκότερη δράση του μελιού στην άσκηση και την αθλητική επίδοση έναντι άλλων σακχάρων λόγω της βραδύτερης απορρόφησης όλων των κλασμάτων υδατανθράκων που περιέχει [11]. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι το μέλι δείχνει να αυξάνει τους πληθυσμούς Bifidobacteria του εντέρου προσδίδοντας πρεβιοτικά. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε τις κυριότερες επιδράσεις του μελιού στην υγεία του ανθρώπου [11].

Κλινικές μελέτες σε υγιείς και διαβητικούς εθελοντές δείχνουν χαμηλότερη και στατιστικά σημαντική γλυκαιμική απόκριση στην κατανάλωση μελιού συγκριτικά με την κατανάλωση σακχαρόζης, γλυκόζης ή σιροπιού από καλαμπόκι με υψηλή περιεκτικότητα σε φρουκτόζη (HFCS) [48, 60, 61]. Επισημαίνεται, ωστόσο, η απουσία βιβλιογραφικών δεδομένων όσον αφορά στην επίδραση της κατανάλωσης ελληνικών μελιών στο γλυκαιμικό και λιπιδαιμικό προφίλ.



Εικόνα 5. Κύριες επιδράσεις του φυσικού μελιού στην υγεία (11)

Ακολουθεί πίνακας με τις μελέτες επίδρασης της κατανάλωσης μελιού σε βιολογικούς δείκτες [59].

Πίνακας 5. Βιβλιογραφικές αναφορές επίδρασης της κατανάλωσης μελιού από προ-κλινικές και κλινικές μελέτες[59]

Παθήσεις	Επίδραση στην υγεία	Αναφορές
Καρδιαγγειακά νοσήματα	Μείωση καρδιαγγειακών παραγόντων κινδύνου	31
	Αναστολή της φλεγμονής	32
	Βελτίωση ενδοθηλιακής λειτουργίας	32
	Βελτίωση λιπιδαιμικού προφίλ	33
	Διατήρηση του σωματικού βάρους σε υπέρβαρους εθελοντές	31
Υπέρταση	Μείωση συστολικής αρτηριακής πίεσης	34
	Βελτίωση της ευαισθησίας των νεφρών στο οξειδωτικό στρες	35
Καρκίνος	Αντιμεταλλαξιγόνος ικανότητα	41
	Επαγωγή της απόπτωσης	37, 39
	Αντιπολλαπλασιαστική επίδραση	36,39,40,41
	Κυτταροτοξική επίδραση σε καρκινικά κύτταρα	38, 41
Διαβήτης	Μείωση της γλυκαιμίας	42, 45,46, 47, 49-53
	Μείωση της φρουκτοζαμίνης ορού	43
	Μείωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης	44
	Εξασθένηση της μεταγευματικής γλυκαιμικής απόκρισης	48
	Αύξηση ινσουλίνης ορού και μείωση αντίστασης στη δράση της ινσουλίνης	43, 54, 55
Μικροβιακές προσβολές	Αναστολή ανάπτυξης μικροβιακών στελεχών κλινικού ενδιαφέροντος	58,56,57

Δύο ανασκοπήσεις του 2013 επιβεβαιώνουν ότι λίγες σε αριθμό, αλλά μη αμελητέες κλινικές δοκιμές έχουν συσχετίσει την κατανάλωση μελιού με αλλαγές στο μεταβολικό και καρδιαγγειακό προφίλ τα τελευταία χρόνια. Οι συγγραφείς θεώρησαν σκόπιμο να αναφέρουν τους προτεινόμενους αλλά όχι επιβεβαιωμένους μηχανισμούς που συμβάλλουν στην κανονιστική επίδραση του μελιού στη γλυκαιμία και στα επίπεδα των λιπιδίων [11,59].

Η επίδραση της κατανάλωσης μελιού στις συγκεντρώσεις της ινσουλίνης του αίματος έχει μελετηθεί και στα πλαίσια κλινικών μελετών του γλυκαιμικού δείκτη [15, 17, 22]. Εντούτοις, η ινσουλίνη, η οποία μέσω ενεργούς μεταφοράς, μεταφέρεται στο σάλιο, αποτελεί τη βασική παράμετρο για την εκτίμηση της λειτουργίας των β-κυττάρων του παγκρέατος και συμπληρώνει την κλινική εικόνα σε περιπτώσεις μεταβολικών διαταραχών [24]. Η χρήση του σάλιου για διαγνωστικούς σκοπούς αποτελεί μη επεμβατική και εναλλακτική του αίματος μέθοδο [24]. Η μόνη μελέτη που δείχνει την επίδραση του μελιού σε δείκτες σιέλου αφορούσε στην αύξηση των συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου (NO) [23]. Η επίδραση του μελιού και ειδικότερα ποικιλιών μελιού στις συγκεντρώσεις ινσουλίνης του σάλιου και αν σχετίζεται με την επίδραση του στις αντίστοιχες συγκεντρώσεις ινσουλίνης στο αίμα είναι ένα ανεξερεύνητο πεδίο έρευνας.

Παρ’ όλα αυτά οι συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου φαίνεται να σχετίζονται θετικά με τις αντίστοιχες της ινσουλίνης ορού του αίματος από την πλειονότητα των μελετών σε παιδιά και ενήλικες υγιείς αλλά και σε διαβητικούς [26].

2.4 Σκοπός της μεταπτυχιακής ερευνητικής μελέτης

Προηγούμενες μελέτες που εξέτασαν μέλια διαφορετικών βοτανικών προελεύσεων και περιοχών της Ελλάδας δείχνουν την πολυπλοκότητα της σύστασης τους σε σάκχαρα, ιχνοστοιχεία και φαινολικά συστατικά [72,73]. Εντούτοις, παρατηρείται έλλειψη βιβλιογραφικών δεδομένων όσον αφορά στην επίδραση τους σε δείκτες γλυκαιμικού ελέγχου.

Άμεση απόρροια των παραπάνω είναι ο σκοπός της παρούσας μελέτης, δηλαδή ο προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου έξι αμιγών ποικιλιών ελληνικού μελιού (πεύκο, έλατο, ερείκη, εσπεριδοειδή, θυμάρι και καστανιά). Επιπλέον θα διερευνηθεί η επίδραση της κατανάλωσής τους στις συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου και στο υποκειμενικό αίσθημα όρεξης και κορεσμού χρησιμοποιώντας αναλογική κλίμακα (visual analogue scales, VAS, 100mm).

Εικόνα 6. Οι έξι ποικιλίες μελιού υπό εξέταση (θυμάρι, εσπεριδοειδή, ερείκη, καστανιά, πεύκο και έλατο)

3. Μεθοδολογία

3.1 Εθελοντές και μεθοδολογία

Υγιείς, μη-καπνιστές, μη-διαβητικοί άντρες και γυναίκες συμμετείχαν σε αυτή τη μελέτη. Οι εθελοντές επιλέχθηκαν από ανακοίνωση που αναρτήθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τα κριτήρια συμμετοχής ήταν δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ) 18-25 kg/m^2 και ηλικία 18-50 ετών. Τα κριτήρια αποκλεισμού συμπεριέλαβαν σοβαρής μορφής χρόνια νοσήματα (π.χ. στεφανιαία νόσο, σακχαρώδης διαβήτης, νεφροπάθεια ή ηπατοπάθεια), γαστρεντερικές διαταραχές, κύηση, γαλουχία, συμμετοχή σε ανταγωνιστικά αθλήματα και αυξημένη κατανάλωση αιθανόλης ή εξάρτηση ουσιών. Όλοι οι εθελοντές έδωσαν γραπτή συγκατάθεση συμμετοχής στη μελέτη μετά από αναλυτική επεξήγηση των διαδικασιών και στόχων του πρωτοκόλλου. Το πρωτόκολλο εγκρίθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι (1997).

3.2 Αξιολόγηση του Γλυκαιμικού Δείκτη

Έντεκα εθελοντές συμμετείχαν σε αυτή την τυχαιοποιημένη, διπλά τυφλή, διασταυρούμενη μελέτη (2 άντρες και 9 γυναίκες). Οι εθελοντές ξεκίνησαν τις παρεμβάσεις με τυχαία κατανομή καρτών χρησιμοποιώντας τυχαίους αριθμούς από λογισμικό υπολογιστή. Ένα άτομο, που δεν εμπλεκόταν στη διαχείριση και ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων ορίστηκε υπεύθυνο για την τυχαία κατανομή των

εθελοντών στις παρεμβάσεις με τα τρόφιμα υπό εξέταση και αναφοράς. Χρησιμοποιήθηκαν σκούρα χάρτινα ποτήρια και καπάκια με στόμιο ώστε οι εθελοντές και ο κύριος ερευνητής να μην διακρίνουν το είδος του τροφίμου (γλυκόζη ή μελιού) στις διαφορετικές ήμερες παρέμβασης.

Όλοι οι εθελοντές προσήλθαν το πρωί στις 8:45-9:00 στη Μονάδα Διατροφής του Ανθρώπου, συνολικά 9 φορές, με διάστημα 2 ημερών μεταξύ των παρεμβάσεων, τις ίδιες ημέρες της εβδομάδας, μετά από 10-14 ώρες νηστείας πριν την έναρξη της παρέμβασης. Ζητήθηκε από τους εθελοντές να έχουν καταναλώσει το τελευταίο γεύμα τους μέχρι τις 21:00 το προηγούμενο βράδυ πριν την παρέμβαση, να μην έχουν καταναλώσει αιθανόλη και να μην έχουν έντονη σωματική δραστηριότητα το προηγούμενο 24-ωρο.

Εικόνα 7. Χρησιμοποιήθηκε συγκεκριμένη ποσότητα από κάθε ποικιλία μελιού, ώστε να αποδίδει 50g διαθέσιμων υδατανθράκων.

Οι εθελοντές κατανάλωσαν το τρόφιμο αναφοράς (γλυκόζη), σε τρεις διαφορετικές στιγμές, και τα υπό εξέταση τρόφιμα (έξι Ελληνικές ποικιλίες μελιού, εσπεριδοειδή, ερείκη, έλατο, πεύκο, καστανιά και θυμάρι) (Apivita S.A., Ελλάδα), μια φορά, σε διαφορετικές εβδομάδες σύμφωνα με τη συνιστώμενη μεθοδολογία των Brouns και συνεργατών [14]. Η γλυκόζη και οι ποικιλίες μελιού καταναλώθηκαν με τη μορφή ροφήματος διαλυμένο σε 300ml νερού. Κάθε μερίδα των μελιών υπό εξέταση (εσπεριδοειδή 62,2g μελιού, 200kcal, ερείκη 64,3g μελιού, 200kcal, έλατο 63,8g μελιού, 200kcal, πεύκο 64,9g μελιού, 200kcal, καστανιά 64g μελιού, 200kcal και θυμάρι 67,3g μελιού, 200kcal) ή γλυκόζης (50γρ γλυκόζη, 190kcal) περιείχε την ποσότητα των 50g διαθέσιμων υδατανθράκων. Η σύσταση των ποικιλιών μελιού σε θρεπτικά συστατικά περιγράφεται στον Πίνακα 1.

Ζητήθηκε από τους εθελοντές να καταναλώσουν το ρόφημα μέσα σε διάστημα 5 έως 10 λεπτών.

Για την αξιολόγηση των συγκεντρώσεων γλυκόζης, συλλέχτηκαν δείγματα τριχοειδικού αίματος χρησιμοποιώντας μετρητή γλυκόζης με αυτόματο σύστημα τρυπήματος, σκαρφιστήρα και ταινίες μέτρησης γλυκόζης (FORA Comfort lux GD50, ATCARE ltd, Ελλάδα) στην έναρξη (χρόνος 0) και σε 15, 30, 45, 60, 90 και 120 λεπτά. Το πρώτο δείγμα γλυκόζης συλλέχτηκε ακριβώς 15 λεπτά μετά την πρώτη πρόσληψη του ροφήματος. Το δείγμα τριχοειδικού αίματος τοποθετήθηκε στην περιοχή συλλογής αίματος στο άκρο της ταινίας. Η ταινία μέτρησης απορροφά το δείγμα αίματος στη ζώνη αντίδρασης. Το ένζυμο FAD-δεσμευόμενη αφυδρογονάση της γλυκόζης καταλύει την αφυδρογόνωση της γλυκόζης παράγοντας γλυκονολακτόνη. Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης, ένας αγωγός μεταφέρει ηλεκτρόνια στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου και παράγει ρεύμα. Η ποσότητα του ρεύματος που παράγεται είναι ανάλογη με την ποσότητα της γλυκόζης στο δείγμα αίματος. Οι ταινίες μέτρησης γλυκόζης δεν ενεργοποιούνται με κανένα άλλο είδος σακχάρου πλην της γλυκόζης και έχουν καλύτερη αντίσταση στη θερμοκρασία και στο οξυγόνο. Μετά από 5 δευτερόλεπτα ο μετρητής εμφάνισε τη συγκέντρωση γλυκόζης στην οθόνη. Κάθε ταινία μέτρησης περιείχε τα παρακάτω αντιδραστήρια: 6 (βάρος/ βάρος) % FAD-δεσμευόμενη αφυδρογονάση της γλυκόζης (Aspergillusoryzae, 2,0 IU/ταινία μέτρησης), 56 (βάρος/βάρος) % Σιδηροκυανιούχο κάλιο και 38 (βάρος/ βάρος) % Μη αντιδρώντα συστατικά. Τα επιτρεπόμενα όρια των μετρητών γλυκόζης για αποτελέσματα γλυκόζης $\geq$ 100 mg/dl ήταν μέσα στο 15% της μεθόδου αναφοράς. Η τιμή CV (%) ήταν λιγότερο από 5% τόσο σε έμμεση ακρίβεια

Εικόνα 8. Μετρητής γλυκόζης αίματος με σκαρφιστήρα και ταινίες γλυκόζης, FORA Comfort lux GD50, ATCARE ltd.

όσο και επαναληψιμότητα. Η τιμή της γλυκόζης που καταγράφηκε ήταν ο μέσος όρος τριών μετρήσεων.

Για την αξιολόγηση της ορμόνης ινσουλίνης συλλέχτηκαν δείγματα σιέλου στους χρόνους 0, 60 και 120 λεπτά. Η συλλογή δειγμάτων σιέλου έγινε με τη μέθοδο ≪Salivette≫ (Σωληνάρια Sarstedt). Πριν τη λήψη των δειγμάτων σιέλου οι εθελοντές ξέπλυναν καλά το στόμα τους με νερό. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους εθελοντές να απομακρύνουν το βαμβάκι από το ειδικό σωληνάριο και να ασκήσουν με αυτό ήπια πίεση σε όλη την επιφάνεια της γλώσσας τους, ώστε να ληφθεί δείγμα από όλους τους αδένες, για περίπου 1 λεπτό. Τα σωληνάρια φυγοκεντρήθηκαν (3000 rpm) και αποθηκεύτηκαν στους -80°C. Οι συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου μετρήθηκαν με αυτοματοποιημένο αναλυτή (Cobas Hitachi c411, RocheDiagnostics, Ελλάδα), με τη μέθοδο διπλής ανοσοσήμανσης με ηλεκτροχημειοφωταύγεια (sandwich-ECLIA).

Εικόνα 9. Αυτοματοποιημένος ανοσολογικός αναλυτής Cobas Hitachi c411, Roche Dignostics

Οι αναλύσεις των μελιών σε υδατάνθρακες (σακχαρόζη, γλυκόζη, φρουκτόζη, άθροισμα φρουκτόζης και γλυκόζης και ολιγοσακχαρίτες) έγιναν με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) [62], η οποία είναι μια χρωματογραφική μέθοδος ανίχνευσης μέσω αποκλεισμού ιόντων. Το pH των μελιών εκτιμήθηκε με pH-μετρο μετά από διάλυση 10g κάθε δείγματος μελιού σε 75ml απιονισμένο νερό και ανάδευση με μαγνητικό αναδευτήρα. Για τον προσδιορισμό της υγρασίας, μια σταγόνα μέλι από κάθε ποικιλία τοποθετήθηκε στο διαθλασίμετρο, το

οποίο δίνει απευθείας το ποσοστό υγρασίας. Τα μέλια από τις αρχικές τους συσκευασίες δεν είχαν σχηματίσει συσσωματώματα ή κρυστάλλους.

Οι φυσικοχημικές παραμέτροι των έξι ποικιλίων (ποσοστό υγρασίας και pH), η χημική ανάλυση των έξι ποικιλιών μελιού υπό εξέταση σε σάκχαρα, η αναλογία γλυκόζης προς φρουκτόζη, η ενέργεια και οι διαθέσιμοι υδατάνθρακες που αποδίδουν 100g κάθε ποικιλίας και η ποσότητα του μελιού που καταναλώθηκε σε κάθε ημέρα παρέμβασης (μερίδα) περιγράφονται στον Πίνακα 6.

3.3 Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Στην πρώτη επίσκεψη των εθελοντών, μετρήθηκε το ύψος (σε εκατοστά) με αναστημόμετρο τοίχου και το σωματικό βάρος (σε kg, Seca 220, Γερμανία). Ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ) εκτιμήθηκε με τη διαίρεση του σωματικού βάρους (kg) με το τετράγωνο του ύψους (m^2). Το σωματικό λίπος και η άλιπη μάζα εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο της Διπλής Ακτίνας Χ Απορροφησιομετρίας (DXA, Lunar DPX Series, General Electric, ΗΠΑ).

3.4 Διαιτητική πρόσληψη

Η διαιτητική πρόσληψη εκτιμήθηκε με τη χρήση ανάκλησης 24-ωρου σε κάθε επίσκεψη και αναλύθηκε με χρήση των Ελληνικών και Αμερικάνικων Βάσεων Δεδομένων Σύνθεσης Τροφίμων (Ελληνικό Ίδρυμα Υγείας http://www.hhf-greece.gr/tables/Home.aspx?l=el, Τμήμα Ιατρικής Κρήτης http://nutrition.med.uoc.gr/GreekTables/Main/main.htm, Υπουργείο Γεωργίας των Η.Π.Α (USDA) https://ndb.nal.usda.gov/ndb/, πρόσβαση στις προαναφερόμενες

ιστοσελίδες 01/09/2016), με εμπλουτισμό των βάσεων και προσθήκη συνταγών όπου δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα.

3.5 Εκτίμηση υποκειμενικής πείνας και κορεσμού (VAS)

Ζητήθηκε από τους εθελοντές σε κάθε επίσκεψη να αξιολογήσουν την υποκειμενική τους πείνα, επιθυμία για φαγητό και κορεσμό σε οπτικές αναλογικές κλίμακες των 100 mm [63], στην έναρξη της παρέμβαση (χρόνος 0 λεπτά) και τέλος (χρόνος 120 λεπτά).

3.6 Στατιστική Ανάλυση

Όλα τα δεδομένα (ηλικία, ύψος, βάρος, ΔΜΣ, ποσοστό λίπους, γλυκόζη αίματος, ινσουλίνη σιέλου) παρουσιάζονται ως μέσος όρος ± SEM, εκτός και εάν αναφέρεται κάτι διαφορετικό. Για τη γλυκόζη αίματος και την ινσουλίνη σιέλου, υπολογίστηκε το επιμέρους εμβαδό κάτω από την καμπύλη (incremental area under the curve, iAUC), με τη μέθοδο των τραπεζοειδών, σύμφωνα με το συνιστώμενο υπολογισμό βάσει του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, http://www.fao.org/docrep/w8079e/w8079e0a.htm, πρόσβαση 01/02/2016). Για τον υπολογισμό των iAUCs για τη γλυκόζη αίματος και ινσουλίνη σιέλου, χρησιμοποιήθηκε μια χρονική περίοδος από μηδέν έως δύο ώρες. Ο ΓΔ των ειδών μελιού υπολογίστηκε από τα iAUCs που καταγράφηκαν για τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος. Για αυτό το σκοπό, δημιουργήθηκε μια αναλογία χρησιμοποιώντας

όλες τις τιμές των iAUCs των διαφορετικών ποικιλιών μελιού και του iAUC του τροφίμου αναφοράς (γλυκόζη). Η στατιστική επεξεργασία έγινε βάσει της κατανομής των δεδομένων (ανάλυση One-way Anova για μεταβλητές με κανονική κατανομή, μη παραμετρική ανάλυση Kruskal-Wallis για ισότητα των πληθυσμών με ασύμμετρα συνεχή δεδομένα, μη παραμετρική ανάλυση Pearson χ^2 για τις κατηγορικές μεταβλητές και μη παραμετρική ανάλυση Mann–Whitney U). Οι διαφορές στις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος και ινσουλίνης σιέλου μεταξύ και αναμεταξύ των ποικιλιών μελιού στις διαφορετικές χρονικές στιγμές εκτιμήθηκαν με την ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) με δυο παράγοντες στις μεταξύ τους συγκρίσεις (είδος τροφίμου υπό εξέταση και χρόνου). Οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών πραγματοποιήθηκαν με το συντελεστή συσχέτισης Pearson r για τις κανονικές μεταβλητές και το συντελεστή Spearman rho για τις μη παραμετρικές μεταβλητές. Οι αλληλεπιδράσεις της σειράς με την οποία οι εθελοντές κατανάλωσαν τα τρόφιμα υπό εξέταση ή το τρόφιμο αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν ως συμμεταβλητές στις αναλύσεις ANOVA για την εξέταση υπολειμματικής μεταφερόμενης επίδρασης (carry-over effect). Η μελέτη είχε ισχύ 80% power ($\alpha = 0.05$) για να εντοπίσει διαφορές μεταξύ των ομάδων για 0.8 ± 0.1 mmol/l στις μεταγευματικές συγκεντρώσεις γλυκόζης. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε ως $p < 0.05$ και περιγράφεται με χρήση αστερίσκου στα διαγράμματα: $*p < 0.05$, $**p < 0.005$, $***p < 0.001$. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με χρήση SPSS 20.0 λογισμικού (SPSS Inc., Chicago, Il, USA).

4. Αποτελέσματα

Προσδιορισμός iAUC και γλυκαιμικών δεικτών

Στη μελέτη συμμετείχαν 11 υγιείς εθελοντές (2 άντρες και 9 γυναίκες) ηλικίας 26,6 ± 6,5 έτη, μέσου σωματικού βάρους 64,1 ± 2,4kg, ΔΜΣ 23,8 ± 4,1 και μέσου ποσοστού λίπους 34,6%. Στον Πίνακα 7 περιγράφονται τα στοιχεία του δείγματος της μελέτης. Όλοι οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν τη μελέτη.

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις γλυκόζης νηστείας στο τρόφιμο ελέγχου (μεταξύ των 3 παρεμβάσεων με ρόφημα γλυκόζης) ή μεταξύ των ειδών μελιού υπό εξέταση ($F(2,14)=0.201$, $p=0.82$ και $F(6,5)=0.394$, $p=0.856$ αντίστοιχα).

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του χρόνου στις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος (συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος x χρόνος, $F(6,5)=64.427$, $p<0.001$) και σημαντική αλληλεπίδραση του χρόνου και του είδους του ροφήματος στις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος (συγκεντρώσεις γλυκόζης x χρόνος x είδος ροφήματος, $F(36,360)=1.966$, $p=0.001$). Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του χρόνου στις συγκεντρώσεις γλυκόζης του αίματος ($F(2.355 , 23.554)=86.056$, $p<0.001$) και κύρια επίδραση του είδους ροφήματος (μελιού ή γλυκόζης) ($F(6,60)=3.230$, $p=0.008$).

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του είδους ροφήματος (μελιού ή γλυκόζης) στις συγκεντρώσεις γλυκόζης στους χρόνους 60 λεπτά ($F(6,5)=34.826$, $p=0.001$), 90 λεπτά ($F(6,5)=9.457$, $p=0.013$) και 120 λεπτά

(F(6,5)=5.740, p=0.037). Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του είδους ροφήματος (μελιού ή γλυκόζης) στους χρόνους 60 λεπτά (F(6,60)=4.429, p=0.001) και 90 λεπτά (F(6,60)=3.892, p=0,002).

Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος μετά την κατανάλωση του μελιού από ερείκη, στο χρόνο 45 λεπτά τα μέλια από πεύκο και θυμάρι είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.004 και p=0.038 αντίστοιχα). Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος μετά την κατανάλωση του ροφήματος γλυκόζης (τρόφιμο αναφοράς), στο χρόνο 60 λεπτά μόνο τα μέλια από εσπεριδοειδή, ερείκη, έλατο και καστανιά είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.006, p=0.034, p=0.001 και p=0.001 αντίστοιχα) (Εικόνα 10). Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος μετά την κατανάλωση του μελιού από πεύκο, στο χρόνο 60 λεπτά, τα μέλια από εσπεριδοειδή, καστανιά και έλατο είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.028, p=0.005 και p=0.005 αντίστοιχα). Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος μετά την κατανάλωση μελιού από θυμάρι, στο χρόνο 60 λεπτά τα μέλια από ερείκη και καστανιά είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.026 και p=0.028 αντίστοιχα). Στο χρόνο 90, συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος μετά την κατανάλωση του ροφήματος γλυκόζης (τρόφιμο αναφοράς) οι ποικιλίες μελιού από εσπεριδοειδή, ερείκη, έλατο, καστανιά και θυμάρι είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.033, p=0.003, p=0.007, p<0.001 και p=0.004 αντίστοιχα) και στο χρόνο 120 λεπτά οι ποικιλίες εσπεριδοειδή, έλατο, πεύκο, καστανιά και θυμάρι είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.005, p=0.013, p=0.008, p=0.029 και p=0.043 αντίστοιχα). Διαφορές μεταξύ των ροφημάτων δεν βρέθηκαν στους χρόνους 15, 30 λεπτά (Εικόνα 10).

Στα εμβαδά κάτω από την καμπύλη των συγκεντρώσεων γλυκόζης παρατηρήθηκε κύρια επίδραση του χρόνου και του είδους ροφήματος ($F(2.081, 20.806)=29.617$, $p<0.001$ και $F(6,60)= 5.389$, $p<0.001$ αντίστοιχα).Επιμέρους διαφορές μεταξύ των ροφημάτων υπήρχαν στο χρόνο 60, 90 και 120 λεπτά ($p=0.035$, $p=0.007$ και $p=0.043$ αντίστοιχα) (Εικόνα 13).

Οι τιμές iAUC των συγκεντρώσεων γλυκόζης που υπολογίστηκαν για κάθε είδος ροφήματος απεικονίζονται στον Πίνακα 8 και στην Εικόνα 12. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των iAUC με το είδος του ροφήματος (μελιού ή γλυκόζης) (iAUC x είδος ροφήματος, $F(6,5)=17.174$, $p=0.003$) και σημαντική κύρια επίδραση του είδους ροφήματος στις τιμές iAUC ($F(6,60)=5.389$, $p<0,001$). Συγκριτικά με το εμβαδό των συγκεντρώσεων γλυκόζης από την κατανάλωση του ροφήματος ελέγχου, οι ποικιλίες μελιού από έλατο και καστανιά είχαν μικρότερες τιμές iAUC ($p=0.004$ και $p=0.001$ αντίστοιχα) (Εικόνα 12). Συγκριτικά με το εμβαδό των συγκεντρώσεων γλυκόζης αίματος μετά την κατανάλωση του μελιού από πεύκο, οι ποικιλίες από έλατο και καστανιά είχαν μικρότερες τιμές iAUC ($p=0.025$ και $p=0.028$ αντίστοιχα) (Εικόνα 12).

Τα αποτελέσματα των γλυκαιμικών δεικτών και των γλυκαιμικών φορτίων για τις έξι ποικιλίες μελιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 8. Το μέλι ελάτου και το μέλι καστανιάς κατατάσσονται ως μετρίου γλυκαιμικού δείκτη (56-69) με τιμές 64 και 66 αντίστοιχα, ενώ τα μέλια με προέλευση από εσπεριδοειδή, ερείκη, πεύκο και θυμάρι ως υψηλού γλυκαιμικού δείκτη (≥ 70) με τιμές 80, 75, 101 και 85 αντίστοιχα. Οι ποικιλίες μελιού από εσπεριδοειδή, ερείκη, καστανιά και έλατο κατατάσσονται στην ομάδα χαμηλού γλυκαιμικού φορτίου δίνοντας τιμές 10.6, 10.1, 8.6 και 8.9

αντίστοιχα, ενώ οι ποικιλίες από πεύκο και θυμάρι στην ομάδα μετρίου γλυκαιμικού φορτίου με τιμές 13.9 και 12,1 αντίστοιχα στην κλίμακα της γλυκόζης.

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του γλυκαιμικό δείκτη με την ποικιλία του μελιού (ΓΔ x ποικιλία μελιού, $F(5,6)=19.548$, $p=0.001$) και σημαντική κύρια επίδραση της ποικιλίας στο γλυκαιμικό δείκτη ($F(5,50)=4.147$, $p=0.003$). Το μέλι από πεύκο έδωσε τον υψηλότερο γλυκαιμικό δείκτη, συγκριτικά με το μέλι από έλατο και καστανιά ($p=0.026$ και $p=0.017$ αντίστοιχα).

Όσον αφορά στο γλυκαιμικό φορτίο, εντοπίστηκε αλληλεπίδραση του γλυκαιμικού φορτίου με την ποικιλία του μελιού (ΓΦ x ποικιλία μελιού, $F(5,6)=21.985$, $p=0.001$) και σημαντική κύρια επίδραση της ποικιλίας στο γλυκαιμικό φορτίο ($F(5,50)=4.723$, $p=0.001$). Το μέλι από έλατο είχε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερο γλυκαιμικό φορτίο, συγκριτικά με το μέλι από πεύκο και θυμάρι (όλα $p=0.022$). Το μέλι από καστανιά είχε σημαντικά χαμηλότερο γλυκαιμικό φορτίο, συγκριτικά με το μέλι από πεύκο ($p=0.014$).

<u>Προσδιορισμός συγκεντρώσεων ινσουλίνης σιέλου και iAUC</u>

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις ινσουλίνης νηστείας στο τρόφιμο ελέγχου μεταξύ των όλων των παρεμβάσεων ($F(6,3)=0.705$, $p=0.674$). Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του χρόνου με τις συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου (συγκεντρώσεις ινσουλίνης x χρόνος ($F(2,7)=20.453$, $p=0.001$). Υπήρχε κύρια επίδραση του χρόνου στις συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου ($F(1.179,9.432)=34.467$, $p<0.001$) και κύρια επίδραση του χρόνου x είδος ροφήματος (μελιού ή γλυκόζης) στις συγκεντρώσεις ινσουλίνης ($F(12,96)=2.011$, $p=0.031$).

Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου μετά την κατανάλωση του μελιού από θυμάρι, στο χρόνο 60 οι ποικιλίες μελιού από έλατο και πεύκο είχαν μικρότερες συγκεντρώσεις (p=0.023 και p=0.047 αντίστοιχα) και στο χρόνο 120 οι ποικιλίες μελιού από εσπεριδοειδή και ερείκη είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.021 και p=0.009 αντίστοιχα) (Εικόνα 11). Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου μετά την κατανάλωση του ροφήματος ελέγχου (γλυκόζη), στο χρόνο 120, τα μέλια από εσπεριδοειδή και ερείκη είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις (p=0.005 και p=0.019 αντίστοιχα) (Εικόνα 11). Παρατηρήθηκε ότι στο πέρας των δύο ωρών οι συγκεντρώσεις ινσουλίνης ήταν υψηλότερες από τις συγκεντρώσεις στη νηστεία.

Τα μελιτώματα (έλατο και πεύκο) έδειξαν βραδύτερη αύξηση των συγκεντρώσεων ινσουλίνης στο σάλιο, συγκριτικά με μέλια από εσπεριδοειδή, ερείκη, καστανιά και θυμάρι. Παρατηρήθηκε κύρια επίδραση του είδους ροφήματος στις συγκεντρώσεις ινσουλίνης μόνο στο χρόνο 120 (F(6,48)=2.486, p=0.036).

Οι τιμές iAUC της ινσουλίνης σιέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. Το μέλι από θυμάρι φάνηκε να σχηματίζει το μεγαλύτερο εμβαδό των συγκεντρώσεων ινσουλίνης σιέλου συγκριτικά με τις υπόλοιπες ποικιλίες μελιού και τη γλυκόζη, αλλά τελικά δεν παρατηρήθηκε κύρια επίδραση του είδους ροφήματος στις τιμές iAUC (F(6,3)=1.195, p=0.479).

Επίδραση της ποικιλίας μελιού στην υποκειμενική πείνα, τον κορεσμό και την επιθυμία για κατανάλωση φαγητού

Στον Πίνακα 10 περιγράφονται τα σκορ από τις οπτικές αναλογικές κλίμακες (VAS) ως προς την εκτίμηση της υποκειμενικής πείνας, του κορεσμού και της επιθυμίας για φαγητό στους χρόνους 0 και 120 λεπτά. Η υποκειμενική πείνα και η επιθυμία για φαγητό αυξήθηκαν σημαντικά από το χρόνο 0 στα 120 λεπτά (x^2=6.25, p=0.012 και x^2=7,143, p=0.01) και ο κορεσμός έτεινε να μειωθεί (x^2=5.586, p=0.052) χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ροφημάτων μελιού ή γλυκόζης.

Η υποκειμενική πείνα στο χρόνο 120 και η επιθυμία για κατανάλωση φαγητού συσχετίστηκαν αντίστροφα με τις συγκεντρώσεις γλυκόζης του αίματος στο χρόνο 120 (rho=-0.261, p=0.023 και rho=-0.265, p=0.021 αντίστοιχα). Αντίστοιχα, οι εκτιμήσεις του υποκειμενικού κορεσμού στο χρόνο 120 έδειξαν στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με τις συγκεντρώσεις γλυκόζης του αίματος στον ίδιο χρόνο (rho=0.362, p=0.001).

Επίδραση των περιεχόμενων σακχάρων στο γλυκαιμικό δείκτη και το γλυκαιμικό φορτίο

Ο γλυκαιμικός δείκτης δεν συσχετίστηκε σημαντικά με τα περιεχόμενα σάκχαρα του μελιού που μελετήθηκαν. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση του γλυκαιμικού φορτίου με την περιεκτικότητα σε σακχαρόζη (rho=-0.265, p=0.032) και σημαντική θετική συσχέτιση με την αναλογία φρουκτόζης προς σακχαρόζη (rho=0.265, p=0.032).

5. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Τα κύρια ευρήματα της μελέτης ήταν τα εξής:

1. Για πρώτη φορά υπολογίζεται ο γλυκαιμικός δείκτης και το γλυκαιμικό φορτίο ελληνικών μελιών. 2. Τα μέλια από έλατο και καστανιά κατατάχθηκαν ως μετρίου γλυκαιμικού δείκτη, ενώ τα μέλια από ερείκη, εσπεριδοειδή, θυμάρι και πεύκο ως υψηλού γλυκαιμικού δείκτη. 3. Οι ποικιλίες μελιού από εσπεριδοειδή, ερείκη, έλατο και καστανιά κατατάχθηκαν ως χαμηλού γλυκαιμικού φορτίου, ενώ οι ποικιλίες από πεύκο και θυμάρι μετρίου γλυκαιμικού φορτίου. Επιπλέον, η κατανάλωση των μελιών και της γλυκόζης επέδρασαν παρόμοια στις συγκεντρώσεις της ινσουλίνης σιέλου, ενώ ο χρόνος επηρέασε σημαντικά το αίσθημα της πείνας και της επιθυμίας για κατανάλωση φαγητού στο χρόνο 120, με τη χρήση των εκτιμήσεων VAS.

Το μέλι αποτελεί ένα φυσικό γλυκαντικό με πλούσια χημική σύσταση, η οποία διαφοροποιείται ανάλογα με τη βοτανική προέλευση και τη γεωγραφική περιοχή. Λόγω της αφθονίας των μελισσοκομικών φυτών, καταγράφονται στη βιβλιογραφία πολλές διαφορετικές ποικιλίες μελιών (15,17,22,28,64,28). Οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών στη χημική τους σύσταση φαίνεται να προκαλούν αντίστοιχα και διαφορές στη γλυκαιμική απόκριση [(15)] . Ήδη έχουν επισημανθεί ποικιλίες με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη και γλυκαιμικό φορτίο [(15)], που προέρχονται από είδη Ευκαλύπτου και του γένους Leptospermum από την Αυστραλία [(64)]. Στην Ευρώπη, τρεις μελέτες έχουν διερευνήσει το γλυκαιμικό δείκτη και το γλυκαιμικό φορτίο ποικιλιών που απαντώνται και στην Ελλάδα [(17,22,28)] .

Στην παρούσα μελέτη, το μέλι από καστανιά θεωρήθηκε μετρίου γλυκαιμικού δείκτη, ενώ προηγούμενες μελέτες το έχουν κατατάξει στην ομάδα του χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη με μέση τιμή 54. Τα μέλια από ερείκη, εσπεριδοειδή και θυμάρι κατατάχθηκαν ως υψηλού γλυκαιμικού δείκτη, εύρημα που δεν υποστηρίζεται από τη βιβλιογραφία λόγω της κατάταξής τους από τους ίδιους ερευνητές ως χαμηλού ΓΔ [17,22]. Στη συνέχεια, το μέλι από πεύκο απαντάται σε αρκετές μελέτες, με την ακριβή βοτανική του προέλευση ή ως μελίτωμα ή ως μέλι δάσους, και κατατάσσεται στην ομάδα υψηλού ή μετρίου γλυκαιμικού δείκτη [17, 22] που συμφωνεί και με το δικό μας εύρημα. Τέλος, το μέλι από έλατο θεωρήθηκε μετρίου γλυκαιμικού δείκτη, αποτέλεσμα μη συγκρίσιμο λόγω της έλλειψης βιβλιογραφικών δεδομένων. Στους Διεθνείς Πίνακες Γλυκαιμικού Δείκτη και Γλυκαιμικού Φορτίου, το μέλι ως γλυκαντικό κατατάσσεται στην ομάδα μετρίου γλυκαιμικού δείκτη με τιμή 61 [20]. Η διαφορά στις τιμές του γλυκαιμικού δείκτη μεταξύ της παρούσας και άλλων μελετών πιθανώς οφείλεται στη διαφορετική γεωγραφική προέλευση των ποικιλιών μελιού που επιδρά στην κατανομή των συστατικών τους.

Επιπρόσθετα, το γλυκαιμικό φορτίο βρέθηκε να είναι χαμηλό ή μέτριο σε όλες τις ποικιλίες μελιού σε μια τυπική μερίδα. Μία μελέτη κατάδειξε τις ποικιλίες ερείκης, καστανιάς και ανθέων ως χαμηλού γλυκαιμικού φορτίου, ενώ το μέλι δάσους ως μετρίου, υποστηρίζοντας τα δικά μας ευρήματα. [17]. Η τυπική μερίδα κατανάλωσης μελιού τέθηκε στα 15ml (1 κ.σ.) δηλαδή 21,3g και ήταν παρόμοια, συγκριτικά, με τη μερίδα των 20g που χρησιμοποίησαν οι ίδιοι συγγραφείς [17]. Ανασκόπηση των μεθοδολογικών ζητημάτων του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου συζητάει την σημαντική επίδραση της ποσότητας των υδατανθράκων στη μερίδα που καταναλώνεται από τους εθελοντές στις μελέτες [70].

Η περιεκτικότητα των τροφίμων σε σάκχαρα αλλά και οι τιμές των γλυκαιμικών δεικτών από τα σάκχαρα ως μεμονωμένες γλυκαντικές ύλες επηρεάζουν τη μεταγευματική γλυκαιμία που προκαλούν και συνεπώς το γλυκαιμικό δείκτη των τροφίμων [66,74]. Στην παρούσα μελέτη, μόνο το γλυκαιμικό φορτίο συσχετίστηκε σημαντικά και αρνητικά με την περιεκτικότητα σε σακχαρόζη, εύρημα που δεν επιβεβαιώνεται από άλλους ερευνητές. Σε προηγούμενες μελέτες, το κλάσμα της φρουκτόζης στο μέλι συσχετίστηκε αρνητικά και στατιστικά σημαντικά με το γλυκαιμικό δείκτη [64, 17]. Η φρουκτόζη φέρει χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη με τιμές κοντά στο 16 [74] , ενώ συνεισφέρει στη μείωση της γλυκόζης του αίματος επιβραδύνοντας τη γαστρική κένωση και το ρυθμό της εντερικής απορρόφησης [59]. Παρ' όλα αυτά οι ερευνητές δεν έχουν καταλήξει στο μηχανισμό, με τον οποίο η φρουκτόζη που περιέχεται στο μέλι δρα και αν υφίσταται συνέργεια με τη γλυκόζη και τους υπόλοιπους ολιγοσακχαρίτες.

Μελέτη που εξέτασε τη γλυκαιμική απόκριση, μετά από τη χορήγηση 50g μελιού και 50g σακχαρόζης για δύο εβδομάδες ξεχωριστά, δεν βρήκε στατιστικά σημαντικές διαφορές [69]. Πιο πρόσφατα, μελέτη που εξέτασε την επίδραση του νερού και ισοθερμιδικών διαλυμάτων γλυκόζης, φρουκτόζης, σακχαρόζης και διαλύματος με συνδυασμένη γλυκόζη και φρουκτόζη δεν εντόπισε διαφορές στη γλυκαιμία μεταξύ του συνδυαστικού διαλύματος και του διαλύματος σακχαρόζης και προτείνει τη περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης των ελεύθερων σακχάρων της διατροφής στις ορμόνες του μεταβολισμού [71].

Ο λόγος φρουκτόζη/γλυκόζη και γλυκόζη/φρουκτόζη δεν παρείχε στατιστικά σημαντική επίδραση στο γλυκαιμικό δείκτη σύμφωνα με άλλους μελετητές [28, 16, 17, 19, 22]. Η πλειοψηφία των μελετών του γλυκαιμικού δείκτη σε ποικιλίες μελιού δεν κατάφερε να εξετάσει την επίδραση των δισακχαριτών και τρισακχαριτών που

παρατηρούνται στα μέλια. Μόνο μία κλινική δοκιμή από τη Γερμανία αναφέρει σημαντική επίδραση του τρισακχαρίτη μελεζιτόζη, αλλά δεν έχει επιβεβαιωθεί από άλλες μελέτες. Η απουσία των δεδομένων πιθανώς οφείλεται στο αυξημένο κόστος των αναλύσεων.

Αντίστοιχα, διερεύνηση της επίδρασης στη γλυκαιμία χρειάζεται και στα υπόλοιπα συστατικά του μελιού, όπως φαινολικά συστατικά και μικροβιακό περιεχόμενο. Μελέτες σε είδη ανθόμελων και μελιτωμάτων δείχνουν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτοχημικών συστατικών τους με ευεργετικές επιδράσεις στη φλεγμονή, την αθηρωμάτωση και το σχηματισμό καρκινωμάτων [59]. Επιπλέον, η παρουσία των πρεβιοτικών και του υπεροξειδίου του υδρογόνου προσδίδουν στο μέλι σημαντική αντιμικροβιακή δράση [15, 58, 59].

Στην παρούσα μελέτη, οι έξι ποικιλίες μελιού σημείωσαν παρόμοιες τιμές iAUC ινσουλίνης σιέλου. Η επίδραση του μελιού στις συγκεντρώσεις της ινσουλίνης στο σάλιο δεν έχει σημειωθεί στη βιβλιογραφία. Αντιθέτως, η χρήση των επιπέδων ινσουλίνης στο αίμα είναι αρκετά διαδεδομένη στις μελέτες προσδιορισμού του γλυκαιμικού δείκτη λόγω του ευρήματος ισχυρής θετικής συσχέτισης μεταξύ γλυκαιμικών και ινσουλιναιμικών αποκρίσεων [14,64]. Δύο μελέτες έδειξαν ισχυρή και στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων ινσουλίνης πλάσματος και ινσουλίνης σιέλου σε υγιείς εθελοντές [67,24]. Βέβαια, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση του ευρήματος με Μοντέλο Εκτίμησης Ομοιόστασης-Αντίστασης στην Ινσουλίνη (HOMA-IR) ή ποσοτικοποιημένο δείκτη ευαισθησίας στη δράση της ινσουλίνης [26].

Όσον αφορά στην επίδραση της ποικιλίας μελιού στις μεταγευματικές τιμές της ινσουλίνης αίματος, οι Atayoglu και συνεργάτες εντόπισαν στατιστικά σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις της ινσουλίνης στο χρόνο 120 μετά από την κατανάλωση

του μελιού καστανιάς και όχι άλλων ποικιλιών συγκριτικά με την κατανάλωση γλυκόζης [22]. Η ομάδα του Deibert εντόπισε μικρότερο ινσουλιναιμικό δείκτη για το ανθόμελο (Linden flower honey) χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη, χωρίς όμως να προκύψει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο δεικτών. Τέλος, μελέτη του 2015 με χορήγηση μελιού, σακχαρόζης και HFCS για δύο εβδομάδες δεν εντόπισε διαφορές στο HOMA-IR μεταξύ των παρεμβάσεων [69].

Η αυξημένη υποκειμενική πείνα και επιθυμία για κατανάλωση φαγητού παρατηρήθηκε ως αποτέλεσμα της κατανάλωσης όλων των ροφημάτων στην παρούσα μελέτη. Παρ' όλα αυτά, η βιβλιογραφία επισημαίνει την υπογλυκαιμική δράση της φρουκτόζης και κατά συνέπεια του μελιού. Ανασκόπηση του 2012 συνέκρινε τα ευρήματα κλινικών μελετών που αφορούσαν στο μέλι και στη φρουκτόζη ξεχωριστά και συμπέρανε ότι σε συμμετέχοντες με φυσιολογική ή διαταραγμένη ανοχή στη γλυκόζη αλλά και σε διαβητικούς παρατηρήθηκαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις γλυκόζης και ινσουλίνης στον ορό και στο πλάσμα του αίματος μετά από κατανάλωση μελιού και φρουκτόζης αντίστοιχα, έναντι της κατανάλωσης δεξτρόζης, σακχαρόζης ή διαλύματος που προσομοίαζε τα επίπεδα του μελιού στα κύρια σάκχαρα. [68]. Μελέτη που εξέτασε την επίδραση του μελιού μέσα σε πρωινό στην όρεξη συμπέρανε ότι το μέλι καθυστέρησε την μεταγευματική απόκριση γκρελίνης, αύξησε την απόκριση PYY και άμβλυνε την γλυκαιμική απόκριση σε σύγκριση με το γεύμα σακχαρόζης. Δεν παρατήρησαν όμως διαφορά στα επίπεδα ινσουλίνης, στη θερμογένεση και στην πρόσληψη από το ad libitum γεύμα [61].

Η υπερκατανάλωση σακχάρων στη διατροφή δύναται να προκαλέσει καρδιομεταβολικές παθήσεις, γεγονός που αποτελεί σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας [65]. Η φρουκτόζη που περιέχεται σε «σάκχαρα» της διατροφής όπως

ανθρακούχα αναψυκτικά, χυμοί, σιρόπια με κυρίαρχη θέση του σιροπιού από καλαμπόκι με υψηλή φρουκτόζη (HFCS), η ζάχαρη και το μέλι δυνητικά αποτελούν έναν παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση της παχυσαρκίας, των καρδιαγγειακών παθήσεων, του μεταβολικού συνδρόμου και του σακχαρώδη διαβήτη. Οργανισμοί όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) και η Καναδική Διαβητική Εταιρεία (CDA) έχουν εντάξει στις συστάσεις τους τη μείωση των προστιθέμενων σακχάρων στη διατροφή [65]. Μελέτη του 2009, εξέτασε τον γλυκαιμικό δείκτη από μπάρα με φρουκτόζη (fruit leather) και παρατήρησε ότι συσχετίστηκε με το ηπατικό ένζυμο AST, το οποίο σε υψηλές συγκεντρώσεις συνδέεται με την μη αλκοολική λιπώδη νόσο του ήπατος (NAFLD) και είναι αποτέλεσμα της αντίστασης στη δράση της ινσουλίνης και διαταραχής στην ανοχή της γλυκόζης [66].

Ως αποτέλεσμα των κλινικών δοκιμών που έχουν διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια, μία ανασκόπηση μετα-αναλύσεων ως προς την επίδραση της φρουκτόζης στο μεταβολικό προφίλ και τους παράγοντες κινδύνου χρόνιων παθήσεων συμπεραίνει ότι η αντικατάσταση των σακχάρων που περιέχουν φρουκτόζη με σύνθετους υδατάνθρακες πιθανώς να έχει ως αποτέλεσμα μικρή απώλεια βάρους, αλλά χρειάζεται σύνεση στη μείωση /αντικατάσταση των ελεύθερων σακχάρων στη δίαιτα [65]. Εντούτοις, η επίδραση της φρουκτόζης στο γλυκαιμική απόκριση, αλλά και στο μεταβολικό προφίλ πιθανώς να διαφέρει μεταξύ τροφίμων που την περιέχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικής σύστασης, υφής και ρευστότητας [20,66,75].

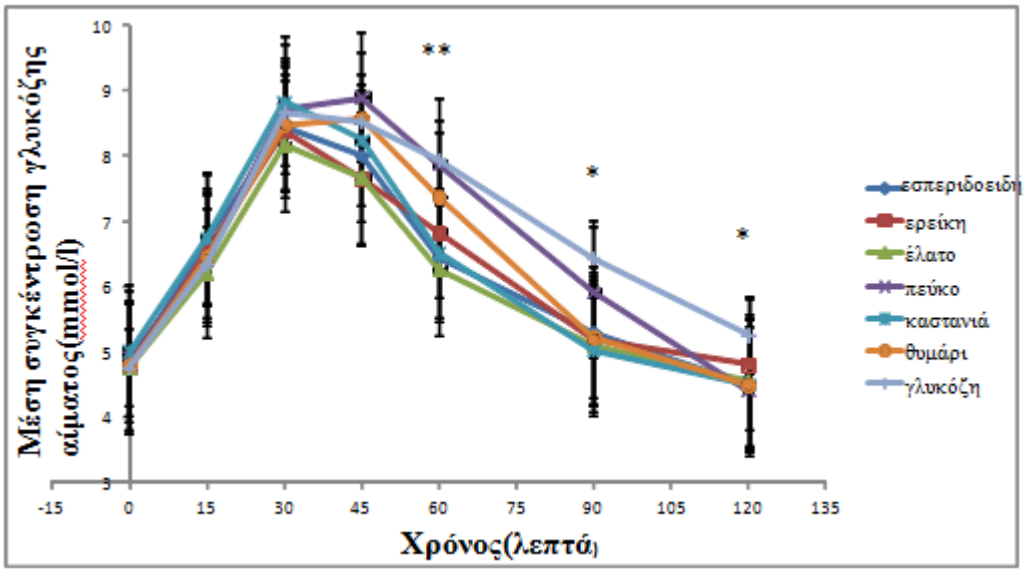
Η κλινική αυτή μελέτη παρουσίασε πλεονεκτήματα και περιορισμούς ως προς τη διεξαγωγή της. Τα πλεονεκτήματά της είναι ότι αποτελεί την πρώτη μελέτη που διερεύνησε την επίδραση διαφορετικών ποικιλιών ελληνικού μελιού στο γλυκαιμικό δείκτη σε υγιές δείγμα ενήλικου πληθυσμού. Ακολούθησε τυχαιοποιημένο και διασταυρούμενο σχεδιασμό, με διπλή τυφλοποίηση και κατάφερε να ελέγξει

συγχυτικούς μεθοδολογικούς παράγοντες που επιδρούν στη μεταβολή του γλυκαιμικού δείκτη, πέραν του τροφίμου προς εξέταση. Όσον αφορά στους περιορισμούς, για την πραγματοποίηση της μελέτης οι αναλύσεις των περιεχόμενων σακχάρων των ποικιλιών μελιού δεν διεξάχθηκαν. Η διενέργεια αναλύσεων σε όλα τα κλάσματα σακχάρων και ιδίως των ολιγοσακχαριτών που περιέχει το μέλι πιθανώς θα εξηγούσε τις διαφορές που εντοπίστηκαν ανάμεσα στις έξι ποικιλίες. Επιπλέον, η συλλογή αίματος από τους συμμετέχοντες θα επέτρεπε τον προσδιορισμό αρκετών μεταβολικών δεικτών πέραν της γλυκόζης και οι συγκεντρώσεις της ινσουλίνης του αίματος συγκεκριμένα θα συνέβαλαν στην εξαγωγή ασφαλών και συγκρίσιμων συμπερασμάτων. Ανεξάρτητα όμως των περιορισμών, η παρούσα μελέτη αποτελεί την έναρξη ενός μεγάλου πεδίου έρευνας για τις επιδράσεις του ελληνικού μελιού στους δείκτες υγείας.

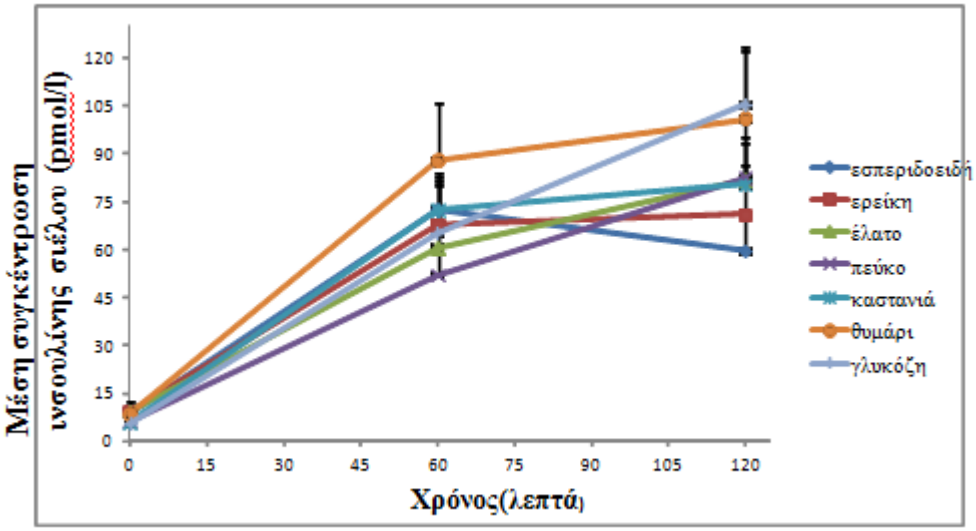
Συμπερασματικά, οι ποικιλίες μελιού από καστανιά και έλατο προσδιορίσθηκαν ως μετρίου γλυκαιμικού δείκτη και χαμηλού γλυκαιμικού φορτίου. Συνεπώς, θα μπορούσαν να προτιμηθούν έναντι άλλων ποικιλιών προς κατανάλωση με πιθανώς ευεργετικά αποτελέσματα στο γλυκαιμικό έλεγχο.

6. Παράρτημα

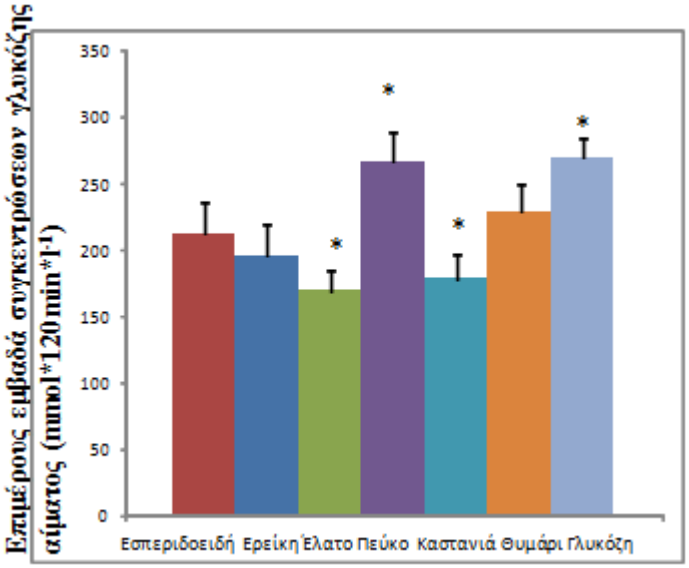
6.1 Διαγράμματα αποτελεσμάτων



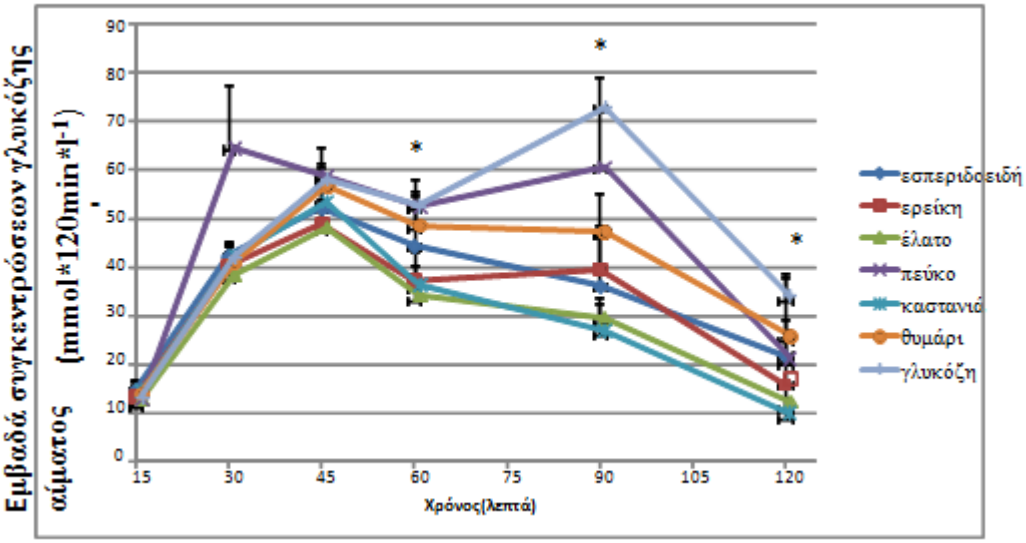
Εικόνα 10. Συγκεντρώσεις της γλυκόζης αίματος από τους 11 εθελοντές πριν και μετά την κατανάλωση των έξι ροφημάτων μελιού προς εξέταση και του ροφήματος ελέγχου. Κάθε χρονική στιγμή αναπαριστά τη μ.τ. ± SEM. * δείχνει τη στατιστικά σημαντική επίδραση του είδους ροφήματος στις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος στις συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (p<0,05).



Εικόνα 11. Συγκεντρώσεις ινσουλίνης σιέλου των 11 εθελοντών πριν και μετά την κατανάλωση των έξι ροφημάτων μελιού προς εξέταση και του ροφήματος ελέγχου (γλυκόζη). Κάθε χρονική στιγμή αναπαριστά τη μ.τ. ± SEM.



Εικόνα 12. iAUC συγκεντρώσεων γλυκόζης αίματος που προκλήθηκαν από την κατανάλωση των έξι ροφημάτων μελιού προς εξέταση και του ροφήματος ελέγχου (γλυκόζη). * δείχνει τη στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του είδους ροφήματος στις τιμές iAUC($p<0,05$).



Εικόνα 13. Εμβαδά συγκεντρώσεων γλυκόζης αίματος (AUC) πριν και μετά την κατανάλωση των έξι ροφημάτων μελιού προς εξέταση και του ροφήματος ελέγχου (γλυκόζη). Κάθε χρονική στιγμή αναπαριστά τη μ.τ. ± SEM. * δείχνει τη στατιστικά σημαντική επίδραση του είδους ροφήματος στις τιμές AUC στις συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (p<0,05).

6.2 Πίνακες αποτελεσμάτων

Πίνακας 6. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και διατροφική αξία ανά μερίδα 100g των 6 ποικιλιών ελληνικού μελιού (Θρασυβούλου και συνεργάτες, 2002)

	Εσπεριδοειδή	**Ερείκη**	**Έλατο**	**Πεύκο**	**Καστανιά**	**Θυμάρι**
Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά						
Υγρασία(%)	16,9	18,8	15,7	16,7	16,4	16,3
pH	3,4	4,2	4,75	4,5	4,9	3,5
Διατροφική αξία						
Ενέργεια (kcal)	321,32	311	313,2	308	312,4	297,2
Φρουκτόζη(%m/m)	38,9	34,8	32,1	30,4	37,6	37,4
Γλυκόζη(%m/m)	31,3	30,2	24	24,7	29,5	26,9
Σακχαρόζη(%m/m)	1,8	3,1	1,2	0,9	1,5	0,5
Άθροισμα Φρουκτόζης και Γλυκόζης(%m/m)	70,1	65	56,1	55,1	67,1	64,3
Λοιπά σάκχαρα/Ολιγοσακχαρίτες (%m/m)	9	9,5	21	21	9,5	9,5
Αναλογία γλυκόζης προς φρουκτόζης	0,805	0,868	0,748	0,813	0,785	0,719
Διαθέσιμοι Υδατάνθρακες (g σε 100g μελιού)	80,33	77,75	78,3	77	78,1	74,3
Ποσότητα μελιού για 50g διαθέσιμων υδατανθράκων (g)	62,243	64,309	63,857	64,935	64,020	67,295

Πίνακας 7. Κατανομή των χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων [α]

	Σύνολο	Άνδρες	Γυναίκες	P[β]
N	11	2	9	
Ηλικία	26,7 ± 6,6	24,0±0,8	27,2 ± 2,4	N/S
Σύσταση σώματος (από DXA)				
Βάρος (kg)	64,1 ± 2,4	65,5 ± 0,8	63,8 ± 3,0	N/S
ΔΜΣ (kg/m^2)	23,8 ± 4,1	22,5 ±0,5	24,1 ± 1,5	N/S
Ύψος (cm)	162,8 ± 1,7	170,3 ± 0,7	163,6 ± 1,8	N/S
Λίπος (%)	34,6 ± 15,0	14,2 ± 2,8	39,1 ± 4,1	0,024
Περιφέρεια μέσης	75,0 ± 8,4	75,0 ± 2,8	75,6 ± 8,7	N/S
Αναλογία κοιλιακού προς λίπος περιφέρειας ισχίων	0,31 ± 0,08	0,35±0,01	0,30 ± 0,03	N/S
Ημερήσια συχνότητα γευμάτων	2,6 ± 1,0	2,5 ±0,5	2,7 ± 0,4	N/S
Διαιτητική πρόσληψη(από ανάκληση 24ώρου)				
Ενέργεια (kcal)	1357,80 (1092,88 , 1629,97)	1629,97 (1421,67 , 1715,12)	1283,06 (1069 , 1568)	0,001
Πρωτεΐνες (g)	58,65 (43,39 , 79,22)	74,43 (67,85 , 89,24)	52,31 (40,76 , 72,80)	0,001
Υδατάνθρακες (g)	136,61 (113,39 , 180,65)	185,26 (131,29 , 217,25)	132,66 (109,28 , 175,54)	0,045
Σάκχαρα(g)	43,14 (23,39 , 61,98)	33,64 (24,90 , 53,36)	43,20 (22,79 , 64,85)	N/S
Λιπαρά(g)	57,67 (46,14 , 61,98)	78,94 (66,61 , 85,09)	54,42 (44,10 , 69,33)	0,002
Φυτικές ίνες(g)	11,31 (7,93 , 15,74)	11,92 (9,34 , 16,56)	11,27 (7,89 , 15,4)	N/S
Ενυδάτωση(L)	2 (1,5 , 2,5)	2,25 (2 , 3)	1,87 (1,5 , 2,5)	0,01

[α] Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος ± SEM ή διάμεσος(1ο, 3ο τεταρτημόριο)

[β] Μεταξύ ανδρών και γυναικών, με τη χρήση Independent Samples t-test

Οι P-τιμές < 0,05 θεωρούνται στατιστικά σημαντικές.

Συντομεύσεις: ΔΜΣ; Δείκτης Μάζας Σώματος, N/S; μη στατιστική σημαντικότητα

Πίνακας 8. Τιμές iAUC γλυκόζης αίματος (mmol*120min*l^{-1}), γλυκαιμικοί δείκτες και γλυκαιμικά φορτία (%) για τις έξι ποικιλίες μελιού και το ρόφημα ελέγχου (γλυκόζη) (μ. τ. ± S.E.M.,) με τη χρήση της συνιστώμενης μεθόδου υπολογισμού iAUC (FAO/WHO Scientific Update, 1997).

	IAUC γλυκόζης ^{α,β}	**Γλυκαιμικός Δείκτης**^{γ,δ}	**Γλυκαιμικό Φορτίο**^{γ,δ}
Εσπεριδοειδή	211,5 ± 24,2	81 ± 10	10,6 ± 1,3
Ερείκη	195,5 ± 23,1	75 ± 10	10,1 ± 1,3
Έλατο	169,1 ± 14,8	64 ± 6	8,6 ± 0,8
Πεύκο	266,2 ± 21,9	101 ± 9	13,9 ± 1,3
Καστανιά	177,9 ± 19,0	66 ± 5	8,9 ± 0,7
Θυμάρι	228,7 ± 19,7	85 ± 6	12,1 ± 0,9
Γλυκόζη	268,7 ± 14,3		

α Σημαντική αλληλεπίδραση IAUC x είδος ροφήματος, με τη χρήση Repeated Measures ANOVA, p<0,05

β Σημαντική κύρια επίδραση του είδους ροφήματος, με τη χρήση Repeated Measures ANOVA, p<0,001

γ Σημαντική αλληλεπίδραση ΓΔ x ποικιλία μελιού και ΓΦ x ποικιλία μελιού, με τη χρήση Repeated Measures ANOVA, p<0,05

δ Σημαντική κύρια επίδραση της ποικιλίας μελιού, με τη χρήση Repeated Measures ANOVA, p<0,05

Πίνακας 9. Τιμές iAUC ινσουλίνης σιέλου (pmol*120min*l^{-1}) για τις έξι ποικιλίες μελιού και το ρόφημα ελέγχου (γλυκόζη) (μ.τ. ± S.E.M.) με τη χρήση της συνιστώμενης μεθόδου υπολογισμού iAUC

	IAUC ινσουλίνης σιέλου
Εσπεριδοειδή	5441,5 ± 714,3
Ερείκη	5090,4 ±1170,1
Έλατο	5221,2 ± 895,4
Πεύκο	5544,4 ± 937,0
Καστανιά	5749,2 ± 857,9
Θυμάρι	7576,4 ± 1431,1
Γλυκόζη	6481,8 ± 1484,3

Πίνακας 10. Οπτικές αναλογικές κλίμακες (VAS) (mm) υποκειμενικής πείνας, κορεσμού και επιθυμίας για κατανάλωση φαγητού στους χρόνους 0 και 120 λεπτά για τις έξι ποικιλίες μελιού και το ρόφημα ελέγχου (γλυκόζη) (διάμεσος (1ο, 3ο τεταρτημόριο))

	Πείνα		**Κορεσμός**		**Επιθυμία για φαγητό**	
	0 λεπτά	120 λεπτά [α]	0 λεπτά	120 λεπτά	0 λεπτά	120λεπτά [β]
Εσπεριδοειδή	5,5 (4,75 , 9)	8 (6 , 9,25)	2,5 (1 , 4,25)	1 (1 , 4)	6,5 (5 , 9)	7,6 (5,75 , 8,83)
Ερείκη	6,5 (3,87 , 7,25)	7,5 (2,75 , 9,25)	2,5 (1 , 4,12)	2,75 (0 , 3,5)	6,5 (4,62 , 8,25)	7,5 (6,75 , 9,25)
Έλατο	8 (5 , 8,5)	8 (5,75 , 9,25)	2,5 (0,75 , 5,12)	1,5 (0,75 , 4,25)	7,5 (5,62 , 9)	7,5 (4,75 , 9,25)
Πεύκο	7,5 (6 , 9)	8 (6,75 , 9,25)	1,5 (1 , 3)	2 (0 , 4,25)	7,5 (5,87 , 9)	8,5 (5,25 , 9,25)
Καστανιά	6,5 (4,87 , 8)	7 (6 , 9,25)	2,75 (1,75 , 5)	2 (0,75 , 4,25)	6 (4,37 , 8,5)	8,5 (6,75 , 10)
Θυμάρι	7,25 (6 , 9)	7,5 (5 , 9,25)	2 (1,37 , 3)	2 (1,12 , 4,25)	7 (5,75 , 9)	7 (5,75 , 8,25)
Γλυκόζη	8 (6,75 , 9,25)	7 (6,75 , 8,25)	1,5 (0 , 4,25)	2,5 (1,37 , 4,25)	7,83 (5,75 , 9,25)	7 (5 , 9,25)

[α] **Σημαντική επίδραση του χρόνου** x^2=6.25, p=0.012**, με τη χρήση Friedman (K-Related)**
[β] **Σημαντική επίδραση του χρόνου** x^2=7,143, p=0.01**, με τη χρήση Friedman (K-Related)**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) Codex Alimentarius. Standard for honey. CODEX STAN 12-**1981**. www.fao.org [πρόσβαση 01/05/2016]

2) Πασχάλης Χρ. Χαριζάνης. *Μέλισσα και Μελισσοκομική Τεχνική*. Β έκδοση. Θεσσαλονίκη **1996**

3) Jose Miguel Alvarez-Suarez · Sara Tulipani ·Stefania Romandini · Enrico Bertoli · Maurizio Battino. Contribution of honey in nutrition and human health:a review. *Mediterr J Nutr Metab* (**2010**) 3:15–23

4) Ioannis K. Karabagias, Anastasia Badeka, Stavros Kontakos, Sofia Karabournioti, Michael G. Kontominas. Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Chemistry* 146 (**2014**) 548–557

5) «Ταυτοποίηση αμιγών ελληνικών μελιών πεύκου, ελάτης, καστανιάς, ερείκης, θυμαριού, πορτοκαλιάς, βαμβακιού και ηλίανθου.» Κώδικας Τροφίμων και Ποτών. Γλυκαντικές Ύλες. Άρθρο 67^{α}. Έκδοση 2. Φεβρουάριος **2012**. 67α.1-4

6) http://www.organic-honey.gr/why-greek/statistics/ [πρόσβαση στην ιστοσελίδα 01/05/2016]

7) Abdulwahid Ajibola, Joseph P. Chamunorwa and Kennedy H. Erlwanger. Review: Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism* **2012**, 9:61

8) Christy E. Manyi-Loh, Roland N. Ndip and Anna M. Clarke. Volatile Compounds in Honey: A Review on Their Involvement in Aroma, Botanical

Origin Determination and Potential Biomedical Activities. *International Journal of Molecular Sciences* **2011**, 12, 9514-9532.

9) Jun Wang and Qing X. Li. Chemical Composition, Characterization, and Differentiation of Honey Botanical and Geographical Origins. *Advances in Food and Nutrition Research*, Volume 62. Chapter 3. **2011**

10) Livia Persano Oddo, Roberto Piro. Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie* 35 (**2004**) S38–S81

11) Manuel E. Cortés, Pilar Vigil, and Gloria Montenegro. The medicinal value of honey: a review on its benefits to human health, with a special focus on its effects on glycemic regulation. *Cien. Inv. Agr*. 38(2):303-317. **2011**

12) Carbohydrates In Human Nutrition. The Role of Glycemic Index in food choice. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome, 14-18 April **1997**

13) L.S.A. Augustin, C.W.C. Kendall, D.J.A. Jenkins, W.C. Willett, A. Astrup, A.W. Barclay, I. Björck, J.C. Brand-Miller, F. Brighenti, A.E. Buyken, A. Ceriello, C. La Vecchia, G. Livesey, S. Liu, G. Riccardi, S.W. Rizkalla, J.L. Sievenpiper, A. Trichopoulou, T.M.S. Wolever, S. Baer-Sinnott, A. Poli. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC)* *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* (**2015**) 25, 795-815

14) F. Brouns, I. Bjorck, K. N. Frayn, A. L. Gibbs, V. Lang, G. Slama and T. M. S. Wolever. Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews* (**2005**), 18, 145–171

15) Stefan Bogdanov, Tomislav Jurendic, Robert Sieber, Peter Gallmann. Honey for Nutrition and Health: a Review. *American Journal of the College of Nutrition*, **2008**, 27: 677-689

16) Sathyasurya Daniel Robert, Aziz Al-Safi Ismail. Two varieties of honey that are available in Malaysia gave intermediate glycemic index values when tested among healthy individuals. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. **2009**, 153(2):145–148.

17) P Deibert, D Konig, B Kloock, M Groenefeld and A Berg. Glycaemic and insulinaemic properties of some German honey varieties. *European Journal of Clinical Nutrition* (**2010**) 64, 762–764

18) Rudolf Chlup, Karolina Peterson, Jana Zapletalová,Pavla Kudlová, and Pavel Sečkař. Extended Prandial Glycemic Profiles of Foods as Assessed Using Continuous Glucose Monitoring Enhance the Power of the 120-Minute Glycemic Index. *Journal of Diabetes Science and Technology* Volume 4, Issue 3, May **2010**

19) Lynne Chepulis, Evelyn Francis. The glycaemic index of Manuka honey. *e-SPEN Journal* 8 (**2013**) e21-e24.

20) Fiona S. Atkinson, Kaye Foster-Powell, Jennie C. Brand-Miller. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008 *Diabetes Care* 31:2281–2283, **2008**

21) Geoffrey Livesey, Richard Taylor, Toine Hulshof and John Howlett. Glycemic response and health—a systematic review and meta-analysis: relations between dietary glycemic properties and health outcomes. *Am J Clin Nutr* **2008**, 87(suppl):258S– 68S

22) Ali Timuçin Atayoglu, Meltem Soyglu, Sibel Silici, Neriman İnanc. Glycemic index values of monofloral Turkish honeys and the effect of their consumption on glucose metabolism. *Turkish Journal of Medical Sciences* **2016**,46.

23) Noori Al-Waili, Nadir S. Boni. Honey increased saliva, plasma and urine content of total nitrite concentrations in normal individuals. *Journal of Medicinal Food* 7(3):377-80 · February **2004**

24) B Fabre, G Maccallini, A Oneto, D Gonzalez, V Hirschler, C Aranda and G Berg. Measurement of fasting salivary insulin and its relationship with serum insulin in children. *Endocrine Connections* (**2012**) 1, 58–61

25) Michael Groschl. Current Status of Salivary Hormone Analysis. *Clinical Chemistry* 54:11,1759–1769 (**2008**)

26) Gauri S Desai, Suresh T Mathews. Saliva as a non-invasive diagnostic tool for inflammation and insulin-resistance. *World J Diabetes* **2014** December 15, 5(6): 730-738

27) Stefan Bogdanov, Kaspar Ruo, Livia Oddo. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie* 35 (**2004**) S4–S17

28) Jennifer Ilana Ischayek, Mark Kern.US Honeys Varying in Glucose and Fructose Content Elicit Similar Glycemic Indexes. *J Am Diet Assoc*. **2006**,106:1260-1262.

29) T. M.S Wolever. Effect of blood sampling schedule and method of calculating the area under the curve on validity and precision of glyceamic index values. *British Journal of Nutrition* (**2004**), 91, 295-300

30) https://www.iso.org/standard/43633.html [Πρόσβαση στην ιστοσελίδα 01/06/2016]

31) Yaghoobi, N., Al-Waili, N., Ghayour-Mobarhan, M., Parizadeh, S.M., Abasalti, Z., Yaghoobi, Z., Yaghoobi, F., Esmaeili, H., Kazemi-Bajestani,

32) S.M., Aghasizadeh, R., Saloom, K.Y., Ferns, G.A. Natural honey and cardiovascular risk factors, effects on blood glucose, cholesterol, triacylglycerole, CRP, and body weight compared with sucrose. *Sci. World J*., **2008**, 20,463-9.

33) Beretta, G., Orioli, M., Facino, R.M. Antioxidant and radical scavenging activity of honey in endothelial cell cultures (EA.hy926). *Planta Med*., **2007**,73, 1182-9.

34) Gheldof, N., Engeseth, N.J. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *J. Agric. Food Chem*., **2002**, 50, 3050-55.

35) Erejuwa, O.O., Sulaiman, S.A., Ab Wahab, M.S., Sirajudeen, K.N., Salleh, S., Gurtu, S. Honey supplementation in spontaneously hypertensive rats elicits antihypertensive effect via amelioration of renal oxidative stress. *Oxid. Med. Cell. Longev*. **2012**, 2012, 374037.

36) Erejuwa, O.O., Sulaiman, S.A., Wahab, M.S., Sirajudeen, K.N., Salleh, M.S., Gurtu, S. Impaired Nrf2-ARE pathway contributes to increased oxidative damage in kidney of spontaneously hypertensive rats: Effect of antioxidant honey. *Int. J. Cardiol*., **2011**, 152, 45.

37) Pichichero, E., Cicconi, R., Mattei, M., Muzi, M.G., Canini, A. Acacia honey and chrysin reduce proliferation of melanoma cells through alterations in cell cycle progression. *Int. J. Oncol*., **2010**, 37, 973-81.

38) Jaganathan, S.K., Mandal, M. Involvement of non-protein thiols, mitochondrial dysfunction, reactive oxygen species and p53 in honey-induced apoptosis. *Invest. New Drugs*., **2010**, 28, 624-33.

39) Fauzi, A.N., Norazmi, M.N., Yaacob, N.S. Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food Chem. Toxicol*., **2011**, 49, 871-8.

40) Ghashm, A.A., Othman, N.H., Khattak, M.N., Ismail, N.M., Saini, R. Antiproliferative effect of Tualang honey on oral squamous cell carcinoma and osteosarcoma cell lines. *BMC Complement Altern. Med*, **2010**, 10, 49.

41) Swellam, T., Miyanaga, N., Onozawa, M., Hattori, K., Kawai, K., Shimazui, T., Akaza, H. Antineoplastic activity of honey in an experimental bladder cancer implantation model: in vivo and in vitro studies. *Int. J. Urol*., **2003**, 10, 213-9

42) Attia, W.Y., Gabry, M.S., El-Shaikh, K.A., Othman, G.A. The anti-tumor effect of bee honey in Ehrlich ascite tumor model of mice is coincided with stimulation of the immune cells. *Egypt. J. Immunol*., **2008**, 15, 169-83.

43) Fasanmade, A.A. and Alabi, O.T. Differential effect of honey on selected variables in alloxan-induced and fructose-induced diabetic rats. *Afr. J. Biomed. Res.*, **2008**, 11, 191-6.

44) Erejuwa, O.O., Sulaiman, S.A., Wahab, M.S., Sirajudeen, K.N., Salleh, M.S., Gurtu, S. Glibenclamide or metformin combined with honey improves glycemic control in streptozotocin-induced diabetic rats. *Int. J. Biol. Sci*., **2011**, 7, 244-52.

45) Chepulis, L., Starkey, N. The long-term effects of feeding honey compared with sucrose and a sugar-free diet on weight gain, lipid profiles, and DEXA measurements in rats. *J. Food Sci*., **2008**, 73, 1-7.

46) Akhtar, M.S. and Khan, M.S. Glycaemic responses to three different honeys given to normal and alloxan-diabetic rabbits. *J. Pak. Med. Assoc*., **1989**, 39,107-13.

47) Erejuwa, O.O., Gurtu, S., Sulaiman, S.A., Ab Wahab, M.S., Sirajudeen, K.N., Salleh, M.S. Hypoglycemic and antioxidant effects of honey supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Int. J. Vitam. Nutr. Res*., **2010**, 80, 74-82.

48) Erejuwa, O.O., Sulaiman, S.A., Wahab, M.S., Sirajudeen, K.N.S., Salzihanc, M.S. Effects of Malaysian tualang honey supplementation on glycemia, free radical scavenging enzymes and markers of oxidative stress in kidneys of normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Int. J. Cardiol*., **2009**, 137, 45.

49) Ahmad, A., Azim, M.K., Mesaik, M.A., Khan, R.A. Natural honey modulates physiological glycemic response compared to simulated honey and D glucose. *J. Food Sci*., **2008**, 73, 165-7.

50) Al-Waili, N. Intrapulmonary administration of natural honey solution, hyperosmolar dextrose or hypoosmolar distill water to normal individuals and to patients with type-2 diabetes mellitus or hypertension: their effects on blood glucose level, plasma insulin and C-peptide, blood pressure and peaked expiratory flow rate. *Eur. J. Med. Res*., **2003**, 8, 295-303.

51) Bahrami, M., Ataie-Jafari, A., Hosseini, S., Foruzanfar, M.H., Rahmani, M., Pajouhi, M. Effects of natural honey consumption in diabetic patients: an 8-week randomized clinical trial. *Int.J. Food Sci. Nutr*., **2009**, 60, 618-26.

52) Abdulrhman, M., El-Hefnawy, M., Hussein, R., El-Goud, A.A. The glycemic and peak incremental indices of honey, sucrose and glucose in patients with type 1 diabetes mellitus: effects on C-peptide level-a pilot study. *Acta Diabetol*., **2011**, 48, 89-94.

53) Abdulrhman, M., El-Hefnawy, M., Ali, R. Honey and type 1 diabetes mellitus. In: Liu CP, ed. Type 1 diabetes - complications, pathogenesis, and alternative treatments. *Croatia: InTech*., **2011**, 228-33.

54) Agrawal, O.P.,Pachauri, A., Yadav, H., Urmila, J., Goswamy, H.M., Chapperwal, A., Bisen, P.S., Prasad, G.B. Subjects with impaired glucose tolerance exhibit a high degree of tolerance to honey. *J. Med. Food*., **2007**, 10,473-8.

55) Katsilambros, N.L., Philippides, P., Touliatou, A., Georgakopoulos, K., Kofotzouli, L., Frangaki, D., Siskoudis, P., Marangos, M., Sfikakis, P. Metabolic effects of honey (alone or combined with other foods) in type II diabetics. *Acta Diabetol. Lat*., **1988**, 25, 197-203.

56) Al-Waili, N.S. Natural honey lowers plasma glucose, C-reactive protein, homocysteine and blood lipids in healthy, diabetic and hyperlipidemic subjects: comparison with dextrose and sucrose. *J. Med. Food*., **2004**, 7, 100-7.

57) Adams, C.J., Boult, C.H., Deadman, B.J., Farr, J.M., Grainger, M.N., Manley-Harris, M., Snow, M.J. Isolation by HPLC and characterisation of the bioactive fraction of New Zealand manuka (Leptospermum scoparium) honey. *Carbohydr. Res*., **2008**, 343, 651-59.

58) Identification and quantification of methylglyoxal as the dominant antibacterial constituent of Manuka (Leptospermum scoparium) honeys from New Zealand. Mavric, E., Wittmann, S., Barth, G., Henle, T. *Mol. Nutr. Food Res*., **2008**, 52, 483-89.

59) Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Dvaz, D., Estevez, Y., Romandini, S.Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S., Battino, M. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food Chem. Toxicol*., **2010**, 48, 2490-9.

60) Josh M. Alvarez-Suarez, Francesca Giampieri and Maurizio Battino. Honey as a Source of Dietary Antioxidants: Structures, Bioavailability and Evidence of

Protective Effects Against Human Chronic Diseases. *Current Medicinal Chemistry*, **2013**, 20, 621-638

61) Samanta A., Burden AC., Jones GR. Plasma glucose responses to glucose, sucrose, and honey in patients with diabetes mellitus: An analysis of glycemic and peak incremental indices. *Diabet Med* **1985** Sep: 2 (5): 371-3

62) Larson-Meyer DE, Willis KS, Willis LM, Austin KJ, Hart AM, Breton AB, Alexander BM. Effect of honey versus sucrose on appetite, appetite-regulating hormones, and postmeal thermogenesis. *J Am Coll Nutr* **2010** Oct:29(5): 482-93

63) Madison BL, Kozarek WJ, Damo CP. High-pressure liquid chromatography of caffeine in coffee. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*. **1976**,59(6):1258-61).

64) Flint. A. et al. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. *Int J Obes Relat Metab Disord*, **2000**. 24 (1): p.38-48.

65) Jayashree Arcot and Jennie Brand-Miller. A preliminary assessment of the glycemic index of honey. **2005** *Rural Industries Research and Development Corporation*.

66) Tauseef A. Khan, John L. Sievenpiper. Controversies about sugars: results from systematic reviews and meta‐analyses on obesity, cardiometabolic disease and diabetes. *Eur J Nutr* (**2016**) 55 (Suppl 2):S25–S43.

67) TMS Wolever, AL Jenkins, V Vuksan and J Campbell. The glycaemic index values of foods containing fructose are affected by metabolic differences between subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* (**2009**) 63, 1106–1114.

68) Madison BL, Kozarek WJ, Damo CP. Salivary insulin in normal and type I diabetic subjects. *Diabetes Care* **1988**, **11**: 489-494.

69) Omotayo O. Erejuwa, Siti A. Sulaiman and Mohd S. Ab Wahab. Review: Fructose Might Contribute to the Hypoglycemic Effect of Honey. *Molecules* **2012**, 17, 1900-1915

70) Raatz SK, Johnson LK, Picklo MJ. Consumption of honey, sucrose and high-fructose corn syrup produces similar metabolic effects in glucose-tolerant and –intolerant individuals. *J Nutr* **2015** Oct 145(10): 2265-72.

71) BJ Venn and TJ Green. REVIEW: Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet–disease relationships. European *Journal of Clinical Nutrition* (**2007**) 61 (Suppl 1), S122–S131.

72) Adora M. W. Yau, John McLaughlin, William Gilmore, Ronald J. Maughan and Gethin H. Evans. The Acute Effects of Simple Sugar Ingestion on Appetite, Gut-Derived Hormone Response, and Metabolic Markers in Men. *Nutrients* **2017**, 9, 135.

73) Eliana Spilioti, Mari Jaakkola, Tiina Tolonen, Maija Lipponen, Vesa Virtanen, Ioanna Chinou, Eva Kassi, Sofia Karabournioti, Paraskevi Moutsatsou. Phenolic Acid Composition, Antiatherogenic and Anticancer Potential of Honeys Derived from Various Regions in Greece. *PLoS ONE* 9(4): e94860 April **2014**

74) A. Bentabol Manzanares, Z. Hernández García, B. Rodríguez Galdón, E. Rodríguez Rodríguez, C. Díaz Romero. Differentiation of blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition. *Food Chemistry* 126 (**2011**) 664–672.

75) BM. Lee, TMS Wolever. Effect of glucose, sucrose and fructose on plasma glucose and insulin responses in normal humans: comparison with white bread. *European Journal of Clinical Nutrition* (**1998**) 52, 924-928.

76) C. Gallagher, J.B. Keogh, E. Pedersen, P. M. Clifton. Fructose acute effects on glucose, insulin and triglyceride after a solid meal compared with sucralose and sucrose in a randomizes crossover study. *Am J Clin Nutr*. June **2016**, vol. 103, no. 6, 1453-1457.

77) American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care*. January **2017**. Vol. 40, Suppl.1

78) D. Greenwood, D. Threapleton, Ch. Evans, Ch. Cleghorn, C. Nykjaer, Ch. Woodhead, V. Burley. Glycemic Index, Glycemic Load, Carbohydrates and Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 36: 4166-4171, **2013**

79) L.Schwingshackl, G.Hoffmann. Long term effects of low glycemic index/load vs. high glycemic index/load diets on parameters of obesity and obesity-associated risks: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* (**2013**) 23, 699-706

80) Θρασυβούλου Α., Μανίκης Ι., Τανανάκη Χ., Τσέλλιος Δ., Καραμπουρνιώτη Σ., Δήμου Μ. Η ταυτοποίηση του ελληνικού μελιού. Α. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που στηρίζουν την ποιότητα του προϊόντος. *Πρακτικά 1ου Επιστημονικού Συνεδρίου Μελισσοκομίας-Σηροτροφίας*, Αθήνα, 29 Νοεμβρίου-1 Δεκεμβρίου **2002**.