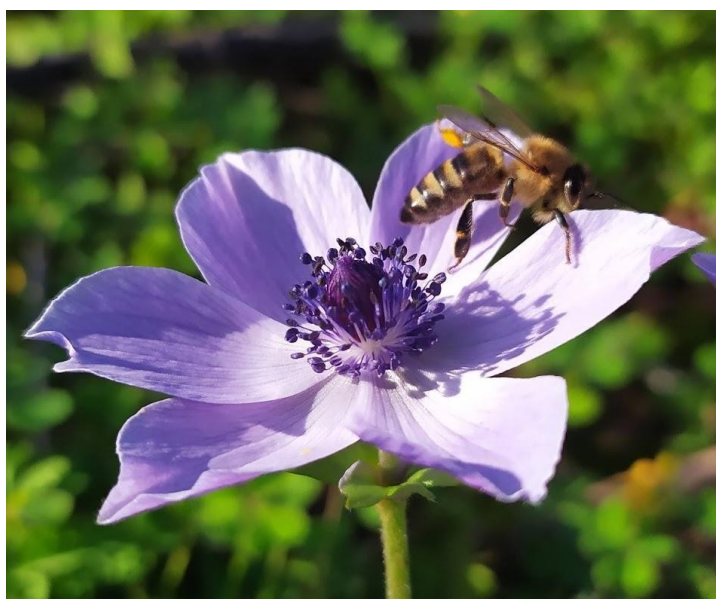




ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΜΕΛΙΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ
ΒΟΤΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ**

ΣΑΒΒΙΔΑΚΗ ΕΛΙΣΑΒΕΤ

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
"Εφαρμοσμένη Επιστήμη και Τεχνολογία στη Γεωπονία"**

ΤΟ ΈΡΓΟ ΔΙΕΚΠΕΡΑΙΩΘΗΚΕ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΜΒΛΗΜΑΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ "ΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΙΣΣΑΣ", ΥΠΟΈΡΓΟ 1: ΤΑΥΤΟΠΟΪΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΑΛΥΣΣΑΝΔΡΑΚΗΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

2. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΤΡΑΝΤΑΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

3. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΚΟΝΤΑΞΑΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΤΟ ΈΡΓΟ ΑΥΤΟ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (ΠΑΓΡΟΤΟΠ) ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΕΛΜΕΠΑ**

Στη μικρή μου μέλισσα, Μαρίλια....!!

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή διήρκεσε 15 μήνες και έλαβε χώρα στο εργαστήριο Ποιότητας και Ασφάλειας Αγροτικών Προϊόντων, του τμήματος Γεωπονίας, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου, στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Εφαρμοσμένης Επιστήμης και Τεχνολογίας στη Γεωπονία. Με την αποπεράτωση του έργου αυτού, οφείλω να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή Ασφάλειας και Ποιότητας Τροφίμων, κύριο Ελευθέριο Αλυσσανδράκη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να λάβω ενεργά, μέρος στην ερευνητική διαδικασία του εργαστηρίου του, για τις εύστοχες υποδείξεις, που με βοηθούν έως σήμερα να υπερνικήσω τις δυσκολίες που συναντώ, αλλά κυρίως γιατί μου γνώρισε τον υπέροχο κόσμο της μελισσοκομίας και των προϊόντων της μέλισσας.

Επιπρόσθετα, ευχαριστώ τα παιδιά της ομάδας του εργαστηρίου που συντέλεσαν ο καθ' ένας με το δικό του τρόπο, στη διεκπεραίωση της παρούσας μελέτης. Ειδικότερα, τη συνάδελφο και συνοδοιπόρο στο ερευνητικό έργο, κυρία Φωτεινή Βαρδάκα, για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη, στο κομμάτι των αναλυτικών διαδικασιών.

Επίσης, ευχαριστώ τον κύριο Μαρίνο Ξαγοράρη, υποψήφιο διδάκτορα στο εργαστήριο Γενικής Χημείας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για τη σημαντική καθοδήγησή του σχετικά με τη στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Τέλος πολλά ευχαριστώ αξίζουν στους φίλους, την οικογένειά μου, για την ψυχολογική και ηθική στήριξη που μου προσφέρουν με κάθε ευκαιρία, ηθελημένα ή μη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	VI
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	VII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VIII
ABSTRACT.....	XI
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΤΟ ΜΕΛΙ.....	1
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΛΙΟΥ.....	3
1.3 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ.....	5
1.3.1 ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ.....	5
1.3.2 ΣΑΚΧΑΡΑ ΚΑΙ ΟΞΕΑ.....	7
1.3.3 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	8
1.3.4 ΈΝΖΥΜΑ.....	10
1.3.5 ΥΔΡΟΞΥ-ΜΕΘΥΛΟ-ΦΟΥΡΦΟΥΡΑΛΗ (HMF).....	11
1.3.6 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΖΥΜΕΣ.....	12
1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΕΛΙΟΥ.....	13
1.4.1 ΆΡΩΜΑ ΚΑΙ ΓΕΥΣΗ.....	13
1.4.2 ΧΡΩΜΑ.....	15
1.5 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	16
1.5.1 ΪΞΩΔΕΣ.....	16
1.5.2 ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΟΤΗΤΑ.....	17
1.5.3 ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ.....	17
1.6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ.....	21
1.7 ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗ ΑΞΙΑ.....	22
1.8 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕΛΙΟΥ.....	22
1.9 ΝΟΘΕΙΑ ΜΕΛΙΟΥ.....	26
1.10 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΜΕΛΙΟΥ.....	27
1.10.1 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ.....	27
1.10.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ.....	28
1.11 ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	30
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕΛΙΟΥ.....	31
2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	31
2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....	32
2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (MS/CM).....	33
2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΡΗ ΚΑΙ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ (ΜΕQ/ΚG).....	34

2.5	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΈΝΩΣΗΣ ΗΜΦ (ΥΔΡΟΞΥΜΕΘΥΛΟΦΟΥΡΦΟΥΡΑΛΗ) ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΚΑΤΑ WHITE (MG/KG).....	34
2.6	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΝΖΥΜΟΥ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΑ SCHADE (ΒΑΘΜΟΙ DN).....	37
2.7	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	42
3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	43
3.1	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	43
3.2	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΛΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ.....	45
3.2.1	ΥΓΡΑΣΙΑ.....	45
3.2.2	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	47
3.2.3	ΤΙΜΗ ΡΗ.....	49
3.2.4	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΟΞΥΤΗΤΑ.....	50
3.2.5	ΧΡΩΜΑ.....	52
3.2.6	ΥΔΡΟΞΥΜΕΘΥΛΟΦΟΥΡΦΟΥΡΑΛΗΣ (ΗΜΦ).....	54
3.2.7	ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΝΖΥΜΟΥ ΔΙΑΣΤΑΣΗ.....	56
3.2.8	ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΚΤΟΣ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ.....	59
3.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΛΙΩΝ ΜΕΛΙΤΩΜΑΤΩΝ- ΑΝΘΕΩΝ.....	61
3.3.1	ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΛΙΩΝ ΑΝΘΕΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΙΤΩΜΑΤΩΝ.....	61
3.3.2	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΛΙΩΝ ΑΝΘΕΩΝ- ΜΕΛΙΤΩΜΑΤΩΝ.....	63
3.4	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΜΕΛΙΩΝ ΠΕΥΚΟΥ ΚΑΙ ΘΥΜΑΡΙΟΥ.....	70
3.4.1	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΥΚΟΥ.....	70
3.4.2	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΘΥΜΑΡΙΟΥ.....	75
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΈΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	77
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80
	ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80
	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	84
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	86
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	87
	Παράρτημα ΙΙ.....	92

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πλούσια ελληνική γλωρίδα, σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα μορφολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας, έχουν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή πολλών διαφορετικών τύπων μελιού. Η μελέτη και η γνώση των χαρακτήρων κάθε τύπου, κρίνονται απαραίτητα για την ανάδειξή τους. Ταυτόχρονα, η ταυτοποίηση τους σε βοτανικό και γεωγραφικό επίπεδο είναι αναπόσπαστο κομμάτι, που συμβάλλει στην προστασία του προϊόντος, του καταναλωτή και τελικά του ίδιου του μελισσοκόμου.

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή μελετήθηκαν 163 δείγματα μονοανθικών μελιών από θυμάρι, πεύκο, βαμβάκι, ρείκι, έλατο και καστανιά, τα οποία προήλθαν από 71 διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας. Έγινε προσδιορισμός των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών υγρασία, χρώμα, αγωγιμότητα, pH, οξύτητα, υδροξυμεθυλοφουρουράλη (HMF) και ένζυμο διαστάση, σύμφωνα με τις επίσημες μεθόδους της ευρωπαϊκής επιτροπής μελιού. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι τα περισσότερα δείγματα βρίσκονται μέσα στα νομικά όρια για τον εκάστοτε βοτανικό τύπο που δηλώθηκε από τους παραγωγούς, ενώ τα δείγματα καστανιάς εμφάνισαν ως επί το πλείστον, χαρακτηριστικά όμοια με μέλι μελιτώματος, σε ότι αφορά την αγωγιμότητα, το pH και το χρώμα. Το ρείκι παρουσίασε τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας (19,1%), ενώ το έλατο εμφάνισε τα χαμηλότερα (15,3%). Τη μεγαλύτερη αγωγιμότητα παρουσίασαν τα μέλια καστανιάς (1,74 mS/cm), ενώ οι μικρότερες τιμές καταγράφηκαν στα θυμαρίσια μέλια (0,42 mS/cm). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε αρκετά δείγματα μελιού πεύκου καταγράφηκε χαμηλότερη αγωγιμότητα από αυτή που ορίζει η νομοθεσία, πράγμα που συναντάται συχνά στο συγκεκριμένο είδος μελιού. Το υψηλότερο pH εμφάνισαν τα δείγματα καστανιάς (5,8), ενώ το χαμηλότερο τα μέλια από βαμβάκι (3,9). Σε ότι αφορά την ελεύθερη οξύτητα, η μεγαλύτερη τιμή καταγράφηκε στα δείγματα από βαμβάκι (35,6 meq/Kg), ενώ η μικρότερη στα δείγματα καστανιάς (18,4 meq/Kg). Εντονότερο χρώμα είχαν τα μέλια από ρείκι, ενώ λιγότερο έντονο τα θυμαρίσια. Υψηλότερη HMF καταγράφηκε στην περίπτωση των δειγμάτων θυμαριού (11,6 mg/Kg), αντίθετα η καστανιά εμφάνισε μηδενικές συγκεντρώσεις. Μεγαλύτερη ενεργότητα διαστάσης εμφανίζεται στα έλατα (30,1 DN), ενώ χαμηλότερη στα ρείκια (14,8 DN). Χαμηλές, αλλά εντός ορίων τιμές διαστάσης παρουσιάστηκαν σε

θυμαρίσια μέλια, γεγονός που μπορεί να αποτελέσει ένδειξη νοθείας.

Ακολούθησε σύγκριση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών μεταξύ μελιών ανθέων και μελιτωμάτων. Τα μέλια μελιτωμάτων παρουσίασαν μεγαλύτερη αγωγιμότητα, pH, ελεύθερη οξύτητα και πιο σκούρο χρώμα. Αντίθετα τα ανθόμελα εμφάνισαν μεγαλύτερη υγρασία, αυξημένη συγκέντρωση HMF και διαστάση. Σύμφωνα και με το στατιστικό μοντέλο διαχωρισμού που εφαρμόστηκε, οι μεταβλητές pH και αγωγιμότητα παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στο διαχωρισμό μελιών νέκταρος-μελιτώματος.

Τα δεδομένα από τις φυσικοχημικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή διαχωριστικής ανάλυσης (discriminant analysis), ώστε να εξεταστεί η πιθανότητα ταξινόμησης των δειγμάτων στις κατηγορίες ανθέων - μελιτωμάτων και ανά βοτανική προέλευση, σύμφωνα με το στατιστικό μοντέλο. Για τις δύο περιπτώσεις η αγωγιμότητα και το pH συνεισφέρουν περισσότερο στο διαχωρισμό, ενώ επετεύχθη υψηλό ποσοστό ομαδοποίησης, καθώς και διασταυρούμενης επικύρωσης (cross-validation), 97,4 και 95,6% αντίστοιχα, για τη διάκριση μεταξύ ανθέων- μελιτωμάτων και 89,5 και 83,3% αντίστοιχα για τον βοτανικό διαχωρισμό.

Όμοια διαδικασία πραγματοποιήθηκε για το γεωγραφικό διαχωρισμό δειγμάτων πεύκου από τη Θάσο, τη Χαλκιδική, την Εύβοια και την Κρήτη. Φάνηκε ότι η διαστάση είναι η παράμετρος που συνεισφέρει σημαντικότερα στο στατιστικό μοντέλο, ενώ ακολούθησαν κατά φθίνουσα σειρά, η υγρασία, η αγωγιμότητα και το χρώμα. Σημαντικό ποσοστό διαχωρισμού 79,3% καταγράφηκε επίσης, για τις 4 περιοχές, το οποίο αυξήθηκε στο 82,8%, μετά από ομαδοποίηση των δειγμάτων από Θάσο και Χαλκιδική. Στην αντίστοιχη προσπάθεια διαχωρισμού μελιών θυμαριού, στις περιοχές Δωδεκάνησα, Κρήτη, Επτάνησα και Κυκλάδες, ομαδοποιήθηκε σωστά μόνο το 59%, ποσοστό μη ικανοποιητικό, απόρροια της ισχυρής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών.

Τέλος, τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν, δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εργαλείο για το διαχωρισμό και την πρόβλεψη προέλευσης άγνωστων δειγμάτων. Καθοριστικό όμως ρόλο, παίζουν το μέγεθος του δείγματος και η συσχέτιση των μεταβλητών, καθώς αποτελούν παράγοντες που επιδρούν στην αποτελεσματικότητα της διαδικασίας και την ορθότητα των συμπερασμάτων.

ABSTRACT

The rich Greek flora, in combination with the special morphological and climatic characteristics, contributes to the production of many different types of honey. The study and knowledge of the characters of each type are considered necessary for their emergence.

At the same time, their identification at the botanical and geographical level are integral parts, which contribute to the protection of the product, the consumer and ultimately the beekeeper. In the present dissertation, 163 samples of unifloral honeys from thyme, pine, cotton, heather, fir and chestnut were studied, originating from 71 different regions of Greece. The physicochemical characteristics of moisture, color, conductivity, pH, acidity, hydroxymethylfurfural (HMF) and diastase activity was determined according to the official methods of the European Honey Commission. The results showed that most of the samples were within the legal limits for the respective origin declared by the producers, while the chestnut samples showed mostly characteristics similar to honeydew honey, in terms of conductivity, pH and colour. Heather honeys showed the highest moisture content (19.1%), while fir showed the lowest (15.3%). Chestnut honey had the highest electrical conductivity (1.74 mS / cm), while the lowest values were recorded in thyme honey (0.42 mS / cm). It should be noted that in several samples of pine honey lower values were found than those required by law, which is often found in this type of honey. Chestnut samples showed the highest pH (5.8), while cotton honeys showed the lowest pH (3.9). In terms of free acidity, the highest value was recorded in the cotton samples (35.6 meq / Kg), while the lowest in the chestnut samples (18.4 meq / Kg). Heather honey was more intense, while thyme was less intense. Higher HMF was recorded in the case of thyme samples (11.6 mg / Kg), while chestnut showed zero concentrations. Higher diastase activity occurs in fir (30.1 DN), while lower in heather samples (14.8 DN). Low, but within the legislation limits of diastase activity values were presented in thyme honey, which may be an indication of adulteration.

This was followed by a comparison of the physicochemical characteristics between flower honey and honeydew. Honeydew honeys showed higher conductivity, pH, free acidity and darker color. On the contrary, the flower honeys showed higher

humidity, increased HMF concentration and diastase. According to the statistical separation model applied, the variables pH and conductivity play the most important role in the separation of nectar-honeydew honeys.

The data from the physicochemical analyzes were used for the application of discriminant analysis, in order to examine the possibility of classifying the samples in the categories of flowers - honeydew and by botanical origin, according to the statistical model. For both cases, conductivity and pH contribute more to the separation, while a high degree of grouping was achieved, as well as cross-validation, 97.4 and 95.6% respectively, for the distinction between flowers-honeysuckle and 89, 5 and 83.3% respectively for botanical separation.

A similar process was carried out for the geographical separation of pine specimens from Thassos, Halkidiki, Evia and Crete. It seemed that the diastase is the parameter that contributes most significantly to the statistical model, while humidity, conductivity and color followed in descending order. A significant separation rate of 79.3% was also recorded for the 4 regions, which increased to 82.8%, after grouping of samples from Thassos and Halkidiki. In the corresponding effort to separate thyme honey, in the areas of Dodecanese, Crete, Ionian Islands and Cyclades, only 59% were correctly grouped, unsatisfactory percentage, due to the strong correlation between the variables.

Finally, the models created can potentially be used as a tool to separate and predict the origin of unknown samples. However, the size of the sample and the correlation of the variables play a decisive role, as they are factors that affect the efficiency of the process and the correctness of the conclusions.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αν ένας τρόπος είναι καλύτερος από έναν άλλον, τότε αυτός είναι ο τρόπος της φύσης.

Αριστοτέλης 384-322 π.Χ.

1.1 Το μέλι

Το μέλι σύμφωνα με την Κοινοτική Νομοθεσία (Οδηγία 2001/110/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου), είναι η φυσική γλυκιά ουσία που παράγουν οι μέλισσες του είδους *Apis mellifera*. Η ουσία αυτή προέρχεται από το νέκταρ των φυτών ή από εκκρίσεις ζώντων μερών φυτών ή εκκρίματα εντόμων που απομυζούν φυτά ευρισκόμενα πάνω στα ζώντα τους μέρη. Τα προϊόντα αυτά οι μέλισσες τα συλλέγουν, τα μετατρέπουν, αναμειγνύοντας τα με ειδικές ύλες του σώματός τους, τα αποθέτουν, τα αφυδατώνουν, τα εναποθηκεύουν και τα φυλάσσουν στις κηρήθρες της κυψέλης, προκειμένου να ωριμάσουν ([European Economic Community, 2002](#)).

Το νέκταρ και τα γλυκά εκκρίματα που συλλέγει η μέλισσα υποβάλλονται σε συγκεκριμένες διεργασίες ώστε να προκύψει το μέλι. Τέτοιες είναι η χημική μεταβολή

των σακχάρων, η απομάκρυνση σημαντικού ποσοστού υγρασίας και ο εμπλουτισμός με ουσίες που προέρχονται από το ίδιο το έντομο. Η κατεργασία του νέκταρος που συλλέγει η εργάτρια, ξεκινά αμέσως μετά τη συλλογή στον πρόλοβό της (μελιστομάχι), με τη συμβολή διαφόρων ενζύμων. Η κύρια όμως επεξεργασία λαμβάνει χώρα στην κυψέλη, από τις οικιακές νεαρές μέλισσες. Η συμπύκνωση του νέκταρος και των εκκριμάτων που έχουν συλλεχθεί, πραγματοποιείται κατά την επεξεργασία στα στοματικά μόρια των οικιακών μελισσών (τροφάλλαξη) και μέσα στα ανοιχτά ακόμα κελιά. Όταν το μέλι των κελιών είναι πλέον ώριμο, οι μέλισσες το σφραγίζουν με κερί (Εικ. 1.1) (Χαριζάνης, 2017). Το μέλι είναι ουσιαστικά ένα συμπυκνωμένο υδατικό διάλυμα διαφορετικών υδατανθράκων, συμπεριλαμβανομένων της φρουκτόζης, γλυκόζης, μαλτόζης, σακχαρόζης και άλλων oligo- και πολυσακχαριτών. Περιέχει επίσης ένα σύνθετο μείγμα αμινοξέων και οργανικών οξέων, (γλυκονικό οξύ, οξικό οξύ κ.λπ.), ανόργανων συστατικών, αρωματικών ενώσεων, λιπιδίων, φλαβονοειδών, καροτενοειδών, βιταμινών (ασκορβικό οξύ, [νιασίνη](#), [πυριδοξίνη](#) κ.λπ.), χρωστικών ουσιών, κεριών, γύρης, πολλών ενζύμων και φυτοχημικών. Έχει αναφερθεί ότι περιέχει περίπου 200 ουσίες ([Saxena et al., 2010](#), [Ferreira et al., 2009](#)), ενώ δεν απαιτεί περαιτέρω χειρισμό ή επεξεργασία για να καταναλωθεί από τον άνθρωπο. Αποτελεί ένα πολύπλοκο μίγμα στο οποίο συνεχώς αποκαλύπτονται νέα συστατικά, συνεπώς η χαρτογράφηση του είναι υπό εξέλιξη ([Lazarević et al., 2012](#)).



Εικόνα 1.1: Οικιακές μέλισσες κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας σε ανοιχτά κελιά αριστερά, και σφραγισμένα κελιά με ώριμο μέλι δεξιά.

Εδώ και πολλές χιλιετίες, όπως μαρτυρούν ορισμένες τοιχογραφίες, κείμενα και αρχαία κοσμήματα (Εικ. 1.2), ο άνθρωπος προσπαθεί να αναπτύξει προνομιούχους δεσμούς με τη μέλισσα. Για πολλά χρόνια η μελισσοκομική δραστηριότητα περιορίστηκε στη συλλογή. Με την εφεύρεση, όμως, της κυψέλης με πλαίσια, κατά το 19^ο αιώνα, γεννήθηκε η σύγχρονη μελισσοκομία, η οποία έφτασε να είναι σήμερα ένα αυτοτελές τμήμα της γεωργίας. Σε πεδινές ή ορεινές εκτάσεις, ή ακόμα και στην καρδιά των πόλεων, είναι αρκετοί οι επαγγελματίες και οι μικροί παραγωγοί που ασκούν αυτή τη δραστηριότητα (Clement, 2007).



Εικόνα 1.2: Χρυσό επιστήθιο κόσμημα από τα Μάλια, που απαρτίζεται από δύο μέλισσες που αποθέτουν μία σταγόνα μέλι στην κηρήθρα τους. Κρατούν την κοκκιωτή στρογγυλή κηρήθρα ανάμεσα στα πόδια τους, τη σταγόνα μέλι στο στόμα τους και φέρουν συρμάτινο κλωβό με σφαιρίδιο πάνω στα κεφάλια τους. Αποτελεί έργο ιδιαίτερης καλλιτεχνικής ποιότητας και τεχνικής αρτιότητας, με συνδυασμό σφυρήλατης χρυσοκοκκιωτής, συρματερής και εγχάρακτης διακόσμησης. Βρέθηκε στη νεκρόπολη, Χρυσόλακκου Μαλίων Κρήτης και χρονολογείται στο 1800- 1700 π.Χ.

1.2 Κατηγορίες μελιού

Το μέλι χαρακτηρίζεται με ποικίλους τρόπους, αυτοί σχετίζονται με τη βοτανική ή γεωγραφική του προέλευση, την εποχή ή την περιοχή συλλογής, τη φυσική του κατάσταση, ή τη συσκευασία και τον τρόπο με τον οποίο διατίθεται στην αγορά.

Σε ότι αφορά τη βοτανική προέλευση, το μέλι παίρνει το όνομα του από το φυτό που, ως επί το πλείστον, προήλθε το νέκταρ ή το μελίτωμα. Αυτό μπορεί να είναι από ένα μόνο φυτικό είδος ή από μείγμα φυτών που είναι ανθισμένα κατά την περίοδο συλλογής από τις μέλισσες. Συνεπώς προκύπτουν μέλια θυμαριού, πεύκου, βαμβακιού, πορτοκαλιάς, έλατου κλπ, τα οποία τις περισσότερες φορές παρουσιάζουν διακριτές διαφορές (Εικ. 1.3).



Εικόνα 1.3: Μέλια διαφορετικής βοτανικής προέλευσης.

Σχετικά με την εποχή ή τον τόπο προέλευσης, το μέλι μπορεί να παραχθεί από

μίγμα νέκταρος διαφόρων λουλουδιών, αλλά να χαρακτηριστεί ανάλογα με την εποχή του έτους κατά την οποία τρυγήθηκε ή από την περιοχή που προήλθε. Έτσι έχουμε το ανοιξιάτικο, το φθινοπωρινό ή το βουνίσιο μέλι κλπ. Σε σχέση με τη φυσική του κατάσταση, αυτό μπορεί να είναι ρευστό, κρυσταλλωμένο ή να πωλείται κατευθείαν μαζί με την κηρήθρα, η οποία μπορεί να τεμαχιστεί και να τοποθετηθεί μέσα σε θήκες (μελικηρίδιο) (Εικ. 1.4) (Χαριζάνης, 2017).



Εικόνα 1.4: Θήκη με μελικηρίδιο (κομμάτι κηρήθρας που περιέχει μέλι).

1.3 Χημική σύνθεση

Υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στη σύνθεση των μελιών, καθώς αυτά προκύπτουν από διαφορετικά άνθη ή μελιτώματα. Έτσι, η μέση σύστασή τους μπορεί να ποικίλει ανά περιοχή και σύμφωνα με το εκάστοτε κλίμα και την επικρατούσα χλωρίδα. Η χημική σύνθεση αφορά την περιεκτικότητα του μελιού σε υγρασία, μεταλλικά στοιχεία, σάκχαρα, οξέα, ένζυμα, πρωτεΐνες- αμινοξέα και βιταμίνες (Πίν. 2.1), αλλά και πολλά άλλα μικροσυστατικά.

1.3.1 Φυσική υγρασία

Το νέκταρ που μεταφέρει η εργάτρια στην κυψέλη έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό, όμως μετά από διαδικασίες όπως η τροφάλλαξης και ο εξαερισμός της κυψέλης, σε δύο με πέντε ημέρες, η υγρασία μειώνεται σημαντικά και κυμαίνεται από

10 έως 20% (κατ' εξαίρεση 23%) (Πίν. 1.1). Η τιμή της υγρασίας δίνει σημαντικές πληροφορίες που σχετίζονται με την ωριμότητά, τη βοτανική προέλευση, την ταχύτητα με την οποία θα κρυσταλλώσει, καθώς και την πιθανότητα να υποστεί ζύμωση το προϊόν. Νομοθετικά η υγρασία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το 20%, ή 18,5% αν πρόκειται για μέλι από έλατο. Εξαίρεση αποτελεί το μέλι ερείκης, που μπορεί να φτάσει έως 23%. Μέλια που προορίζονται για χρήση στη ζαχαροπλαστική έχουν ανώτατο επιτρεπτό όριο υγρασίας έως 25%. Γενικά όμως στα ελληνικά μέλια σπάνια παρατηρείται υγρασία πάνω από 17% (Bruneau, 2007).

Η περιεκτικότητα του μελιού σε υγρασία εξαρτάται από την ωρίμανση, την αρχική υγρασία του νέκταρος, από το ρυθμό που αυτό εκκρίνεται από το φυτό, καθώς και από τη δυναμικότητα του μελισσιού. Η πρόωμη συλλογή του μελιού από την κυψέλη και ειδικότερα πριν τα κελιά σφραγιστούν, έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη υγρασία στο τελικό προϊόν. Μέλι με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, χαμηλή πυκνότητα και υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, είναι πιο εύκολο να υποστεί ζύμωση, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας και τη συρρίκνωση της διάρκειας ζωής του (Naila et al., 2018).

Πίνακας 1.1: Μέση σύσταση ελληνικών μελιών ανθέων και μελιτωμάτων (Αλυσσανδράκης, 2016).

Μέση σύσταση ελληνικού μελιού				
Συστατικά	Μέλι ανθέων		Μέλι μελιτομάτων	
	Μέση τιμή	Διακύμανση	Μέση τιμή	Διακύμανση
Υγρασία (%)	17,2	14,9-23,0	15,9	13,0-18,9
Φρουκτόζη (%)	38,52	28,0-46,1	28,35	22,2-33,9
Γλυκόζη (%)	31,98	23,4-39,2	22,5	13,4-31,9
Σουκρόζη (%)	3,29	0,0-7,0	3,68	0,01-12,0
Μαλτόζη (%)	-	-	6,24	0,5-11,2
pH	4,0	3,3-5,4	4,9	4,5-1,1
Αγωγιμότητα (mS/cm)	0,64	0,15-2,06	1,33	1,01-1,69
Τέφρα (%)	0,32	0,1-1,2	0,75	0,4-1,1
HMF (mg/kg)	5,1	0-11,9	2,4	0-8,2
Διαστάση (DN)	22,92	8,6-51,0	23,45	10,4-37,2
Προλίνη (mg/kg)	550	264-1205	452	290-673

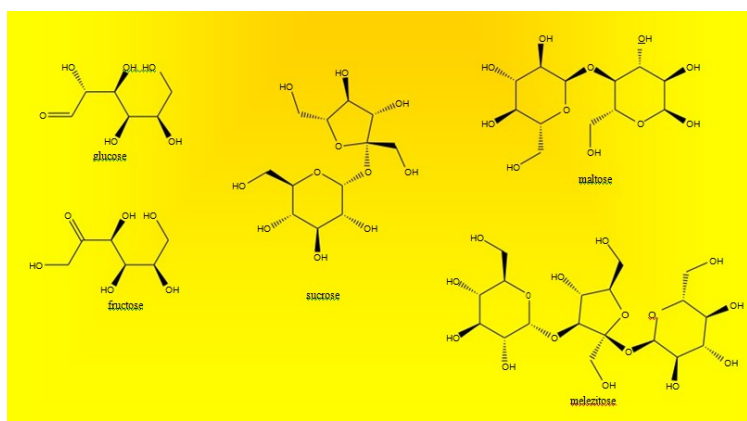
1.3.2 Σάκχαρα και οξέα

Στο μέλι, κύρια συστατικά είναι οι υδατάνθρακες (70-80%). Στους υδατάνθρακες συμπεριλαμβάνονται τα σάκχαρα, με κυρίαρχα τη φρουκτόζη και τη γλυκόζη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα σάκχαρα αποτελούν το 95% των στερεών συστατικών του μελιού και ταξινομούνται ανάλογα με το μέγεθός τους (Naila et al., 2018). Οι μονοσακχαρίτες είναι τα απλούστερα σάκχαρα, ενώ τα κυριότερα από αυτά είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη. Η φρουκτόζη βρίσκεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο μέλι συγκριτικά με τη γλυκόζη, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων. Αυτό συμβαίνει γιατί η γλυκόζη διασπάται από το ένζυμο οξειδάση της γλυκόζης που βρίσκεται στο μέλι. Από τη διάσπαση αυτή προκύπτει ένα μόριο υπεροξειδίου υδρογόνου (H₂O₂) και ένα μόριο γλυκονικού οξέος.

Υπάρχουν επίσης πολλοί δισακχαρίτες, όπως είναι η σακχαρόζη, η λακτόζη (γαλακτοσάκχαρο με ένα μόριο γλυκόζης και ένα γαλακτόζης) και η μαλτόζη (δύο μόρια γλυκόζης) (Εικ. 1.5). Η σακχαρόζη ή καλαμοσάκχαρο (κοινή ζάχαρη), είναι πολύ

διαδεδομένη στη φύση (φρούτα σακχαροκάλαμο, σακχαρότευτλα, μέλι κ.ά.). Δεν είναι ανάγον σάκχαρο, αφού δεν έχει ελεύθερο ημιακεταλικό υδροξύλιο. Με υδρόλυση, όξινη ή ενζυμική, η σακχαρόζη μετατρέπεται σε μίγμα γλυκόζης και φρουκτόζης. Για την υδρόλυση ενός μορίου σακχαρόζης απαιτείται ένα μόριο νερού. Το φαινόμενο αυτό λέγεται αναστροφή (inversion), ενώ το προϊόν που προκύπτει, ιμπερτοσάκχαρο (Μπόσκου, 2004). Το νέκταρ που συλλέγουν οι μέλισσες από τα φυτά περιέχει σάκχαρα (κυρίως σακχαρόζη) και νερό. Αμέσως μετά τη συλλογή, στο μελιστόμαχο ακόμα των συλλεκτριών, ξεκινά η ιμπερτοποίηση της σακχαρόζης, με τη βοήθεια του ενζύμου ιμπερτάση που προστίθεται απ' αυτές. Η ιμπερτάση συντελεί στην υδρόλυση της σακχαρόζης στα απλούστερα σάκχαρα, γλυκόζη και φρουκτόζη. Η διαδικασία της υδρόλυσης συνεχίζεται στη κυψέλη για όσο υπάρχουν μη δεσμευμένα μόρια νερού. Έτσι το ποσοστό της σακχαρόζης που μένει τελικά μέσα στο μέλι είναι συνήθως <5% (Χαριζάνης, 2017).

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, κάθε μέλι που διατίθεται στην αγορά και προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο, πρέπει να προσαρμόζεται στα ακόλουθα κριτήρια σχετικά με τη σύνθεσή του σε ζάχαρα: (α) για το μέλι ανθέων, το άθροισμα της [φρουκτόζης](#) και της γλυκόζης δεν πρέπει να είναι μικρότερο του 60%, ενώ η περιεκτικότητα σε σακχαρόζη δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 5% και (β) για το μέλι μελιτωμάτων, το άθροισμα της φρουκτόζης και της γλυκόζης δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 45%, ενώ η περιεκτικότητα σε σακχαρόζη να μην ξεπερνά το 5% (Pasias et al., 2017).



Εικόνα 1.5: Χημική δομή των σακχάρων γλυκόζης, φρουκτόζης, σουκρόζης, μαλτόζης και μελεζιτόζης (Αλυσσανδράκης, 2016).

Επειδή το μέλι είναι αρκετά γλυκό, η οξύτητά του δεν μπορεί να εντοπιστεί εύκολα σε μια τυπική γευστική δοκιμή. Όμως και τα οξέα έχουν το ρόλο τους στην τελική διαμόρφωση της γεύσης. Η τελική οξύτητα στο μέλι υπολογίζεται σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανά χιλιόγραμμο μελιού (meq/kg). Η ενεργός οξύτητα από την άλλη μετριέται με το pH, η οποία εκτός από τα οξέα επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, ειδικά από τα περιεχόμενα ανόργανα συστατικά. Γενικά, το pH του μελιού κυμαίνεται περίπου από 3,2 έως πάνω από 6. Μέχρι τώρα έχουν βρεθεί περισσότερα από 258 οργανικά οξέα, με το κυριότερο να είναι το γλυκονικό οξύ ([An et al., 2020](#)). Αυτό εντοπίζεται σε όλα τα μέλια και προέρχεται από τη δραστηριότητα του ενζύμου οξειδάση της γλυκόζης που προσθέτουν οι μέλισσες κατά την ωρίμανση του μελιού και διασπά τη γλυκόζη. Άλλα οξέα είναι το οξικό, το βουτυρικό, το κιτρικό, το μυρμηκικό, το γαλακτικό, το μηλεϊκό, το μηλικό, το οξαλικό, το πυροβουτακικό, το πυρουβικό κ.ά. (Χαριζάνης, 2017).

1.3.3 Μεταλλικά στοιχεία

Το ποσοστό των μεταλλικών στοιχείων ή αλλιώς της τέφρας στο μέλι, κυμαίνεται από 0,1 έως 1,2% (Πίν. 1.1), ενώ έχουν καταγραφεί περισσότερα από 17 ιχνοστοιχεία. Η τέφρα σχετίζεται άμεσα με τη θρεπτική αξία και το χρώμα του μελιού. Τα κυριότερα μέταλλα και ιχνοστοιχεία που περιέχονται είναι το κάλιο (K), το νάτριο (Na), το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn), το χλώριο (Cl), ο φώσφορος (P), το θείο (S), το πυρίτιο (Si) κλπ. (Πίν. 1.2). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στα μέλια που προέρχονται από μελιτώματα, η περιεκτικότητα μετάλλων και ιχνοστοιχείων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα μέλια ανθέων (Αλυσσανδράκης, 2016). Έχει φανεί ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνεται όσο αυξάνονται τα μεταλλικά στοιχεία και η οξύτητα του μελιού. Το K αποτελεί το πιο άφθονο στοιχείο, συνήθως αντιστοιχεί σε >70%, των μετάλλων που βρίσκονται στα μέλια μελιτωμάτων. Άλλα μέταλλα που αναφέρονται συχνά σε μελιτώματα είναι τα Ca, Mg, Na και P, συνήθως σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από 1% ([Seraglio et al., 2019](#)).

Πίνακας 1.2: Περιεκτικότητα μετάλλων και ιχνοστοιχείων σε μέλι ανθέων και μελιτώματος (Αλυσσανδράκης, 2016).

Στοιχεία	Μέλι ανθέων	Μέλι μελιτώματος
K	205	1676
Cl	52	113
S	58	100
Ca	49	51
Na	18	76
P	35	47
Mg	19	35
Si	22	36
Fe	2,4	9,4
Mn	0,3	4,09
Cu	0,29	0,56

Τα μέταλλα που υπάρχουν στο μέλι αντικατοπτρίζουν άμεσα το προφίλ και την ποσότητα αυτών των στοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος και τα φυτά από τα οποία έγινε η συλλογή νέκταρος, γύρης ή μελιτώματος. Συνεπώς είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι οι περιβαλλοντικές και εδαφικές συνθήκες είναι παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την ανόργανη σύνθεση των μελιών (Seraglio et al., 2019). Εκτός των άλλων, τα τελευταία χρόνια εντοπίζεται συχνότερα, παρουσία βαρέων μετάλλων (Pb και Cd) και τοξικών στοιχείων (Cr και As) στο μέλι. Έχει αναφερθεί σε ορισμένες μελέτες ότι η ύπαρξή τους σχετίζεται με περιβαλλοντική ρύπανση, κυρίως από το έδαφος, τη χημική επεξεργασία, καθώς και εσφαλμένες διαδικασίες επεξεργασίας και συντήρησης του μελιού (Atanassova et al., 2016).

1.3.4 Ένζυμα

Στο μέλι περιέχονται μικρές ποσότητες ενζύμων, σημαντικότερες των οποίων είναι η διαστάση, η ιμπερτάση και η οξειδάση της γλυκόζης. Επιπλέον έχουν βρεθεί, η όξινη φωσφατάση, καταλάση και β-γλυκοσιδάση. Ένζυμα όπως η ιμπερτάση ή η οξειδάση της γλυκόζης παράγονται κυρίως στους υποφαρυγγικούς αδένες των μελισσών (ζωικής προέλευσης). Αυτά προστίθενται από τις μέλισσες προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία ωρίμανσης του μελιού. Αντίθετα, μερικά ένζυμα προέρχονται από νέκταρ ή γύρη (φυτική προέλευση), όπως η καταλάση και η όξινη

φωσφατάση. Τέλος, ένζυμα όπως η διαστάση έχουν διπλή προέλευση. Άλλες πιθανές προελεύσεις θα μπορούσαν να είναι οι μικροοργανισμοί του μελιού και στην περίπτωση των μελιτωμάτων, μερικά ένζυμα θα μπορούσαν να προέρχονται από τα φυτά από τα οποία τρέφονται τα έντομα που παράγουν το μελίτωμα.

Τα ένζυμα είναι θερμοευαίσθητα, χρησιμοποιούνται ως δείκτης γήρανσης και / ή υπερθέρμανσης, καθώς οι δραστηριότητές τους μειώνονται σε αυξημένη θερμοκρασία και όξινο περιβάλλον. Γενικά, τα μέλια που συλλέγονται με γρήγορο ρυθμό και από άφθονες ροές νέκταρος, περιέχουν λιγότερα ένζυμα, επειδή οι μέλισσες έχουν λιγότερο χρόνο για να τα επεξεργαστούν. Επιπλέον, το νέκταρ με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα απαιτεί λιγότερο χρόνο επεξεργασίας για να γίνει μέλι, συγκριτικά με τα πιο αραιά, περιέχοντας έτσι λιγότερα ένζυμα (κυρίως διαστάση και ιμπερτάση). Άρα, η περιεκτικότητα σε ένζυμα εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την οξύτητα, τη βοτανική προέλευση του μελιού, το ρυθμό μελιτοπαραγωγής και το βαθμό ωρίμανσης. Επίσης σχετίζεται με την κατάσταση και την δυναμική της αποικίας, την εποχική δραστηριότητα των υποφαρυγγικών αδένων, τη διατροφή, την ηλικία και το φυσιολογικό στάδιο της μέλισσας (De-Melo et al., 2018).

Η ιμπερτάση είναι το πιο σημαντικό ένζυμο, γιατί μετατρέπει τη σακχαρόζη του νέκταρος σε γλυκόζη και φρουκτόζη, όπως προαναφέρθηκε. Είναι γνωστό ότι οι μέλισσες προσθέτουν ιμπερτάση στο νέκταρ, ενώ η δράση της συνεχίζεται ακόμη και σε μέλι που έχει τρυγηθεί (Bruneau, 2007).

Η διαστάση, είναι ένα από τα κύρια ένζυμα που βρίσκονται στο μέλι. Ρόλος της είναι η διάσπαση του αμύλου, προϋπάρχει στο νέκταρ όμως προστίθεται και εκ νέου από τις μέλισσες, κατά τη διάρκεια της τροφάλλαξης και της ωρίμανσης. Όπως όλα τα ένζυμα έτσι και αυτή ελαττώνεται ή καταστρέφεται με τη θέρμανση, για το λόγο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον ως δείκτης θερμικής υποβάθμισης του μελιού (Χαριζάνης, 2017).

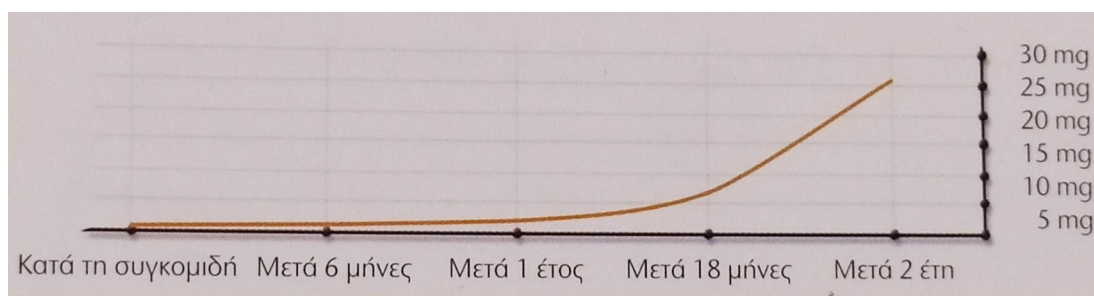
Ένα ακόμα σημαντικό ένζυμο είναι η οξειδάση της γλυκόζης, που προστίθεται από τις μέλισσες στο νέκταρ. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του νέκταρος οξειδώνονται μικρές ποσότητες γλυκόζης, σε γλυκονολακτόνη, που έρχεται σε ισορροπία με το γλυκονικό οξύ, το κυριότερο οξύ του μελιού. Η οξύτητα που σχηματίζεται βοηθά στη σταθερότητα του νέκταρος, που βρίσκεται στο στάδιο της ωρίμανσης, ώστε να μην ξινίζει. Κατά την αντίδραση αυτή ένα μόριο υπεροξειδίου του

υδρογόνου παράγεται για κάθε μόριο γλυκόζης που οξειδώνεται. Μεγάλο μέρος της αντιβακτηριδιακής δράσης του μελιού οφείλεται στο υπεροξειδίο του υδρογόνου που παράγεται με τη βοήθεια του ενζύμου οξειδάση της γλυκόζης (Αλυσσανδράκης, 2017).

Στο μέλι υπάρχουν ακόμη, μικρές ποσότητες πρωτεϊνών επιπλέον, εκτός αυτών που βρίσκονται στα ένζυμά του. Η προλίνη αντιστοιχεί στο 50 με 80% των αμινοξέων (Αλυσσανδράκης, 2016). Επιπλέον έχει βρεθεί ότι υπάρχουν τουλάχιστον 19 πρωτεΐνες, οι οποίες στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν για τον έλεγχο της νοθείας. Εκτός αυτών περιέχει και μικρές ποσότητες βιταμινών, όπως η νιασίνη (B₃) 6% και η θειαμίνη (B₁) 3%, που απαιτούνται για το μεταβολισμό των σακχάρων (Χαριζάνης, 2017).

1.3.5 Υδροξυ-μεθυλο-φουρφουράλη (HMF)

Η ουσία υδροξυμεθυλοφουρφουράλη (HMF) είναι προϊόν διάσπασης των απλών σακχάρων (μονοσακχαριτών), ειδικά της φρουκτόζης, με την παρουσία οξέος (Pasias et al., 2017). Αραιά διαλύματα οξέων δεν επιδρούν σημαντικά, όμως έχει παρατηρηθεί ότι όταν ένας μονοσακχαρίτης θερμανθεί έντονα σε ισχυρά όξινο περιβάλλον, γίνεται αφυδάτωση και σχηματίζονται φουρανικά παράγωγα, από τις πεντόζες φουρφουράλη και από τις εξόζες υδροξυμεθυλο-φουρφουράλη. Οι φουρφουράλες εύκολα αντιδρούν προς σχηματισμό καστανών χρωμάτων (χουμίνη), ενώ από τέτοιου είδους αντιδράσεις προκύπτει υποβάθμιση του προϊόντος κατά την επεξεργασία (Pasias et al., 2017). Σε καλές συνθήκες συντήρησης, η τιμή της HMF μπορεί να μας δώσει κατά προσέγγιση, την ηλικία του μελιού (Γράφ. 1.1). Οι φυσιολογικές τιμές της HMF στο μέλι έχουν εύρος από 0 έως 12 mg/kg, ενώ το ανώτατο νομικό όριο για την αγορά, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία 2001/110/EK, είναι τα 40 mg/kg, διαφορετικά σε ανώτερες τιμές το μέλι διατίθεται μόνο για χρήση στη ζαχαροπλαστική.



Γράφημα 1.1: Προσομοίωση εξέλιξης της τιμής υδροξυμεθυλοφουρφουράλης (HMF), σε mg/kg, από τη στιγμή της συλλογής του μελιού έως και 2 χρόνια αργότερα (Bruneau, 2007).

1.3.6 Μικροοργανισμοί και ζύμες

Στο μέλι έχουν βρεθεί διάφοροι μικροοργανισμοί, όπως ζύμες και βακτήρια, όμως υπό φυσιολογικές συνθήκες η ανάπτυξή τους δεν ευνοείται. Αυτό συμβαίνει γιατί το περιβάλλον είναι αρκετά όξινο και η συγκέντρωση σακχάρων πολύ υψηλή. Έχει καταγραφεί ότι μερικοί μόνο ζυμομύκητες καταφέρνουν να επιζήσουν στο διάλυμα του μελιού, αλλά κανένα βακτήριο δεν μπορεί να πολλαπλασιαστεί σε συγκέντρωση σακχάρων πάνω από 60% και pH κάτω από 4. Το νερό παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών και ζυμών, αφού η υψηλή περιεκτικότητά αυτού επιτρέπει την ανάπτυξή τους, προκαλώντας τελικά ζύμωση του μελιού. Ο κίνδυνος ελλοχεύει όσο τα ποσοστά υγρασίας υπερβαίνουν το 18% (Πίν. 1.3). Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό ο μελισσοκόμος να αποφεύγει τη συλλογή ανώριμου μελιού, ειδικά από πλαίσια με κελιά που δεν έχουν σφραγιστεί (Bruneau, 2007).

Στο μέλι έχουν βρεθεί διάφορα βακτήρια, τα οποία δεν προκαλούν ασθένειες στις ίδιες τις μέλισσες. Τέτοια είναι τα *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. pumilis*, *B. coagulans*, *B. alvei* και *Clostridium perfringens*. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το βακτήριο *Clostridium botulinum* μπορεί να προκαλέσει αλλαντίαση σε βρέφη κάτω των 12 μηνών, καθώς η γλωρίδα του πεπτικού τους συστήματος δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη για να μπορέσει να το καταπολεμήσει. Σε ότι αφορά τη ζύμωση του μελιού, οι *Saccharomyces* και *Zygosaccharomyces* είναι κάποιες από τις ζύμες που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στα σάκχαρα, με αποτέλεσμα την παραγωγή αλκοόλης και CO₂. Έχει διαπιστωθεί ότι όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό υγρασίας του μελιού, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο αριθμός των спорίων των ζυμομυκήτων (Πίν. 1.3). Οι ζυμομύκητες δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασία χαμηλότερη από 11°C, γεγονός που προσδιορίζει τα όρια ασφαλούς συντήρησης (Χαριζάνης, 2017).

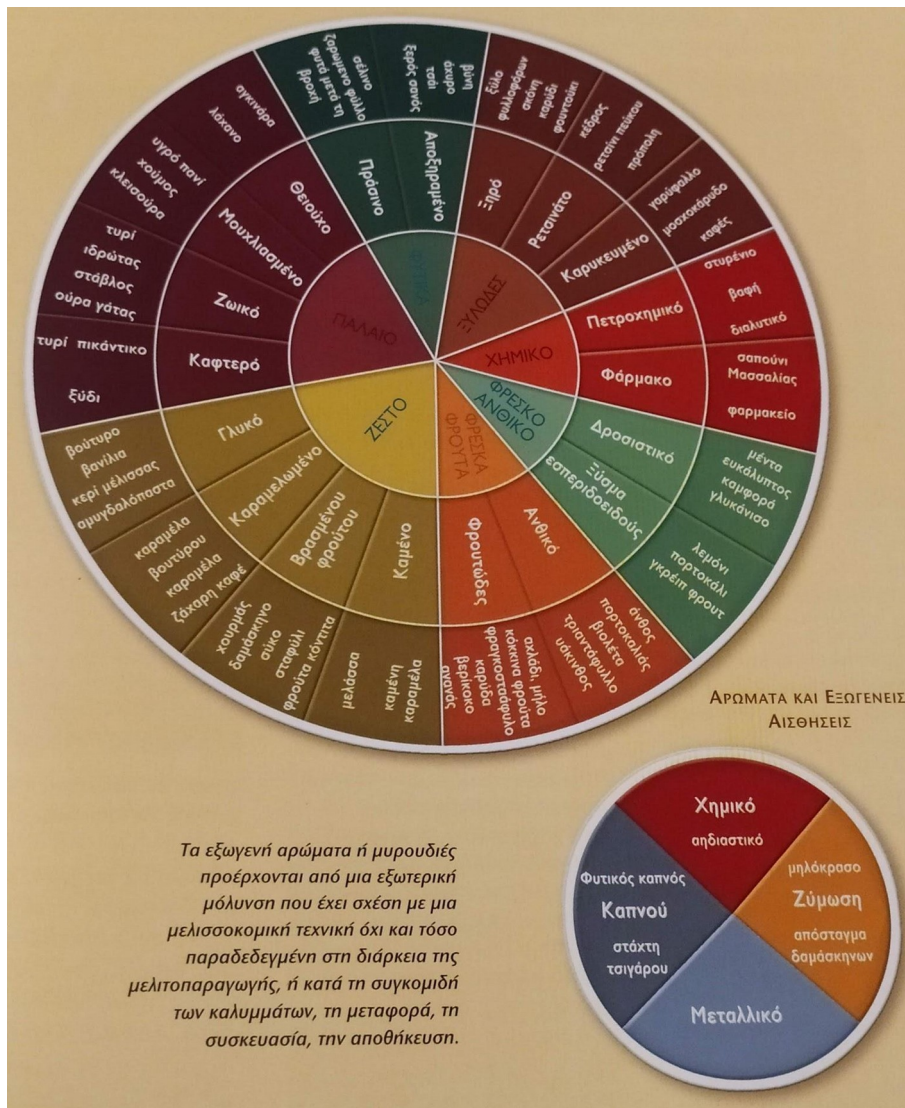
Πίνακας 1.3: Η πιθανότητα ζύμωσης του μελιού σε σχέση με το ποσοστό υγρασίας και τον αριθμό των ζυμομυκήτων (White, 1992).

<u>Ποσοστό υγρασίας</u>	<u>Πιθανότητα ζύμωσης</u>
<17,1%	Ασφαλής, ανεξαρτήτως αριθμού ζυμών
17,1-18,0%	Ασφαλής αν οι ζύμες είναι <1000/g
18,1-19,0%	Ασφαλής, αν οι ζύμες είναι <10/g
19,1-20,0%	Ασφαλής, αν οι ζύμες είναι <1/g
>20,0%	Πάντοτε υπάρχει κίνδυνος

1.4 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του μελιού

1.4.1 Άρωμα και γεύση

Το άρωμα και η γεύση του μελιού είναι από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις προτιμήσεις του καταναλωτή. Ανοίγοντας ένα βάζο μπορούμε να σχηματίσουμε μια πρώτη ιδέα για τα αρώματα που θα βρούμε στην καρδιά του μελιού. Αυτά μπορεί να είναι ζεστά με νότες βανίλιας ή δασώδη, μπορεί να είναι δροσιστικά (μέντα), φρουτώδη, χημικά ή ζωικά (Εικ.1.6). Στο στόμα τα αρώματα αυτά συνοδεύονται από γεύσεις που συχνά είναι έντονες (όξινες, πικρές) και από ιδιαίτερες εντυπώσεις (τανικές, πικάντικες) (Bruneau, 2007).



Εικόνα 1.6: Μυρωδιές και αρώματα μελιών.

Το άρωμα του μελιού είναι εξαιρετικά ευπαθές στη θέρμανση και στις κακές συνθήκες αποθήκευσης. Εκτός από αυτό, η υπερβολική θέρμανση μπορεί να διαφοροποιήσει μερικές γεύσεις και να προσδώσει στο προϊόν μη επιθυμητά γευστικά χαρακτηριστικά, λόγω επίδρασης της θερμότητας στα σάκχαρα, τα οξέα και τις πρωτεΐνες (Χαριζάνης, 2017). Στο μείγμα του μελιού υπάρχουν σχετικά απλές πτητικές οργανικές ενώσεις, ενώ η σύνθεση της γεύσης του αποδίδεται στα σάκχαρα, το γλυκονικό οξύ, την προλίνη, τα μέταλλα, τις πρωτεΐνες, τις τανίνες και τα πτητικά

συστατικά που περιέχει. Θεωρείται ότι τα διάφορα σάκχαρα, τα οξέα, οι τανίνες και μικρές ποσότητες πτητικών ουσιών συμβάλλουν στη γεύση του μελιού. Η γεύση σε μερικά μέλια μπορεί επίσης να οφείλεται σε γλυκοσίδια ή αλκαλοειδείς ουσίες που βρίσκονται σε κάποια μελισσοκομικά φυτά (Αλυσσανδράκης, 2016).

1.4.2 Χρώμα

Οι ουσίες που καθορίζουν το χρώμα στο μέλι είναι τα καροτενοειδή, τα αμινοξέα, οι πολυφαινόλες, οι οποίες όταν οξειδώνονται δίνουν σκουρόχρωμες ουσίες και οι φλαβονοειδείς χρωστικές, οι οποίες προέρχονται από τη γύρη (Χαριζάνης, 2017). Σκουρότερο χρώμα παρουσιάζεται επίσης έπειτα από θέρμανση ή/και παρατεταμένη αποθήκευση. Παράλληλα, μέλια με μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα και μέλια προερχόμενα από παλιές κηρήθρες παρουσιάζουν επίσης σκουρότερους χρωματισμούς. Γενικότερα, η ποικιλομορφία του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού είναι μεγάλη, ενώ μπορεί να λειτουργήσει συνεργιστικά στην ταυτοποίηση της βοτανικής προέλευσης. Συγκεκριμένα, αν το νέκταρ ή το μελίτωμα δεν έχουν χρωστικές, τα υγρά μέλια θα είναι άχρωμα και τα κρυσταλλωμένα θα είναι άσπρα (π.χ. ελαιοκράμβη). Άλλα μέλια μπορεί να παίρνουν όλες τις αποχρώσεις από ανοιχτό κίτρινο (ηλίανθος) μέχρι μαύρο (μελίτωμα του εντόμου *Metcalfa pruinosa*), ενώ είναι πιθανό να συναντήσουμε και άλλα με πράσινες ανταύγειες (ιτιά, έλατο) (Bruneau, 2007). Το χρώμα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια ποιότητας, που συμβάλλει στη διαμόρφωση των προτιμήσεων των καταναλωτών. Γενικά υπάρχει συσχέτιση με τη γεύση αφού, πολλά ανοιχτόχρωμα μέλια έχουν καλύτερο άρωμα και γεύση από τα πιο σκούρα, στα οποία η γεύση είναι εντονότερη (Αλυσσανδράκης, 2016). Τα μέλια κατατάσσονται σε χρωματικές κατηγορίες με βάση την κλίμακα Pfund (mm) (Εικ. 1.7) ([Al-Farsi et al, 2018](#)).



Εικόνα 1.7: Χρωματική ταξινόμηση μελιού σε επτά βασικές κατηγορίες σύμφωνα με την κλίμακα Pfund (mm).

1.5 Φυσικές ιδιότητες

Το νέκταρ που μεταφέρει η εργάτρια στην κυψέλη έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό, όμως μετά από διαδικασίες όπως η τροφάλλαξης και ο εξαερισμός της κυψέλης, σε δύο με πέντε ημέρες, η υγρασία δεν ξεπερνά το 18%. Στη συνέχεια το μέλι σφραγίζεται στα κελιά αφού καλυφθεί από ένα λεπτό στρώμα κεριού που το προστατεύει, χωρίς όμως να είναι εντελώς αδιάβροχο. Η τιμή της υγρασίας δίνει σημαντικές πληροφορίες που σχετίζονται με την ωριμότητά, τη βοτανική προέλευση, την ταχύτητα με την οποία θα κρυσταλλώσει, καθώς και την πιθανότητα να υποστεί ζύμωση το προϊόν (Bruneau, 2007). Νομοθετικά η υγρασία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το 20%, ή 18,5% αν πρόκειται για μέλι από έλατο. Εξαιρέση αποτελεί το μέλι ερείκης, που μπορεί να φτάσει έως 23%. Μέλια που προορίζονται για χρήση στη ζαχαροπλαστική έχουν ανώτατο επιτρεπτό όριο υγρασίας έως 25% (Οδηγία 2001/110/EK του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου). Γενικά όμως στα ελληνικά μέλια σπάνια παρατηρείται υγρασία πάνω από 17% (Χαριζάνης, 2017).

1.5.1 Ιξώδες

Στις φυσικές ιδιότητες του μελιού εντάσσεται και το ιξώδες. Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζεται η αντίσταση στη ροή. Όπως όλες οι άλλες ιδιότητες, έτσι και αυτή εξαρτάται από τη σύνθεση των σακχάρων, τη θερμοκρασία και τη περιεχόμενη υγρασία. Το ιξώδες έχει μεγάλη πρακτική σημασία για το μελισσοκόμο και το συσκευαστή μελιού (Jiang et al., 2020). Όταν η τιμή του είναι μεγάλη, δυσχεραίνεται η εξαγωγή από τα κελιά και από τα δοχεία φύλαξης, επίσης δυσκολεύει η διαύγαση και η απελευθέρωση των εγκλωβισμένων φυσαλίδων αέρα. Όμως με την αύξηση της θερμοκρασίας οι δυσκολίες αυτές εξαλείφονται συνεπώς το μέλι γίνεται πιο εύκολα διαχειρίσιμο (Χαριζάνης, 2017).

1.5.2 Υγροσκοπικότητα

Η υγροσκοπικότητα του μελιού είναι η ικανότητά του, να προσλαμβάνει νερό από το περιβάλλον. Το γεγονός αυτό αυξάνει την υγρασία του και το οδηγεί σε ζύμωση (ξίνισμα). Η ιδιότητα αυτή διαφέρει από μέλι σε μέλι, αφού συνδέεται σημαντικά με τη συγκέντρωση των σακχάρων και ειδικά της φρουκτόζης, η οποία έχει την ιδιότητα να απορροφά νερό (Bruneau, 2007). Η απορροφούμενη υγρασία παραμένει στο επιφανειακό στρώμα, ενώ δεν ξεπερνά τα 2 εκατοστά. Η υγρασία ακόμη και μέσα στις κηρήθρες μπορεί να μειωθεί αν υπάρξει έκθεση στον αέρα, ο οποίος έχει μικρότερη σχετική υγρασία. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του αέρα, είτε αφαιρώντας του υγρασία (Χαριζάνης, 2017). Από πειραματικά δεδομένα έχει φανεί ότι η επιφανειακή υγρασία του μελιού σταθεροποιείται στο 16,3%, σε χώρο με ατμοσφαιρική υγρασία 55%, στο 18,3% σε χώρο με 60%, ενώ φτάνει το 20,9 % σε ατμόσφαιρα με 65% υγρασία (Bruneau, 2007).

1.5.3 Κρυστάλλωση

Η κρυστάλλωση είναι από τις πιο βασικές και πολυσυζητημένες φυσικές ιδιότητες του μελιού. Λαμβάνει χώρα γιατί το μέλι αποτελεί ένα υπέρκορο διάλυμα σακχάρων, δηλαδή περιέχει περισσότερα διαλυμένα συστατικά από αυτά που μπορεί να συγκρατήσει. Το γεγονός αυτό κάνει τα διαλύματα ασταθή, έτσι με το πέρασμα του χρόνου, τείνουν να επιστρέψουν σε κατάσταση κορεσμού, αφού κρυσταλλωθούν τα επιπλέον διαλυμένα συστατικά. Η κρυστάλλωση συνδέεται με τη σύσταση των

σακχάρων του μελιού, το ποσοστό υγρασίας, τους πυρήνες συμπύκνωσης και τη θερμοκρασία (Χαριζάνης, 2017). Η ισορροπία ανάμεσα σε φρουκτόζη και γλυκόζη παίζει καθοριστικό ρόλο στην ταχύτητα κρυστάλλωσης. Η γλυκόζη τείνει να κρυσταλλώνει ευκολότερα λόγω της χαμηλής διαλυτότητάς της στο νερό (909 g / L στους 25 ° C), ενώ η φρουκτόζη είναι 4,4 φορές πιο διαλυτή στο νερό (4000 g / L στους 25 ° C). Συνεπώς το μέλι με υψηλή αναλογία γλυκόζης / φρουκτόζης θα κρυσταλλώσει πιο γρήγορα, συγκριτικά με ένα άλλο που έχει μικρότερη αναλογία. Ένα μέλι πλούσιο σε γλυκόζη (40%) θα κρυσταλλώσει σε μερικές μέρες από την εξαγωγή του ή ακόμη πριν από αυτή, αντίθετα μέλια πλούσια σε φρουκτόζη θα καθυστερούν να κρυσταλλώσουν. Παράλληλα, όσο μεγαλώνει ο λόγος γλυκόζης προς υγρασία, τόσο πιο γρήγορα επέρχεται κρυστάλλωση (Amariei et al., 2020).

Για να σχηματιστούν οι κρύσταλλοι, πρέπει τα μόρια της γλυκόζης να συναντήσουν τους πυρήνες κρυστάλλωσης και να συγκολληθούν σε αυτούς. Η υγρασία διαταράσσει τη διαδικασία αυτή, με αποτέλεσμα ένα μέλι με υψηλή υγρασία να κρυσταλλώνει πιο αργά. Αντίθετα, αν δεν υπάρχει αρκετό νερό, το μέλι θα είναι τόσο παχύρευστο, που τα μόρια δεν θα μπορούν να μετακινηθούν. Όμοια η χαμηλή θερμοκρασία κάνει το μέλι λιγότερο ρευστό, ενώ η υψηλή πάλλει τα μόρια της γλυκόζης και τα εμποδίζει να σχηματίσουν κρυστάλλους. Έχει φανεί ότι στους 14 °C, με υγρασία 18%, επιτυγχάνεται ταχύτερη κρυστάλλωση, ενώ στους 30 °C σταματά (Bruneau, 2007).

Στο μέλι μπορεί να συμβεί ομοιόμορφη ή ανομοιόμορφη κρυστάλλωση με φυσικό τρόπο ή λεπτοκρυστάλλωση με τεχνητή διαδικασία, όπου αναμιγνύονται κρυσταλλωμένα με ρευστά μέλια και το αποτέλεσμα έχει εμφάνιση κρέμας. Στην ομοιόμορφη κρυστάλλωση, οι κρύσταλλοι κατανέμονται σε όλο το μίγμα του μελιού χωρίς να ξεχωρίζουν οι φάσεις. Στη δεύτερη περίπτωση της ανομοιόμορφης κρυστάλλωσης, παρουσιάζονται ευμεγέθεις κρύσταλλοι που βυθίζονται στον πυθμένα του περιέκτη αποθήκευσης (Εικ. 1.8).



Εικόνα 1.8: Ομοιόμορφη κρυστάλλωση αριστερά και ανομοιόμορφη δεξιά, σε μέλι από βαμβάκι.

Όμως επειδή στα ανώτερα στρώματα υπάρχει σχετικά μεγαλύτερη υγρασία, το μέλι κινδυνεύει να ξινίσει πιο γρήγορα (Εικ. 1.9) (Χαριζάνης, 2017).



Εικόνα 1.9: Ανομοιόμορφα κρυσταλλωμένο μέλι, με υδαρή φάση στην επιφάνεια και κρυσταλλωμένη στον πυθμένα.

Συνεπώς όσο μεγαλώνει ο λόγος γλυκόζης προς υγρασία, τόσο πιο γρήγορα επέρχεται κρυστάλλωση (Amariei et al., 2020).

Στην πράξη κατά τη συσκευασία του μελιού, δημιουργούνται μείγματα με σκοπό την καθυστέρηση του φαινομένου. Η θέρμανση και το φιλτράρισμα

επιτυγχάνουν την επιβράδυνση της, είτε με καταστροφή, είτε με απομάκρυνση των πυρήνων κρυστάλλωσης (Χαριζάνης, 2017). Η ταχύτητα με την οποία κρυσταλλώνει ένα μέλι, ποικίλει σύμφωνα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, όμως διαφοροποιείται και με βάση τη βοτανική του προέλευση. Συγκεκριμένα είναι γνωστό ότι μέλια που προέρχονται από μελιτώματα (μικρότερη υγρασία, λιγότερη γλυκόζη), αργούν πολύ περισσότερο να κρυσταλλώσουν σε σχέση με μέλια ανθέων που διατηρούνται στις ίδιες συνθήκες (Πίν. 1.4).

Πίνακας 1.4: Χρόνος κρυστάλλωσης, ανά βοτανικό τύπο μελιού.

<u>Βοτανική προέλευση</u>	<u>Χρόνος κρυστάλλωσης</u>
Πεύκο	24 μήνες
Έλατο	Δεν κρυσταλλώνει
Καστανιά	12 – 18 μήνες
Θυμάρι	8 – 18 μήνες
Πορτοκαλιά	1-3 μήνες
Βαμβάκι	1-2 μήνες
Ερείκη	2-3 μήνες
Ηλίανθος	1-2 μήνες

Πρακτικά δεν υπάρχει μέθοδος για την πλήρη αναστολή της κρυστάλλωσης, παρά ταύτα, υπάρχουν τεχνικές επιβράδυνσης της. Τέτοιες είναι, η μερική απομάκρυνση των πυρήνων συμπίκνωσης, η απομάκρυνση της γύρης, η θέρμανση, ο έλεγχος της θερμοκρασίας αποθήκευσης, η ανάμειξη διαφόρων ειδών μελιού και η παρασκευή μειγμάτων. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν μέθοδοι που καθιστούν δυνατή την επαναφορά του μελιού στην αρχική του κατάσταση, χωρίς απώλεια των φυσικών του ιδιοτήτων και της θρεπτικής του αξίας. Τέτοιες είναι η ρευστοποίηση με θέρμανση σε υδατόλουτρο (μπεν μαρί) στους 40 °C για 20-30 λεπτά ή σε υπερήχους, η επίδραση των οποίων επηρεάζει ελάχιστα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Κατά τη ρευστοποίηση με θέρμανση είναι σημαντικό το δοχείο του μελιού να μην έρχεται σε άμεση επαφή με την πηγή της θερμότητας, να γίνεται συνεχής ανάδευση και γρήγορη ψύξη μετά το πέρας της διαδικασίας (Αλυσσανδράκης, 2017). Επίσης η προσθήκη 0,0701 έως 0,087 mmol τρεαλόζης (δισακχαρίτης που προϋπάρχει στο μέλι) ανά 100 g, έχει φανεί ότι

προλαμβάνει την κρυστάλλωση, διατηρώντας σταθερά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά έως και 12 μήνες μετά. Τέλος είναι σημαντικό να αποσαφηνιστεί ότι η κρυστάλλωση είναι μια φυσική ιδιότητα που δεν σχετίζεται με τη θρεπτική και βιολογική αξία, ενώ μπορεί να συμβεί τόσο στο αγνό όσο και στο νοθευμένο μέλι (Amariei et al., 2020).

1.6 Επεξεργασία και αποθήκευση

Όλα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του ώριμου μελιού, όπως η γεύση και το άρωμα βρίσκονται στο μέγιστο βαθμό όταν το μέλι είναι ακόμα μέσα στην κηρήθρα. Μετά τη εξαγωγή του, υπόκειται σε διάφορες διαδικασίες έως ότου φτάσει στον τελικό καταναλωτή. Οι διαδικασίες αυτές προκαλούν αλλοιώσεις που σχετίζονται με τους χειρισμούς των μελισσοκόμων, αλλά και των τυποποιητών. Στην ιδανική περίπτωση το μέλι θα έπρεπε να καταναλώνεται έτσι όπως βγαίνει από την κηρήθρα χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Όμως, η σημερινή αγορά απαιτεί ένα προϊόν με συσκευασία διαφόρων μορφών, συγκεκριμένο χρώμα και ρευστότητα. Για να επιτευχθούν τα χαρακτηριστικά αυτά, ακολουθούνται διεργασίες φιλτραρίσματος, διαύγασης και ανάμειξης διαφορετικών μελιών, διαδικασίες που συχνά απαιτούν αύξηση της θερμοκρασίας, άρα ταυτόχρονα υποβάθμιση του προϊόντος (Λιάκος, 2005).

Η αποθήκευση του μελιού πριν και κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του στο συσκευαστήριο, είναι ένα εξίσου σημαντικό στάδιο. Σε αυτό το σημείο μπορεί να επέλθουν σημαντικές αλλοιώσεις στο χρώμα, το άρωμα και γενικά την ποιότητα, γεγονός που ενέχει κίνδυνο απόρριψής του από την αγορά. Τέτοιου είδους αλλοιώσεις μπορούν να αποφευχθούν όταν η αποθήκευση γίνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες και συγκεκριμένα κάτω από 10 °C. Έχει φανεί ότι μέλια που διατηρήθηκαν σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες για πολλά χρόνια δεν παρουσίασαν διαφοροποιήσεις από τα φρέσκα. Όμως είναι σημαντικό να αποφεύγονται θερμοκρασίες μεταξύ 10-15 °C γιατί, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, επιταχύνουν την κρυστάλλωση. Τέλος, θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 27 °C δεν είναι ευνοϊκές, καθώς παρατηρείται υποβάθμιση του χρώματος, της γεύσης και των ενζύμων (Sajid et al., 2020).

1.7 Διαιτητική και φαρμακευτική αξία

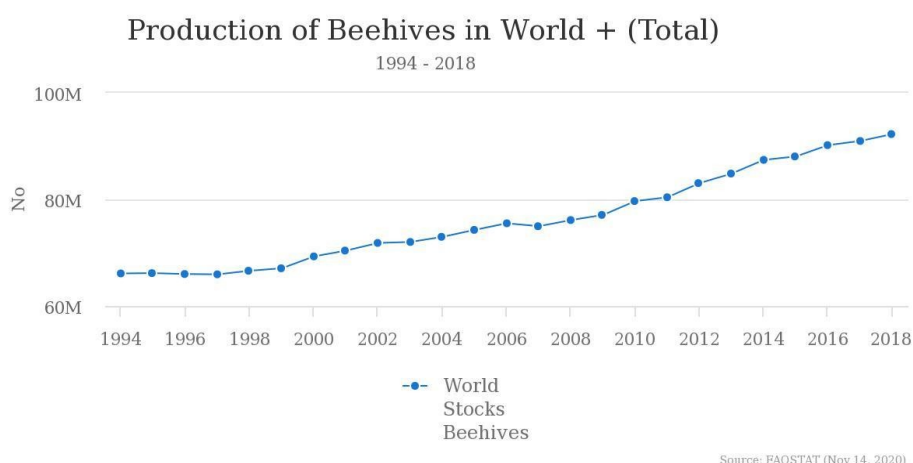
Το μέλι ως τροφή είναι γνωστό από την αρχαιότητα και υπερέχει συγκριτικά με άλλες γλυκαντικές ουσίες. Είναι γνωστό ότι η κατανάλωση μελιού παρέχει αντιμικροβιακή, αντιφλεγμονώδη, αντικαρκινική, αντιθρομβωτική, αντιοξειδωτική και αναλγητική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό ([Siddiqui et al., 2017](#)). Τα κύρια σάκχαρα του είναι απλά (γλυκόζη, φρουκτόζη), πράγμα που σημαίνει ότι αφομοιώνονται εύκολα και αποτελούν άμεση πηγή πρόσληψης ενέργειας για τον ανθρώπινο οργανισμό. Είναι πλούσιο σε ανόργανα συστατικά, ένζυμα, οργανικά οξέα και ρυθμιστικές ουσίες που επηρεάζουν τις λειτουργίες των οργάνων. Περιέχει αρωματικές και χρωστικές ουσίες, καθώς και βιταμίνες, που βοηθούν στην απορρόφηση των σακχάρων. Επίσης, περιέχει αντιοξειδωτικές και αντιβακτηριδιακές ουσίες όπως φλαβονοειδή, φαινολικά, τερπενοειδή και υπεροξείδιο υδρογόνου (H₂O₂) ([Maione et al., 2019](#)).

Λόγο της μικροβιοκτόνου δράσης, βοηθά τον ανθρώπινο οργανισμό σε πολλές παθήσεις και γενικά στη βελτίωση της υγείας. Συγκεκριμένα, συντελεί στη γρήγορη απορρόφηση του οίνοπνεύματος μετά από μέθη επιταχύνοντας το μεταβολισμό του, ανακουφίζει από, κρυολόγημα, βρογχικές ενοχλήσεις, βοηθά στον περιορισμό των μικροβίων του εντέρου και στην αντιμετώπιση των αλλεργιών στη γύρη, καθώς και σε άλλα αίτια. Αντιμετωπίζει τη δυσκοιλιότητα, επιδρά ευεργετικά στην καρδιά και στις στομαχοεντερικές παθήσεις, ενώ έχει θετική επίδραση στην αντιμετώπιση εγκαυμάτων και μολυσματικών πληγών ([Χαριζάνης, 2017](#)).

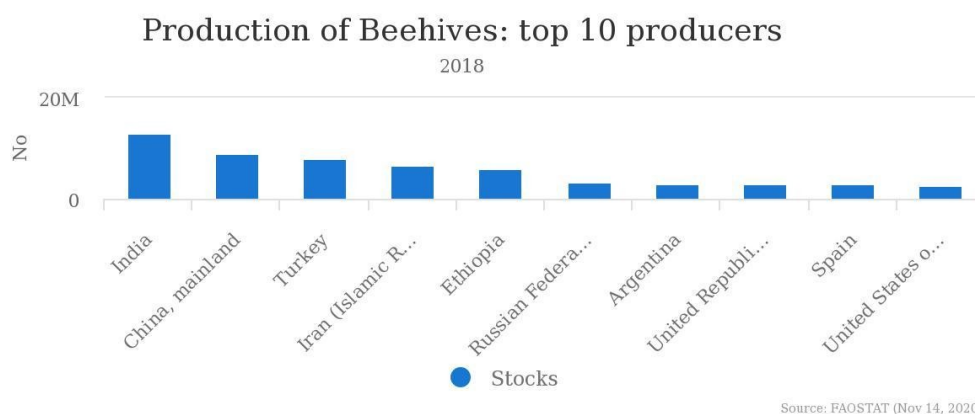
1.8 Παγκόσμια και ελληνική παραγωγή μελιού

Η μέλισσα και ειδικότερα η δυτική *Apis mellifera L.*, παρέχει πολύτιμες υπηρεσίες επικονίασης σε ποικίλες καλλιέργειες, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί το συχνότερο επικονιαστή. Εκτός αυτού, τα προϊόντα που παράγει χαίρουν βαθιάς εκτίμησης από ολοένα και περισσότερους με την πάροδο των αιώνων. Μια μακρά ιστορία εξημέρωσης και σκόπιμης μεταφοράς του είδους από τον άνθρωπο, είχε ως αποτέλεσμα την τρέχουσα κοσμοπολίτικη κατανομή, που περιλαμβάνει όλες τις ηπείρους, πλην της Ανταρκτική ([Hung et al., 2018](#)).

Με την πάροδο των χρόνων, την ακμή της τεχνολογίας και της επιστήμης, ο τομέας της μελισσοκομίας διευρύνεται ολοένα και περισσότερο. Αυτό αποδεικνύεται από τη σταδιακή αύξηση της αξιοποίησης των μελισσών και παραγωγής των προϊόντων τους, σε όλο τον κόσμο (Γράφ. 1.2). Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία του 2018, συνολικά διατηρούνται περίπου 92 εκατομμύρια κυψέλες σε όλο τον κόσμο, με την Ινδία να κερδίζει την πρώτη θέση με 10 εκατομμύρια κυψέλες, ενώ ακολουθεί η Κίνα με 8 εκ., η Τουρκία με 5 εκ. και η Αιθιοπία με 4 εκ. (Γράφ, 1.3) (FAOSTAT, 2020).



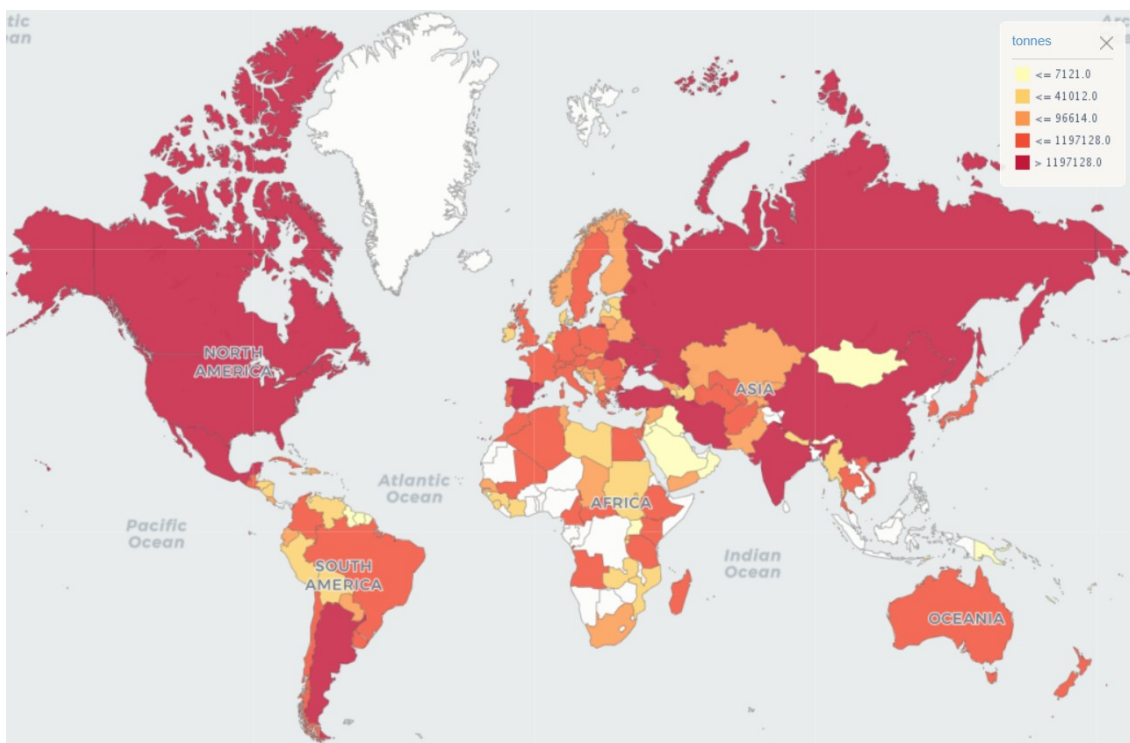
Γράφημα 1.2: Διακύμανση του αριθμού κυψελών παγκοσμίως, σε εκατομμύρια, από το 1994 έως το 2008 (FAOSTAT, 2020).



Γράφημα 1.3: Εκτροφή κυψελών σε εκατομμύρια, των 10 κυριότερων χωρών, το έτος 2018 (FAOSTAT, 2020).

Σχετικά με το μέλι που αποτελεί το κύριο προϊόν της κυψέλης, η παγκόσμια παραγωγή του ανέρχεται στους 1,2 εκατομμύρια τόνους ετησίως (Clement, 2007). Η

πρώτη παραγωγός χώρα είναι η Κίνα με 446 χιλιάδες τόνους, ακολουθεί η Τουρκία με 114, η Αργεντινή, το Ιράν, η Ουκρανία και οι Η.Π.Α., με σημαντικά μικρότερες ποσότητες (Εικ. 1.10). Παρατηρείται ότι, παρόλο που η Ινδία διαθέτει αριθμητικά περισσότερα μελίσσια από την Κίνα, η δεύτερη παράγει σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες μελιού. Αυτό συμβαίνει γιατί η Ινδία εκμεταλλεύεται τη μέλισσα κυρίως για την παραγωγή κεριού και δευτερευόντως για τα άλλα προϊόντα της κυψέλης.

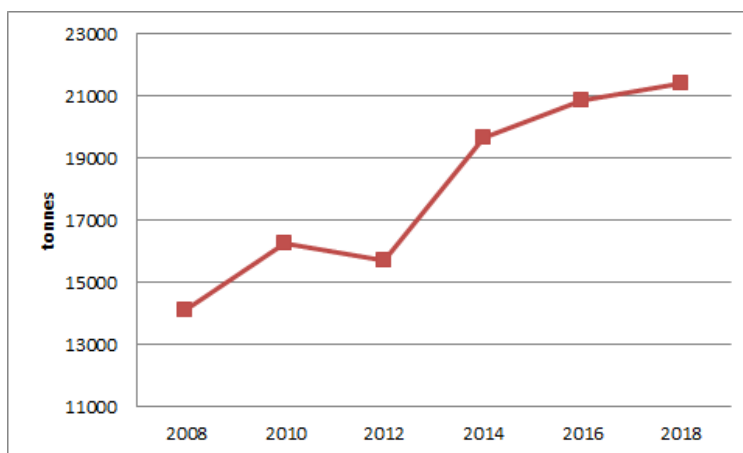


Εικόνα 1.10: Παγκόσμιος χάρτης κατανομής χωρών παραγωγής μελιού (σε τόνους), με στοιχεία από το 1961 έως το 2018 (FAOSTAT, 2018).

Σε ότι αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, αυτή παράγει περίπου 130.000 τόνους μέλι, ήτοι το 10% της παγκόσμιας παραγωγής. Από αυτή, η Ισπανία, η Γαλλία, η

Ρουμανία, η Ιταλία και η Ελλάδα αποτελούν τις κυριότερες παραγωγές χώρες. Οι καταναλωτικές ανάγκες, όμως, των ευρωπαϊκών χωρών είναι μεγαλύτερες από την παραγωγή, συνεπώς γίνονται εισαγωγές, κυρίως από την Κίνα.

Η Ελλάδα σήμερα αριθμεί γύρω στις 1.556.404 κυψέλες (FAOSTAT, 2020), ενώ με αυτήν ασχολούνται περισσότερα από 23.500 άτομα. Η χώρα καταλαμβάνει μία από τις πρώτες θέσεις στο διεθνή χώρο σε μελισσισια και παραγωγή μελιού, αναλογικά με τον πληθυσμό και την έκτασή της. Τα τελευταία χρόνια παρουσίασε αύξηση της πυκνότητας μελισσιών, συγκριτικά με την υπόλοιπη Ευρώπη, όπου η πυκνότητα έμεινε σταθερή ή μειώθηκε. Η συνολική παραγωγή μελιού παρουσίασε σημαντική αύξηση σε βάθος δεκαετίας, ενώ σήμερα καταγράφεται ετήσια παραγωγή που ξεπερνά τους 21.000 τόνους (Γράφ. 1.4) (FAOSTAT, 2020). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το 63% των μελισσοκομικών εκμεταλλεύσεων στη χώρα αποτελούνται από 50 ή και λιγότερες κυψέλες, ενώ μόνο το 6% διαθέτει πάνω από 200, αριθμός που έχει εκτιμηθεί ότι προσφέρει το ικανοποιητικότερο εισόδημα (Θρασυβούλου, 2008).



Γράφημα 1.4: Διακύμανση παραγωγής μελιού σε τόνους, στην Ελλάδα από το 2008 έως το 2018 (FAOSTAT, 2020).

Οι περισσότερες μελισσοκομικές μονάδες της Ελλάδας, εδρεύουν στη Μακεδονία, καθώς εκεί καταγράφονται και οι μεγαλύτερες ποσότητες παραγόμενου μελιού. Η Πελοπόννησος, η Κρήτη και η Εύβοια είναι επίσης περιοχές με σημαντικό αριθμό μελισσοκόμων και μελισσιών. Παρά το γεγονός ότι η παραγωγή είναι αρκετή για την κάλυψη της εγχώριας ζήτησης σε μέλι, εισάγονται ετήσια περίπου 3.000 τόνοι

από άλλες χώρες. Αυτό συμβαίνει γιατί η διάθεση του προϊόντος από τους συνεταιρισμούς και τους παραγωγούς, αποτελεί δύσκολο εγχείρημα λόγω του έντονου ανταγωνισμού που δέχονται από το εισαγόμενο μέλι, που είναι χαμηλότερης ποιότητας, άρα και τιμής (Θρασυβούλου, 2008).

1.9 Νοθεία μελιού

Οι μέλισσες παράγουν το μέλι από το νέκταρ και τα μελιτώματα που συλλέγουν από τα φυτά, επομένως δεν μπορούμε να χαρακτηρίσουμε με τον ίδιο τρόπο ένα προϊόν που έχει προέλθει από διαφορετική διαδικασία (Χαριζάνης, 2017). Η αυθεντικότητα είναι ένα ζήτημα που διερευνάται έντονα τα τελευταία χρόνια, καθώς το μέλι αποτελεί το τρίτο συχνότερα νοθευμένο τρόφιμο στον κόσμο (Zhou et al., 2018). Συνάμα, οι μέθοδοι νοθείας αυξάνονται προοδευτικά, με την ταυτόχρονη παραδοχή της υψηλής θρεπτικής αξίας και των ξεχωριστών χαρακτηριστικών του μελιού, συγκριτικά και με άλλα γλυκαντικά. Τα γεγονότα αυτά έχουν οδηγήσει στην αύξηση της εμπορικής αξίας του προϊόντος (Maione et al., 2019). Παράλληλα, η ταχεία ανάπτυξη της παραγωγής του, έχει καταστήσει τον τομέα σημαντικό για την οικονομία πολλών αναπτυσσόμενων χωρών, ενώ υπάρχει αυξημένη ανησυχία για τη δημόσια υγεία, καθώς το μέλι υφίσταται πολλές παρεμβάσεις στη σύνθεσή του, από την παραγωγή, κατά την αποθήκευση και την επεξεργασία. Οι ενέργειες αυτές πυροδοτούνται από πιθανή κακή μελισσοκομική πρακτική, που οδηγεί σε μειωμένη παραγωγή, ή και περιορισμένες μελιτοφορίες που οφείλονται σε κακές κλιματολογικές συνθήκες. Επιπρόσθετα, η τιμή πώλησης μπορεί να καθορίσει την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος, καθώς έχει φανεί ότι αν αυτή δεν είναι συμφέρουσα για το μελισσοκόμο, είναι πιθανότερο αυτός να οδηγηθεί σε κάποια μέθοδο νοθείας προκειμένου να μη ζημιωθεί (Passias et al., 2017).

Η νοθεία πραγματοποιείται κυρίως με τροφοδότηση του μελισσιού με σιρόπι, μελισσοτροφή και χυμούς. Επί του παρόντος, ανιχνεύεται είτε με μεθόδους που εντοπίζουν τη βοτανική ή/και γεωγραφική προέλευση, είτε με ανίχνευση ορισμένων ενώσεων που βρίσκονται σε αυτό (ισότοπα άνθρακα, HMF κ.ά.). Ένας άλλος τρόπος

νοθείας έγκειται στην ανακύκλωση υποβαθμισμένων μελιών (βιομηχανικά) με μέλια διατροφής. Ορισμένα μέλια που έχουν υποβαθμιστεί από ζύμωση ή είναι εκτός αποδεκτών ορίων (HMF, διαστάσης κτλ.), αποξηραίνονται, αποαρωματίζονται και φιλτράρονται ώστε να αναμειχθούν με αποδεκτά μέλια. Η πιο παλιά μέθοδος νοθείας σχετίζεται με τους πλαστούς χαρακτηρισμούς. Αυτή σχετίζεται με το μονοανθικό ή γεωγραφικό αυθαίρετο χαρακτηρισμό, σε ένα μέλι που δεν έχει αποκλειστικά την αναφερόμενη ανθική ή γεωγραφική προέλευση (Bruneau, 2007).

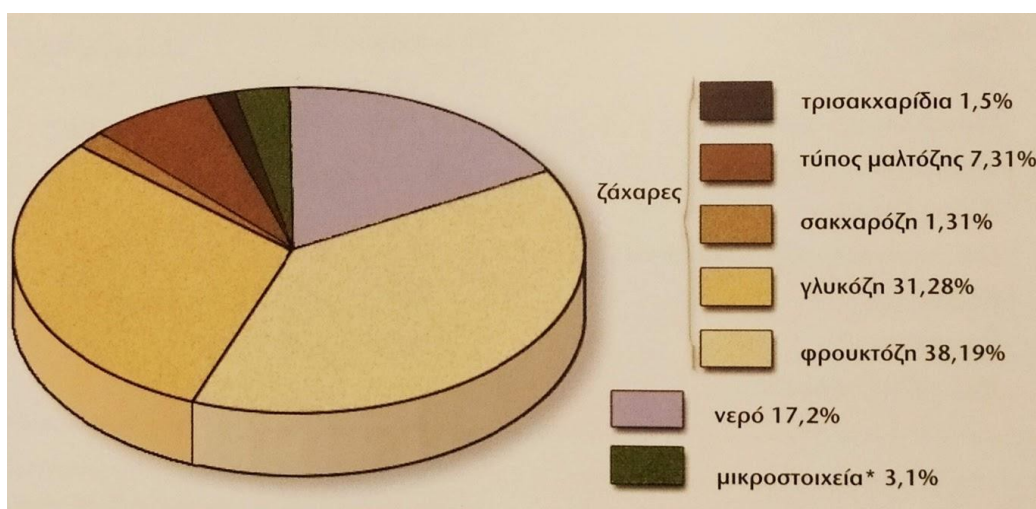
1.10 Βοτανική και γεωγραφική προέλευση μελιού

1.10.1 Βοτανική προέλευση

Το παραγόμενο μέλι κατατάσσεται σε δύο βασικές κατηγορίες που σχετίζονται με τη βοτανική του προέλευση. Στην πρώτη κατατάσσονται τα μέλια που προέρχονται από μελιτώματα (πέυκου, έλατου, βελανιδιάς κ.ά.), ενώ στη δεύτερη συγκαταλέγονται τα ανθόμελα που προέρχονται από το νέκταρ διάφορων φυτών (θυμαριού, καστανιάς, πορτοκαλιάς, βαμβακιού, ερείκης κ.ά.). Στην Ελλάδα οι μεγαλύτερες ποσότητες προέρχονται από το πέυκο (60-65%), το θυμάρι (15%) και το έλατο (10%) (Θρασυβούλου, 2008).

Το νέκταρ αποτελεί ένα υδατικό διάλυμα, λίγο ή περισσότερο συμπυκνωμένο, που περιέχει 20 με 40% σάκχαρα (έως και 80%) (Γράφ. 1.5). Το διάλυμα αυτό παράγεται από τους εξειδικευμένους αδενικούς ιστούς ή αλλιώς νεκταρογόνα, που γενικά βρίσκονται στην καρδιά των ανθέων. Ο τύπος των σακχάρων εξαρτάται από το φυτικό είδος. Ορισμένα φυτά παράγουν νέκταρ που περιέχει μόνο δύο απλά σάκχαρα, τη γλυκόζη και τη φρουκτόζη. Σε άλλα πάλι το νέκταρ περιέχει μόνο σακχαρόζη και σε μία τρίτη κατηγορία περιέχονται και τα τρία προηγούμενα σάκχαρα. Η σύνθεση των σακχάρων στο μέλι παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς του προσδίδει συγκεκριμένες ιδιότητες που σχετίζονται με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη μετασυλλεκτική του ζωή, όπως η ταχύτητα κρυστάλλωσης. Το νέκταρ γενικά είναι όξινο και περιέχει σε

μικρές ποσότητες βιταμίνες, χρωστικές και αρώματα, στοιχεία που θα διαμορφώσουν το χρώμα και το άρωμα του μελιού (Bruneau, 2007). Γενικά, είναι γνωστό ότι αρκετά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του μελιού, σχετίζονται άμεσα με τη φυτική του προέλευση. Επίσης σημαντικό είναι το γεγονός ότι κάθε άνθος που έχει επισκεφθεί μία συλλέκτρια, αφήνει στο μέλι ένα αποτύπωμα που λειτουργεί σαν ταυτότητα για το τελικό προϊόν (Lazarević et al., 2012). Επιπρόσθετα πρέπει να τονιστεί ότι δεν υπάρχουν δύο μέλια απόλυτα όμοια μεταξύ τους, ακόμα και αν αυτά βρίσκονται στην ίδια κυψέλη ή και στο ίδιο πλαίσιο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι συλλέκτριες αναζητούν άνθη που να ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν καλύτερα στις ανάγκες της αποικίας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ταυτόχρονα, το νέκταρ που συλλέγεται ποικίλει κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ και ο τύπος των ανθέων μπορεί να είναι διαφορετικός. Τέλος, η μεταβλητότητα του κλίματος, ευνοεί περισσότερο την ανθοφορία κάποιων ειδών, σε σχέση με άλλα, ή ακόμα και την ανάπτυξη των εντόμων στην περίπτωση της συλλογής μελιτωμάτων. Τα παραπάνω αποτελούν τα βασικότερα χαρακτηριστικά που προσδίδουν ποικιλομορφία στο μέλι (Bruneau, 2007).



Γράφημα 1.5: Σύνθεση μελιού ανθέων που προκύπτει από το μέσο όρο 490 μελιών (Bruneau, 2007).

Τα μελιτώματα από την άλλη προέρχονται από τις εκκρίσεις που αφήνουν στα φυτά τα μυζητικά έντομα, όπως διάφορα είδη κοκκοειδών και αφίδων. Αυτά έχουν πιο σύνθετα σάκχαρα που σχηματίζονται στο πεπτικό σύστημα των μυζητικών εντόμων. Πρόκειται για δισακχαρίτες και τρισακχαρίτες όπως είναι η ερλόζη και η μελεζιτόζη. Η

σύνθεση του μελιτώματος είναι περισσότερο συγγενική με εκείνη του φυτικού χυμού, σε σχέση με εκείνη του νέκταρος. Αυτό σημαίνει ότι είναι πιο πλούσια σε άζωτο, οργανικά οξέα και μεταλλικά στοιχεία. Τα χαρακτηριστικά αυτά μας επιτρέπουν να διαχωρίζουμε τα μέλια μελιτωμάτων από αυτά που προέρχονται από νέκταρ (Bruneau, 2007).

1.10.2 Γεωγραφική προέλευση

Σύμφωνα με τα πρότυπα της Επιτροπής Codex Alimentarius και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μελιού, η γεωγραφική προέλευση πρέπει να είναι όμοια με την περιοχή που αναγράφεται στην ετικέτα του. Η σκόπιμα εσφαλμένη, επισήμανση προέλευσης συναντάται συχνά τα τελευταία χρόνια και αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα (Zhou et al., 2018). Ο βιότοπος στον οποίο βρίσκεται το μελισσοκομείο, η απόσταση του από τη θάλασσα καθώς και άλλα στοιχεία του ενδιαίτηματος, δίνουν στο προϊόν ταυτότητα, η οποία αποτυπώνεται στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Έχει φανεί ότι ο τόπος παραγωγής επηρεάζει σημαντικά την αγωγιμότητα και τη στροφική ικανότητα του μελιού ([Lazarević et al., 2012](#)), ενώ εντοπίζονται διαφορές και στα ιχνοστοιχεία του. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα ιχνοστοιχεία K, Mn, P και Sr μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση του μελιού ανάλογα με τη γεωγραφική του προέλευση (Zhou et al., 2018). Τα μεταλλικά στοιχεία που περιέχονται, σχετίζονται άμεσα με το έδαφος, συνεπώς η γνώση της βιογεωγραφίας των περιοχών στις οποίες παράγονται είναι σημαντική για την κατανόηση των συγκεκριμένων ιδιοτήτων που παρουσιάζουν (Rodríguez-Flores et al., 2019).

Η ανάλυση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών μπορεί να δώσει πολλές και σημαντικές πληροφορίες, για την προέλευση και τη σύσταση του μελιού, σύμφωνα και με τα όρια στις τιμές που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Μια ευρέως γνωστή και παραδοσιακή μέθοδος για την επαλήθευση της γνησιότητας του μελιού είναι η γυρεοσκοπική ανάλυση, δηλαδή η ανάλυση των [κόκκων γύρης που](#) περιέχονται στο ίζημα του μελιού μετά από φυγοκέντρηση. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος είναι χρονοβόρα, απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό και δεν είναι σε θέση να ανιχνεύσει εποχιακές διακυμάνσεις στην ποσότητα γύρης ή γύρη που έχει προστεθεί εκ νέου (Xu et al., 2019, [Opsenica et al., 2016](#)). Σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως αναλυτικές μέθοδοι που σχετίζονται με τον προσδιορισμό της βοτανικής προέλευσης των σακχάρων,

ιχνοστοιχείων, πτητικών ενώσεων κ.ά.. Τέτοιες είναι η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) ([Nasab et al., 2020](#)), η φασματοσκοπία υπερύθρου (IR) ([Li et al., 2020](#)), η αέρια χρωματογραφία συζευγμένη με φασματόμετρο μαζών (GS-MS) ([Ghidotti et al., 2020](#), [Aliferis et al., 2010](#)), η φασματοσκοπία Raman ([Oroian et al., 2018](#)) κ.ά. Επιπρόσθετα, ο προσδιορισμός ιχνοστοιχείων, αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την εξακρίβωση της γεωγραφικής προέλευσης. Συγκεκριμένα, σε σύγκριση ευρωπαϊκών και ασιατικών μελιών, φάνηκε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα ιχνοστοιχεία Fe και P μεταξύ τους ([Zhou et al., 2018](#)). Η μέθοδος μπορεί να εντοπίσει διαφορές ακόμα και ανάμεσα σε μέλια που προέρχονται από την ίδια χώρα συσχετίζοντάς τα με εξωγενείς παράγοντες της κάθε περιοχής (επίπεδα ρύπανσης από βαρέα μέταλλα) ([Tuzen et al., 2007](#)). Επίσης, η ανάλυση των πτητικών συστατικών με αέρια χρωματογραφία / φασματομετρία μαζών (GS-MS), έχει δείξει καλά αποτελέσματα σχετικά με το βοτανικό και γεωγραφικό διαχωρισμό και συγκεκριμένα μετά από δοκιμή σε ελληνικά θυμαρίσια μέλια ([Alissandrakis et al., 2007](#)). Ωστόσο το IR φαίνεται να είναι η πιο οικονομική τεχνική, εύκολη στην εφαρμογή και με υψηλή απόδοση σε μικρή ποσότητα δείγματος, ενώ υπάρχουν και φορητές συσκευές που πραγματοποιούν επιτόπια ανίχνευση ([Ghidotti et al., 2020](#)). Τα τελευταία χρόνια έχουν εισέλθει δυναμικά στο πεδίο των αναλύσεων, νέες μέθοδοι [πολυπαραγοντικής ανάλυσης δεδομένων](#) και τεχνικές μηχανικής μάθησης, που διερευνούν από μια διαφορετική σκοπιά τον προσδιορισμό γεωγραφικής και βοτανικής προέλευσης του μελιού ([Manikis et al., 2019](#)).

1.11 Σκοποί της Διπλωματικής Μελέτης

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται γύρω από τους εξής άξονες:

- Τη χαρτογράφηση του φυσικοχημικού προφίλ των ελληνικών μελιών
- Τη σύγκριση και εντοπισμό διαφορών στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μεταξύ μελιών ανθέων και μελιτωμάτων, αλλά και μεταξύ μελιών διαφορετικής βοτανικής προέλευσης.
- Την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων διάκρισης μεταξύ:
 - μελιών ανθέων και μελιτωμάτων

- των μελιών ανάλογα με τη βοτανικής τους προέλευση
- Την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων προσδιορισμού της γεωγραφικής προέλευσης δειγμάτων πεύκου και θυμαριού από διάφορες περιοχές της χώρας μας.

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΜΕΛΙΟΥ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν συνολικά 163 δείγματα από μέλια διαφορετικής βοτανικής και γεωγραφικής προέλευσης, που συλλέχθηκαν από μελισσοκόμους διαφόρων περιοχών της Ελλάδας. Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εμβληματικής δράσης ‘Οι δρόμοι της μέλισσας’ Υπόεργο 1: Ταυτοποίηση- Ανάδειξη Ελληνικού Μελιού.

Αμέσως μετά την άφιξη των δειγμάτων στο εργαστήριο, έγινε αποθήκευση αυτών στην κατάψυξη στους -18°C έως τη στιγμή της ανάλυσης. Πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου τα δείγματα αφήνονταν να έρθουν σε θερμοκρασία δωματίου ($\approx 20^{\circ}\text{C}$), ενώ πριν τη λήψη της εκάστοτε ποσότητας για την ανάλογη μέθοδο, γίνονταν σχολαστική ομογενοποίηση του δείγματος, έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά του να είναι ομοιόμορφα σε όλο το δοχείο, αλλά και αντιπροσωπευτικά στο δείγμα προς εξέταση. Σε δείγματα που είχε επέλθει κρυστάλλωση έγινε ομογενοποίηση σε υδατόλουτρο στους 40°C . Για τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών ακολουθήθηκαν οι οδηγίες της Παγκόσμιας Επιτροπής Μελιού (Harmonized Methods of the International Honey Commission) (Bogdanov, 1997).

2.1 Μέθοδος προσδιορισμού υγρασίας

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού υγρασίας στα δείγματα των μελιών που εξετάστηκαν, χρησιμοποιήθηκε διαθλασίμετρο χειρός (Εικ. 2.1). Η ακρίβεια του οργάνου είναι αρκετά ικανοποιητική, με σφάλμα $\pm 0,4\%$. Στην πραγματικότητα το όργανο αυτό μετρά τα στερεά συστατικά του μελιού, αλλά είναι ρυθμισμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να δείχνει κατευθείαν και το ποσοστό του νερού μέσα στο διάλυμα. Η πυκνότητα είναι η μάζα που αντιστοιχεί στη μονάδα του όγκου. Στο μέλι αυτή μεταβάλλεται, όταν διαφοροποιείται και η περιεκτικότητά του σε νερό. Αυτό σημαίνει

ότι όσο πιο λίγη υγρασία έχει το μέλι, τόσο πιο πυκνό είναι (Χαριζάνης, 2017), αν και τη ρευστότητα του μελιού επηρεάζει παράλληλα η περιεκτικότητα σε πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες. Για τη μέτρηση της υγρασίας απλωνόταν μικρή ποσότητα ομογενοποιημένου δείγματος στην μπλε επιφάνεια του πρίσματος και λαμβανόταν η μέτρηση στην ποσοστιαία κλίμακα. Μετά τη λήψη της ένδειξης γίνονταν σχολαστικός καθαρισμός του πρίσματος και της πλαστικής επιφάνειας στο καπάκι με αποιονισμένο νερό.



Εικόνα 2.1: Διαθλασίμετρο χειρός για μέτρηση υγρασίας (%) στο μέλι.

2.2 Μέθοδος προσδιορισμού χρώματος

Σκεύη: πλαστικές κυψελίδες χρωματόμετρου, λεπτή σπάτουλα

Αντιδραστήρια: Διάλυμα γλυκερόλης βαθμονόμησης οργάνου (Hanna)

Γενικά το μέλι κατατάσσεται σε επτά βασικές χρωματικές κατηγορίες με βάση την κλίμακα Pfund, με το 0 να αντιστοιχεί στα πιο ανοιχτόχρωμα μέλια και το 150 στα πιο σκούρα. Ο προσδιορισμός του χρώματος έγινε με φορητό χρωματόμετρο μελιού (Hanna Hi9678 εύρους από 0 έως 150 mm). Το δείγμα τοποθετούταν σε πλαστική διάφανη κυψελίδα, η οποία προσαρμοζόταν στην υποδοχή του οργάνου και λαμβανόταν η ένδειξη (Εικ. 2.2). Πριν από την πρώτη μέτρηση σε κάθε ενεργοποίηση της συσκευής, πραγματοποιούταν βαθμονόμηση με διάλυμα γλυκερόλης (Ramos et al., 2018).



Εικόνα 2.2: Συσκευή μέτρησης του χρώματος του μελιού σε κλίμακα Pfund, κυψελίδες με μέλι και γλυκερόλη.

2.3 Μέθοδος προσδιορισμού ηλεκτρικής αγωγιμότητας (mS/cm)

Σκεύη: ποτήρια ζέσεως (25ml), falcon (50 ml), ογκομετρικοί κύλινδροι (25ml).

Ο προσδιορισμός της αγωγιμότητας των δειγμάτων μελιού, έγινε με φορητή συσκευή μέτρησης pH/αγωγιμότητας (Hanna HI 9811-5). Για τον προσδιορισμό ζυγίστηκαν με ακρίβεια 5 gr άνυδρου μελιού (υπολογίστηκε αφαιρώντας την υγρασία του εκάστοτε δείγματος), σε ποτήρι ζέσεως των 25 ml. Στην επίσημη μέθοδο για την αγωγιμότητα, χρησιμοποιούνται 20 gr μελιού για τον προσδιορισμό, όμως μετά από δοκιμές φάνηκε ότι το αποτέλεσμα δεν μεταβάλλεται σε μικρότερη ποσότητα, συνεπώς για λόγους οικονομίας δείγματος χρησιμοποιήθηκαν τελικά 5 gr. Στη συνέχεια διαλύθηκε η ζυγισμένη ποσότητα σε περίπου 10 ml απιονισμένου νερού και μεταφέρθηκε σε πλαστικό falcon χωρητικότητας 50 ml, όπου προστέθηκαν επιπλέον 5 ml νερού (κατά προσέγγιση) από το ξέπλυμα του ποτηριού. Τέλος, έγινε πλήρωση έως τα 25 ml. Στη συνέχεια έγινε ελαφριά ανάδευση και εκκίνηση της διαδικασίας μέτρησης. Κατά τη διάρκεια αυτής, το διάλυμα μελιού αναδεύονταν συνεχώς. Μόλις σταθεροποιήθηκε η τιμή της αγωγιμότητας, λήφθηκε η θερμοκρασία του διαλύματος εκείνη τη στιγμή. Η αγωγιμότητα μετράται σε mS/cm και υπολογίζεται με βάση τη θερμοκρασία του διαλύματος. Για μετρήσεις που πάρθηκαν σε διάλυμα πάνω από $20^{\circ}C$ αφαιρέθηκε το 3,2% της τιμής, σε αντίθετη περίπτωση προστέθηκε το 3,2% (Bogdanov et al., 1997).

2.4 Μέθοδος προσδιορισμού pH και ελεύθερης οξύτητας (meq/Kg)

Σκεύη: ποτήρια ζέσεως (250ml), ογκομετρικός κύλινδρος (100ml), προχοΐδα (100ml), μαγνητικοί αναδευτήρες

Εξοπλισμός: όργανο μέτρησης pH- αγωγιμότητας (Hanna HI 9811-5), εστία μαγνητικής ανάδευσης

Ο προσδιορισμός της τιμής pH και της ελεύθερης οξύτητας γινόταν με το ίδιο δείγμα μελιού. Κατά την προετοιμασία, πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του οργάνου και πλήρωση μιας προχοΐδας με διάλυμα NaOH 0,1 M. Στη συνέχεια ζυγίζονταν 10 g μελιού σε ποτήρι ζέσεως και διαλύονταν πλήρως σε 75ml απιονισμένο νερό. Έπειτα, το ποτήρι τοποθετούταν σε μαγνητική εστία, καθώς είναι απαραίτητη η ανάδευση κατά τη μέτρηση. Σε γρήγορο χρονικό διάστημα λαμβανόταν η μέτρηση του pH. Αμέσως μετά ξεκινούσε η διαδικασία για τον προσδιορισμό της ελεύθερης οξύτητας. Αρχικά, σημειώνονταν η αρχική ένδειξη της προχοΐδας, στη συνέχεια ξεκινούσε η ογκομέτρηση ανοίγοντας τη στρόφιγγα, με το ηλεκτρόδιο πάντα τοποθετημένο μέσα στο διάλυμα. Η διαδικασία τερματιζόταν μόλις το pH γίνονταν 8,3. Από την τελική ένδειξη της προχοΐδας υπολογιζόταν ο όγκος NaOH που καταναλωνόταν. Η ελεύθερη οξύτητα του μελιού υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας τον τιτλοδοτούμενο όγκο NaOH με την τιμή 10 και εκφράστηκε σε meq/Kg.

2.5 Μέθοδος προσδιορισμού της ένωσης HMF (υδροξυμεθυλοφουρουράλη) με φασματοσκοπία υπεριώδους κατά White (mg/kg)

Σκεύη: ποτήρια ζέσεως (25 ml), ογκομετρικές φιάλες (100 και 50 ml), ογκομετρικοί κύλινδροι (100 ml), πλαστικά χωνιά διήθησης (75 mm), σιφόνια πλήρωσης (5 ml)

Αντιδραστήρια: Hexacyanoferrate (II) trihydrate, 98+% (Alfa Aesar), Zinc acetate dehydrate $\geq 99.5\%$ (Fisher Chemical), Sodium bisulfite ACS reagent, powder (Acros organics)

Προετοιμασία αντιδραστηρίων stock:

- Carrez I (hexacyanoferrate (II) trihydrate): Ζυγίστηκαν 15 g και διαλύθηκαν σε 100 ml νερό (πλήρωση σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml).
- Carrez II (Zinc acetate dehydrate): Ζυγίστηκαν 30 g και διαλύθηκαν σε 100 ml νερό (πλήρωση σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml).

Προετοιμασία ημερήσιων αντιδραστηρίων:

- Όξινο θειώδες νάτριο (Sodium bisulfite): Ζυγίζονταν 0,20 g NaHSO_3 και διαλύονταν σε 100 ml νερό (πλήρωση σε ογκομετρική φιάλη των 100ml).

Προετοιμασία δειγμάτων μελιού:

- Ζυγίζονταν με ακρίβεια 5 g μελιού (μία επανάληψη για κάθε δείγμα) σε ποτήρι ζέσεως των 25 ml, εκεί διαλύονταν πολύ καλά με νερό (Εικ. 2.3). Το διάλυμα τοποθετούταν σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml, στην οποία προσθέτονταν 0,5 ml από τα Carrez I και II (κροκιδωτική δράση) αντίστοιχα, με αυτόματη πιπέτα και με ανάδευση μετά από κάθε προσθήκη σε συσκευή vortex.



Εικόνα 2.3: Προετοιμασία διάλυσης 5gr μελιού με απιονισμένο νερό για τον προσδιορισμό της ένωσης HMF.

Στη συνέχεια η φιάλη πληρωνόταν με νερό μέχρι τα 50 ml και ακολουθούσε διήθηση με διπλό διηθητικό χαρτί (390* 390 mm) (Εικ. 2.4). Η συλλογή του διηθήματος πραγματοποιούνταν μετά από απόρριψη των πρώτων 10 ml. Από το διήθημα

γινόταν μεταφορά 5 ml από κάθε δείγμα σε πλαστικά falcon και προσθήκη 5 ml νερού. Για κάθε δείγμα χρησιμοποιούνταν τρία falcon, σε κάθε ένα τοποθετούνταν από 5 ml δείγματος μελιού στα δύο από 5 ml νερό και στο τελευταίο 5 ml από το όξινο θειώδες νάτριο. Το falcon με το δείγμα μελιού και όξινο θειώδες νάτριο αποτελούσε το διάλυμα μηδενισμού του οργάνου για κάθε διαφορετικό δείγμα (τυφλό δ/μα). Τέλος ακολουθούσε ανάδευση των δειγμάτων.



Εικόνα 2.4: Διαδικασία διήθησης των δειγμάτων μελιού.

Μέτρηση απορρόφησης:

Η λήψη φάσματος γίνονταν στα 284 και 336 nm αντίστοιχα, για όλα τα δείγματα με κυψελίδες χαλαζία. Αρχικά γίνονταν μηδενισμός του οργάνου με το τυφλό δ/μα για κάθε δείγμα χωριστά και ακολουθούσε λήψη φάσματος στο εκάστοτε δ/μα μελιού.

Υπολογισμός αποτελέσματος:

$$\text{HMF mg/kg} = (A_{284} - A_{336}) * 149,7$$

Όπου A_{284} ο μέσος όρος των απορροφήσεων του δείγματος μελιού στα 284 nm και A_{336} των απορροφήσεων στα 336 nm (Bogdanov et al., 1997).

2.6 Μέθοδος προσδιορισμού του ενζύμου της διαστάσης κατά Schade (βαθμοί DN)

Σκεύη: Ογκομετρικές φιάλες (50- 100- 250 ml), γυάλινο διάφανο μπουκάλι με βιδωτό πώμα 500 ml, γυάλινο αδιάφανο μπουκάλι με βιδωτό πώμα 500 ml, κωνικές φιάλες 100 ml, ποτήρια ζέσεως 50 ml, σιφώνια πλήρωσης 5 ml, σιφώνια μέτρησης 10 ml.

Αντιδραστήρια: Sodium chloride A.G. (NaCl) (PENTA), Iodine $\geq 99,5\%$ (Fisher Chemical), Potassium iodine (Honeywell), Starch soluble for analysis, 1.01252.0250 (MERCK), Sodium acetate trihydrate G. R. (Lach- Ner), Acetate acid $\geq 99,8$ (Honeywell)

Προετοιμασία αντιδραστηρίων stock:

- Χλωριούχο νάτριο (Sodium chloride): Διαλύθηκαν 2,9 g σε 100 ml νερό (πλήρωση σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml).
- Ρυθμιστικό διάλυμα οξικού οξέος (Acetate buffer solution): Διαλύθηκαν 43,5 g οξικού νατρίου σε 50 ml νερό. Έγινε ρύθμιση του pH στο 5,3 με περίπου 5 ml οξικό οξύ και αραιώση μέχρι τα 250 ml, με νερό (πλήρωση σε ογκομετρική φιάλη των 250 ml).
- Ιώδιο (Iodine stock): Διαλύθηκαν 11 g ιωδίου (iodine 99.5%) και 22 g ιωδιούχου καλίου (potassium iodide) σε 30-40 ml νερό και αραιώση στα 500 ml. Η αποθήκευση του διαλύματος έγινε σε σκοτεινό θάλαμο, σε καλά σφραγισμένο περιέκτη (γυάλινο, αδιάφανο μπουκάλι με βιδωτό πώμα των 500 ml).

Προετοιμασία ημερήσιων αντιδραστηρίων:

- Διάλυμα ιωδίου (Iodine solution): Διαλύονταν 20 g ιωδιούχου καλίου (potassium iodide) σε 100 ml νερό, ακολουθούσε προσθήκη 2 ml iodine stock και αραιώση μέχρι τα 500 ml. Το διάλυμα φυλάσσονταν σε καλά σφραγισμένο περιέκτη λόγω ευαισθησίας στον αέρα (γυάλινο, διάφανο μπουκάλι με βιδωτό πώμα των 500 ml).
- Διάλυμα αμύλου (Starch solution): Ζυγίζονταν 2,080 g αμύλου, που

ισοδυναμούν με 2,000 g άνυδρου αμύλου, σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Έπειτα, προσθέτονταν 90 ml νερό, με ανάδευση. Στη συνέχεια, η φιάλη θερμαινόταν σε καμινέτο για 2-3 λεπτά, με ταυτόχρονη ανάδευση, μέχρι το διάλυμα να διαυγάσει. Ακολουθούσε γρήγορη ψύξη με τοποθέτηση της φιάλης κάτω από τρεχούμενο νερό. Τέλος, γινόταν πλήρωση με νερό μέχρι τα 100 ml. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η συσκευασία με το αντιδραστήριο του αμύλου διατηρείται σε ξηραντήρα, ώστε να αποφευχθεί η απορρόφηση υγρασίας.

Βαθμονόμηση του αμύλου:

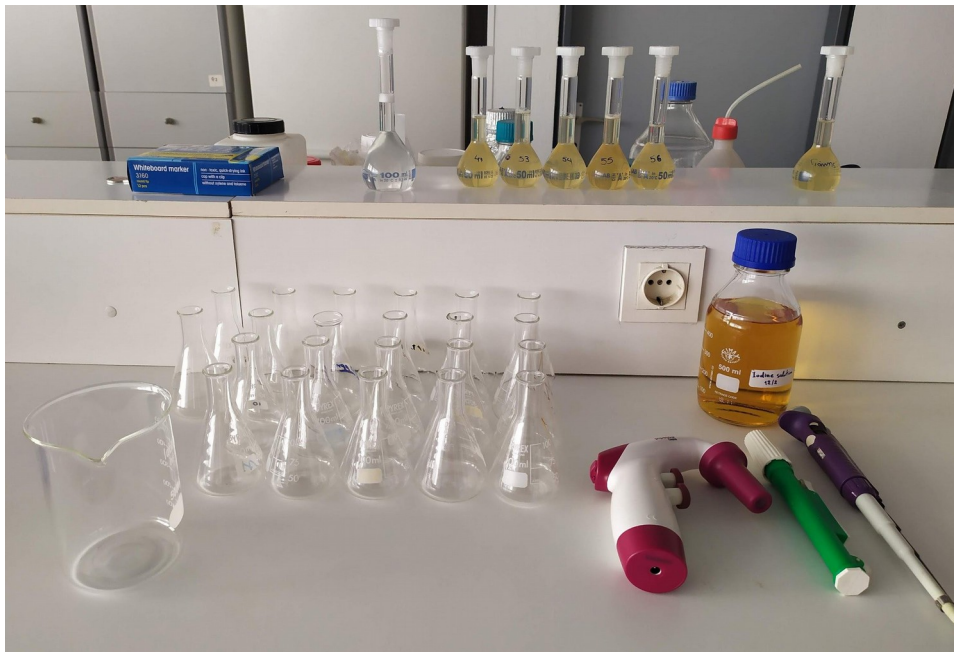
Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται για τον προσδιορισμό της ποσότητας νερού που πρέπει να προστεθεί στην αντίδραση, έτσι ώστε η περιοχή απορρόφησης του διαλύματος iodine starch να είναι μεταξύ 0,770 έως 0,745 στα 660 nm, έναντι τυφλού με νερό. Αρχικά γεμίζονταν 5 κωνικές φιάλες των 50 ml με τις ακόλουθες ποσότητες νερού: 9, 10, 11, 12, 13 ml αντίστοιχα. Σε κάθε μία, γινόταν προσθήκη 5 ml διαλύματος ιωδίου. Έπειτα, σε μία άλλη φιάλη τοποθετούνταν 10 ml νερό και 5 ml άμυλο, με καλή ανάδευση. Από το διάλυμα αυτό, αφαιρούνταν 0,5 ml και προσθέτονταν στις προαναφερθείσες κωνικές φιάλες με τις διαφορετικές ποσότητες νερού (εμφάνιση μπλε χρώσης). Αμέσως μετά την προσθήκη αμύλου, πραγματοποιούνταν μέτρηση στα 660 nm έναντι τυφλού με νερό, σε γυάλινες κυψελίδες. Η ποσότητα εκείνη που κατέγραφε απορρόφηση από 0,770 έως 0,745, χρησιμοποιούταν τελικά για τον προσδιορισμό των διαλυμάτων μελιού.

Προετοιμασία δειγμάτων μελιού:

Ζυγίζονταν 10 g μελιού σε ποτήρι ζέσεως των 100 ml και διαλύονταν πλήρως σε περίπου 15 ml νερό και 5 ml ρυθμιστικό διάλυμα οξικού οξέος (Εικ. 2.5). Μεταφέρονταν σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml που περιείχε 3 ml διαλύματος χλωριούχου νατρίου και ακολουθούσε πλήρωση της φιάλης μέχρι τη χαραγή. Η διαδικασία πραγματοποιούνταν εις διπλούν για κάθε δείγμα μελιού (μία επανάληψη) (Εικ. 2.6). Τα διαλύματα μελιού προετοιμάζονταν αμέσως πριν τη μέτρηση, λόγω της περιορισμένης διατηρησιμότητάς τους.



Εικόνα 2.5: Προετοιμασία διάλυσης 10 mg μελιού με νερό και οξικό οξύ.



Εικόνα 2.6: Προετοιμασία δειγμάτων μελιού για προσδιορισμό του ενζύμου της διαστάσης με διάλυμα ιωδίου.

Προσδιορισμός διαστάσης διαλυμάτων μελιού:

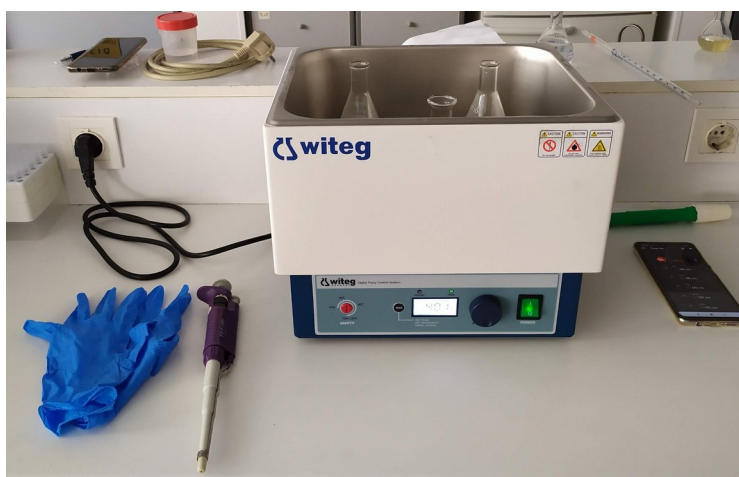
Σε μία κωνική φιάλη των 100 ml τοποθετούνταν 10 gr μέλι, 5 ml νερό και η ποσότητα νερού που επιλέχθηκε από τη βαθμονόμηση του αμύλου. Αφού αναμιγνύονταν καλά, αφαιρούνταν 0,5 ml και τοποθετούνταν σε μία κωνική φιάλη, η οποία περιείχε 5 ml από το διάλυμα ιωδίου. Από αυτό λαμβάνονταν τάχιστα το φάσμα, στα 660 nm, έναντι τυφλού με νερό. Η απορρόφηση αυτή αφαιρούνταν από τις τελικές

τιμές στον υπολογισμό των αποτελεσμάτων (Blank) (Εικ. 2.7). Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι να αφαιρεθεί η απορρόφηση του ιωδίου και του μελιού, ώστε να υπολογιστεί τελικά μόνο αυτή του αμύλου.



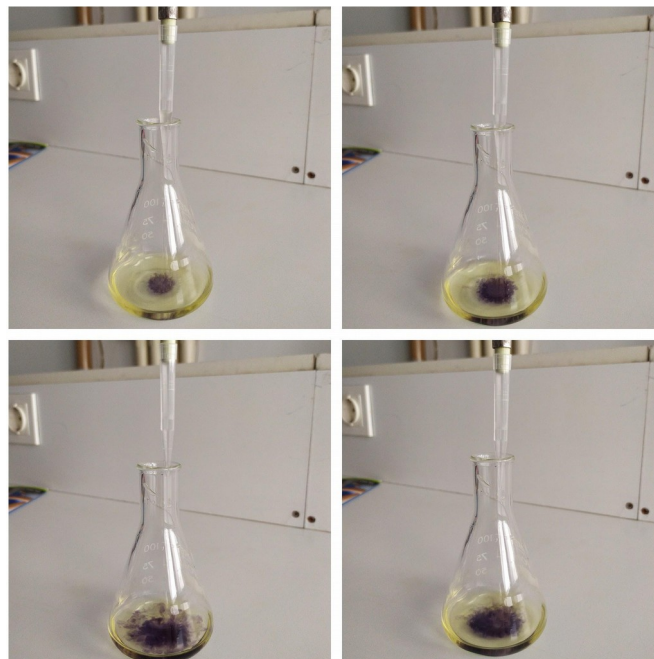
Εικόνα 2.7: Προσθήκη 0,5 ml δ/τος του προσδιοριζόμενου μελιού, σε 5 ml δ/τος ιωδίου για λήψη απορρόφησης (Blank).

Στη συνέχεια μεταφέρονταν με σιφόνιο, 10 ml διαλύματος μελιού σε κωνική φιάλη των 100 ml και τοποθετούνταν στο υδατόλουτρο στους 40 °C, μαζί με ακόμη μία κωνική που περιείχε 10 ml διάλυμα αμύλου (Εικ. 2.8). Μετά από 15 λεπτά, αφαιρούνταν 5 ml αμύλου και προσθέτονταν στο διάλυμα μελιού.



Εικόνα 2.8: Τοποθέτηση στο υδατόλουτρο (40°C) των φιαλών που περιέχουν το δ/μα μέλι- νερό και το άμυλο για 15 λεπτά, ώστε να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία για να προστεθούν στη συνέχεια τα 5 ml αμύλου στο μέλι.

Με τη συμπλήρωση 5 λεπτών, αφαιρούνταν 0,5 ml διαλύματος μελιού-αμύλου και τοποθετούταν σε κωνική φιάλη των 100 ml, που περιείχε 5 ml διάλυμα ιωδίου. Αναδεύονταν με το χέρι και λαμβάνονταν αμέσως η απορρόφηση (Εικ. 2.9). Η διαδικασία αυτή συνεχιζόταν, λαμβάνοντας μετρήσεις σε περιοδικά διαστήματα, μέχρις ότου η απορρόφηση να είναι κάτω από 0,155. Οι απορροφήσεις που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των αποτελεσμάτων είναι μεταξύ 0,456 – 0,155, ενώ κρίνεται απαραίτητη η λήψη τουλάχιστον τριών αποδεκτών απορροφήσεων για τον τελικό υπολογισμό της δραστηριότητας του ενζύμου της διαστάσης.



Εικόνα 2.9: Προσθήκη διαλύματος μελιού- αμύλου στο διάλυμα νερού- ιωδίου με προοδευτική αλλαγή χρώματος που οφείλεται στην αντίδραση του αμύλου με το ιώδιο.

Για κάθε δείγμα μελιού, παρασκευάζονταν και ένα επαναληπτικό, για να επιτευχθεί ακρίβεια στο αποτέλεσμα. Μονάδα μέτρησης του ενζύμου είναι η μονάδα DN (diastase number) που αντιστοιχεί στην ποσότητα του ενζύμου που χρειάζεται για να διασπάσει 0,01 gr αμύλου σε μία ώρα στους 40 °C. Ο υπολογισμός έγινε χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$DN = (60\text{minutes}/ t_x) \times (0.10/0.01) \times (1.0/2.0) = 300/t_x$$

Όπου t_x ο χρόνος αντίδρασης σε λεπτά (Bogdanov et al., 1997).

Γενικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στις περισσότερες μεθοδολογίες: φασματοφωτόμετρο ορατού υπεριώδους (Shimadzu UV-1700 UV-VIS Spectrophotometer), εργαστηριακός ζυγός (Kern EMB 500-1), εργαστηριακός ζυγός ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών (Kern EMB 100-3), αυτόματος διαχειριστής σιφωνίων (Pipette controller pipet4u® Oasis 0.1-100 ml), υδατόλουτρο (Witeg Germany 11L), αυτόματη πιπέτα (BioPette Labnet (100- 1000 µl).

2.7 Στατιστική ανάλυση

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα στατιστικής SPSS Statistics 20, με το οποίο έγινε ανάλυση διασποράς ANOVA για τον προσδιορισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στις φυσικοχημικές παραμέτρους ανά βοτανικό τύπο. Στη συνέχεια έγινε έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων (Post – hoc) με το κριτήριο του Duncan για την ομαδοποίηση των παραμέτρων.

Σε δεύτερη φάση έγινε πολυμεταβλητή ανάλυση Comparison of Linear Discriminant Analysis (LDA), για την εύρεση συσχέτισης των μεταβλητών και την ανάπτυξη μοντέλων ομαδοποίησης των δειγμάτων. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται στη στατιστική για την εύρεση ενός γραμμικού συνδυασμού των χαρακτηριστικών που διαχωρίζουν δύο ή περισσότερες ομάδες αντικειμένων. Κατατάσσει τις παρατηρήσεις σε ομάδες, ενώ ταυτόχρονα προσδιορίζει και την πιθανότητα με την οποία γίνεται η κατάταξη αυτή, υπό την προϋπόθεση ότι τα δεδομένα ακολουθούν πολυμεταβλητή κανονική κατανομή και δεν υπάρχουν ακραίες τιμές (Παράσχου, 2019). Σκοπός της εφαρμογής, ήταν η διερεύνηση της πιθανότητας στατιστικού διαχωρισμού των μελιών στις κατηγορίες ανθέων- μελιτωμάτων, ανά βοτανική κατηγορία και γεωγραφικά, για τα δείγματα πεύκου και θυμαριού.

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

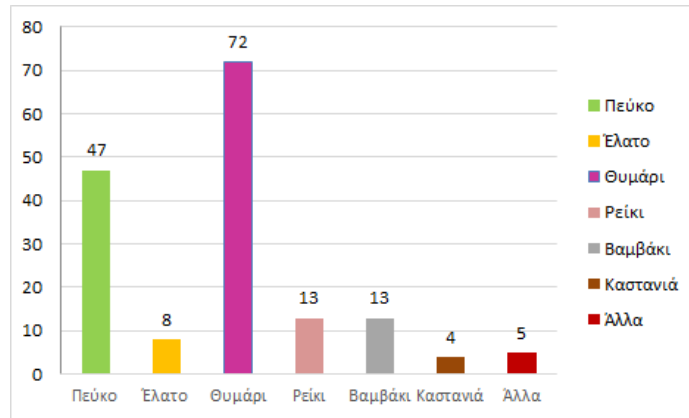
3.1 Γεωγραφική και βοτανική κατανομή

Τα 163 δείγματα μελιού που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη, προήλθαν από 71 διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας (Εικ. 3.1) (Πίν. 3.1). Κάθε μία κρίνεται χρήσιμο να συμμετέχει στη δημιουργία ενός χάρτη με τα φυσικοχημικά προφίλ των ελληνικών μελιών, προσθέτοντας το δικό της μοναδικό αποτύπωμα. Αυτό γιατί η Ελλάδα συνδυάζει πολυποίκιλα γεωγραφικά, κλιματολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά, σημαντική χλωριδική ποικιλομορφία, με ξεχωριστά ενδημικά είδη. Όλα αυτά, είναι στοιχεία που προσδίδουν στο μέλι ιδιαίτερα οργανοληπτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, ικανά να του δώσουν ταυτότητα.

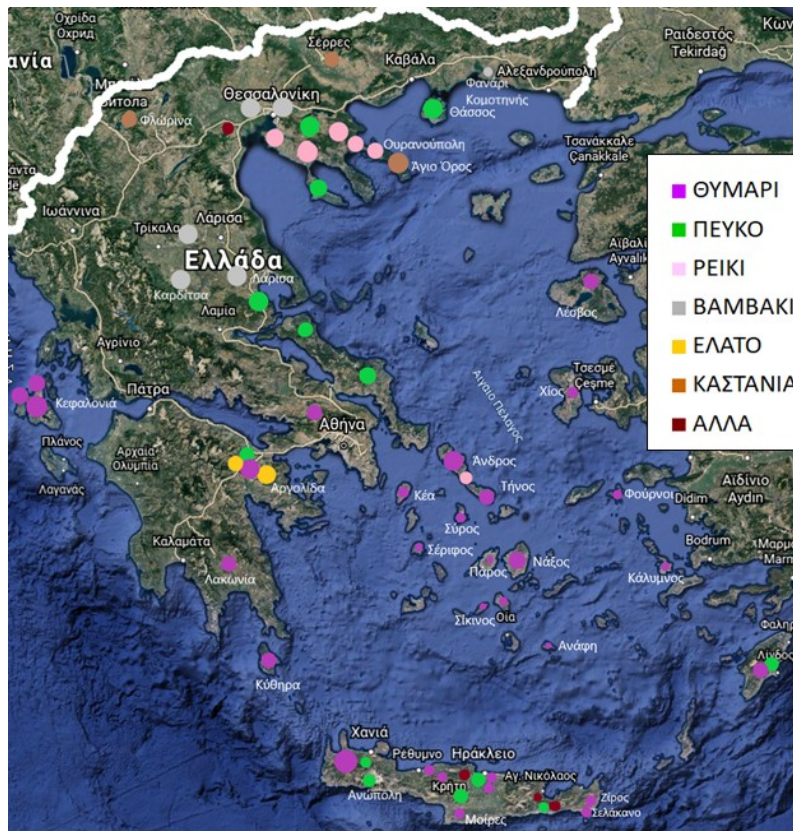
Πίνακας 3.1: Κατανομή μελετηθέντων μελιών, ανά γεωγραφικό διαμέρισμα συλλογής, ανά βοτανική προέλευση και αριθμός δειγμάτων ανά διαμέρισμα.

<u>Περιοχή συλλογής ανά γεωγραφικό διαμέρισμα</u>	<u>Βοτανική προέλευση</u>	<u>Αριθμός Δειγμάτων</u>
Θράκη	Βαμβάκι	1
Μακεδονία	Βαμβάκι, καστανιά, πεύκο, ρείκι, άλλα	43
Θεσσαλία	Βαμβάκι, πεύκο	9
Στερεά Ελλάδα	Θυμάρι, πεύκο	11
Πελοπόννησος	Έλατο, θυμάρι, πεύκο	11
Νησιά Ιονίου	Θυμάρι	9
Νησιά Αιγαίου	Θυμάρι, πεύκο, ρείκι	37
Κρήτη	Θυμάρι, πεύκο, άλλα	36

Τα δείγματα που εξετάστηκαν προήλθαν από 6 διαφορετικές βοτανικές πηγές που αντιπροσωπεύουν την ελληνική παραγωγή μελιού, ενώ θεωρήθηκε σημαντική η εκτίμηση των χαρακτηριστικών τους και η συσχέτιση μεταξύ τους. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν κατά φθίνουσα σειρά αριθμού δειγμάτων, μέλια από θυμάρι, πεύκο, ρείκι, βαμβάκι, έλατο, καστασιά και 5 μίγματα (πενκοθύμαρου, βελανιδιά-καστανιά, κρητικά βότανα) (Γράφ. 3.1).



Γράφημα 3.1: Αριθμητική κατανομή αναλυθέντων δειγμάτων ανά βοτανική πηγή.



Εικόνα 3.1: Χάρτης περιοχών γεωγραφικής και βοτανικής προέλευσης δειγμάτων μελιών που

μελετήθηκαν.

3.2 Σύγκριση φυσικοχημικών χαρακτηριστικών μελιών σύμφωνα με τη βοτανική προέλευση

Τα δείγματα που αναλύθηκαν ανήκαν σε 6 βοτανικές πηγές: Πεύκο, Έλατο, Θυμάρι, Ρείκι, Βαμβάκι και Καστανιά. Προκειμένου να επιχειρηθεί ο βοτανικός διαχωρισμός, αναλύθηκαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και έγινε επεξεργασία των δεδομένων. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι καμία μεμονωμένη παράμετρος δεν επαρκεί για να προσδιοριστεί η βοτανική προέλευση ενός δείγματος. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η στατιστική ανάλυση πολλαπλών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, ώστε να προκύψει έγκυρος βοτανικός χαρακτηρισμός. Οι μέσες τιμές φαίνονται στον Πίνακα 3.2. Επίσης τα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων παρουσιάζονται διεξοδικά στο πίνακες του Παραρτήματος Ι, ταξινομημένα ανά βοτανική προέλευση.

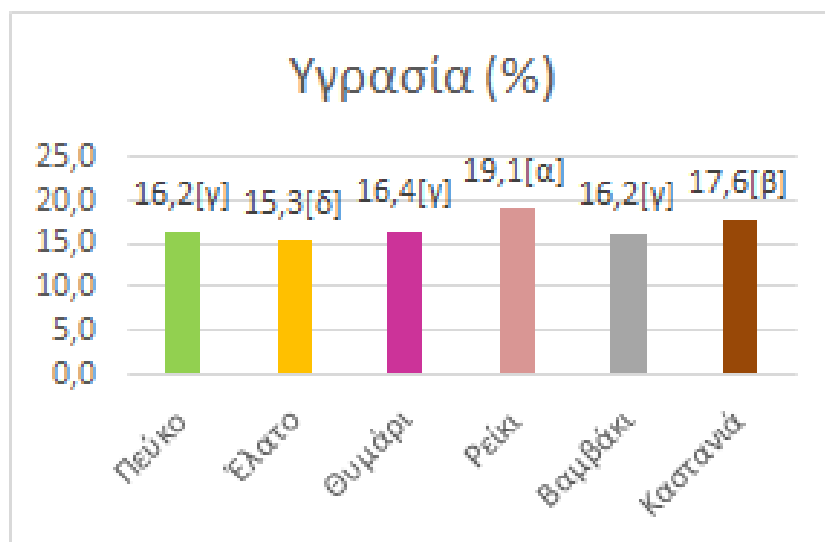
Πίνακας 3.2: Μέσος όρος και εύρος τιμών ανά φυσικοχημικό χαρακτηριστικό και ανά τύπο μελιού.

Βοτανικός τύπος μελιού	Υγρασία (%)	Αγωγιμότητα (mS/cm)	pH	Ελεύθερη οξύτητα (meq / Kg)	Χρώμα (mm Pfund)	HMF (mg / Kg)	Διαστάση (DN)
Πεύκο	16,2	1,02	4,6	27,1	91,2	1,6	18,9
	(14 έως 18)	(0,53 έως 1,44)	(4 έως 5)	(13 έως 51)	(42 έως 150)	(0 έως 9,4)	(2,4 έως 37,3)
Έλατο	15,3	1,09	4,7	31,6	75	1,7	30,1
	(14,4 έως 16,1)	(0,75 έως 1,43)	(4,3 έως 5)	(20 έως 60)	(56 έως 103)	(0,49 έως 4)	(20,2 έως 39,4)
Θυμάρι	16,4	0,42	4	26,2	65,6	11,6	21,9
	(15 έως 18,7)	(0,2 έως 1,04)	(3,6 έως 4,7)	(9 έως 60)	(35 έως 137)	(0 έως 44,9)	(7 έως 37)
Ρείκι	19,1	0,78	4,2	27,6	129,7	1,8	14,8
	(16,6 έως 22)	(0,5 έως 1,1)	(4 έως 4,5)	(10 έως 50)	(49 έως 150)	(0 έως 6,5)	(7,3 έως 23,9)
Βαμβάκι	16,2	0,64	3,9	35,6	125,6	8,1	18,6
	(15 έως 18)	(0,4 έως 1,1)	(3,6 έως 4,3)	(21 έως 67)	(68 έως 150)	(2,3 έως 17,7)	(9,8 έως 24,9)
Καστανιά	17,6	1,74	5,8	18,4	112,4	0	27,7
	(16,9 έως 18,3)	(0,9 έως 2,3)	(4,6 έως 6,7)	(10 έως 30)	(106 έως 119)	-	(17,3 έως 38,5)
Γενικός μέσος όρος	16,4	0,70	4,2	27,5	85,1	6,63	21,52

3.2.1 Υγρασία

Η υγρασία του μελιού είναι ένα σημαντικό κριτήριο ποιότητας, που υπολογίζεται κατά κόρον. Αυτό γιατί σε αυξημένα επίπεδα, ελλοχεύει ο κίνδυνος υποβάθμισης λόγω ζύμωσης. Η ζύμωση προκαλείται από την ωσμωτική δράση των ζυμομυκήτων στα σάκχαρα, γλυκόζη και φρουκτόζη, με αποτέλεσμα το σχηματισμό αιθυλικής αλκοόλης και διοξειδίου του άνθρακα. Η αλκοόλη παρουσία οξυγόνου μπορεί να διασπαστεί σε οξικό οξύ και νερό, με αποτέλεσμα το μέλι που έχει υποστεί ζύμωση να αποκτά ξινή γεύση. Η υγρασία, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την πρόληψη ή τον περιορισμό της ανάπτυξης μικροβίων ενώ σε πολλές περιπτώσεις είναι η κύρια παράμετρος που ευθύνεται για τη σταθερότητα των τροφίμων και τη ρύθμιση της μικροβιακής δραστηριότητας (Chirife et al., 2006). Είναι σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι η υγρασία διαφοροποιείται σύμφωνα με τη βοτανική προέλευση, καθώς έχει φανεί ότι τα μέλια μελιτωμάτων παρουσιάζουν ελαφρός μικρότερα ποσοστά σε σχέση με τα μέλια ανθέων (Βλ. Παρ. 3.3.1). Επίσης το περιβάλλον αποθήκευσης του προϊόντος, παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς το μέλι έχει υγροσκοπικό χαρακτήρα. Συγκεκριμένα η φρουκτόζη μπορεί να απορροφήσει ευκολότερα νερό από την ατμόσφαιρα, συγκριτικά με τα υπόλοιπα σάκχαρα. Συνεπώς μέλια με υψηλή περιεκτικότητα σε φρουκτόζη είναι πιθανότερο να εμφανίσουν μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας.

Όπως φαίνεται στο Γράφημα 3.2, το μέλι από ρείκι έχει το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας που φτάνει το 19,1%. Στα δείγματα ερείκης που συμμετείχαν στην ανάλυση, σημειώθηκαν ποσοστά υγρασίας έως και 22%, ενώ η τυπική απόκλιση κυμαίνεται στο $\pm 1,5\%$. Η μικρότερη υγρασία παρουσιάζεται στο μέλι από έλατο με ποσοστό 15,3% και τυπική απόκλιση $\pm 0,6\%$. Τα δείγματα από βαμβάκι, θυμάρι και πεύκο παρουσιάζουν αντίστοιχα ποσοστά υγρασίας που κυμαίνονται στο 16,2%-16,4%, ενώ ομαδοποιούνται μαζί, παρόλο που το πεύκο προέρχεται από μελίτωμα και τα άλλα από νέκταρ.



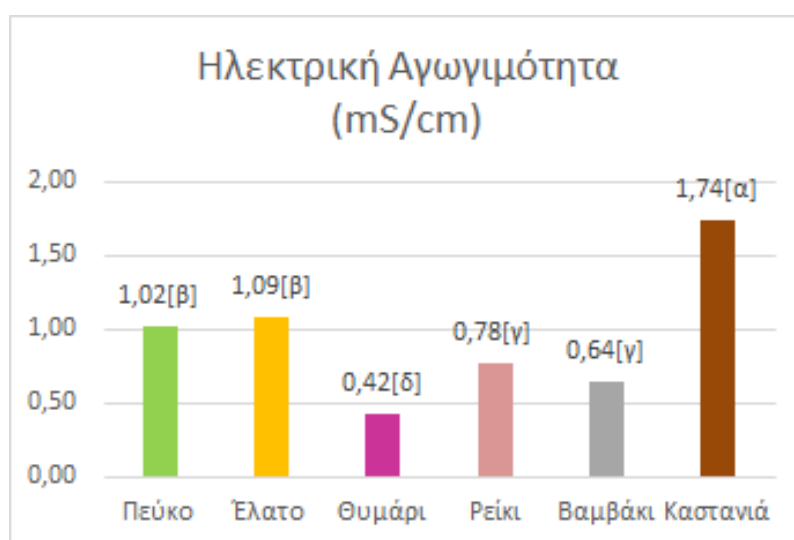
Γράφημα 3.2: Μέσες τιμές ποσοστού υγρασίας ανά τύπο μελιού.

Η αυξημένη υγρασία στα δείγματα από ρείκι μπορεί να ερμηνευθεί φυσιολογικά λόγω της μεγάλης υγροσκοπικότητας του συγκεκριμένου τύπου μελιού, επίσης οφείλεται εν μέρει στην εποχή συγκομιδής του. Οι μέλισσες συλλέγουν το νέκταρ τέλη Φθινοπώρου – αρχές Χειμώνα. Οι χαμηλές θερμοκρασίες και η προετοιμασία των μελισσών για τον χειμώνα έχουν ως αποτέλεσμα να μην επεξεργάζονται το μέλι τόσο πολύ και να μην το συμπυκνώνουν όσο τα καλοκαιρινά μέλια. Σε ότι αφορά τα μέλια μελιτωμάτων, αυτά έχουν χαμηλή υγρασία εξαιτίας του γεγονότος ότι το μελίτωμα είναι πιο συμπυκνωμένο σε σχέση με το νέκταρ.

3.2.2 Αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με τη βοτανική προέλευση, αφού σχετίζεται με την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και ανόργανα ιόντα, με οργανικά οξέα, πρωτεΐνες και άλλα συστατικά όπως σάκχαρα, πολυόλες και κόκκους γύρης, που μπορούν να δράσουν ως ηλεκτρολύτες (De-Melo et al., 2018). Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε τέφρα έχει αντικατασταθεί από τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, κυρίως επειδή είναι πιο ευαίσθητη σε μικρές αλλαγές στα επίπεδα των μεταλλικών στοιχείων. Αν και συνδέεται έντονα με την τέφρα και τα ανόργανα άλατα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί επίσης να επηρεαστεί από την παρουσία ιόντων, οργανικών οξέων και πρωτεϊνών, γεγονός που μπορεί να δώσει μια πρώτη εικόνα για τη βοτανικής προέλευσης (Seraglio et al., 2019).

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τα μέλια μελιτωμάτων έχουν υψηλότερες τιμές σε σχέση με αυτά των ανθέων (βλ. παρ. 3.3.1). Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση του μελιού από άνθη καστανιάς που παρουσιάζει αρκετά υψηλές τιμές (Γράφ. 3.3), με μέσο όρο δειγμάτων τα 1,74 mS / cm και τυπική απόκλιση $\pm 0,58$. Παράλληλα, από τα 5 δείγματα καστανιάς που εξετάστηκαν, τα τρία από αυτά παρουσίασαν τιμές πάνω από 2 mS / cm. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το μέλι καστανιάς παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα μετάλλων όπως Fe, Zn, Al και Mn, γεγονός που θα μπορούσε να δικαιολογήσει σε ένα βαθμό της αυξημένη αγωγιμότητα (Kanbur et al., 2021). Εκτός αυτού η καστανιά μπορεί να δώσει νέκταρ αλλά και μελίτωμα, σε αυτή την περίπτωση η ύπαρξη μελιτώματος επιδρά σημαντικά στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα στην αγωγιμότητα. Αυξημένη αγωγιμότητα παρουσιάζεται στην περίπτωση των δειγμάτων από ρέικι (0,78 mS / cm με τυπική απόκλιση $\pm 0,2$), καθώς τα περισσότερα από αυτά ξεπερνούν το όριο των 0,8 mS / cm που υπάρχει για τα ανθόμελα. Παρά ταύτα υπάρχει ελαστικότητα από τη νομοθεσία για το συγκεκριμένο βοτανικό είδος, σχετικά με τα όρια της αγωγιμότητας που εφαρμόζονται, αφού έχει συμπεριληφθεί στις εξαιρέσεις των μελιών ανθέων που μπορεί να έχουν αγωγιμότητα μεγαλύτερη των 0,8 mS / cm. Το μέλι αυτό έχει αυξημένη περιεκτικότητα σε μέταλλα όπως K, Ca, Na κ.ά. (González-Miret et al., 2005).



Γράφημα 3.3: Μέσες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε mS/cm ανά τύπο μελιού.

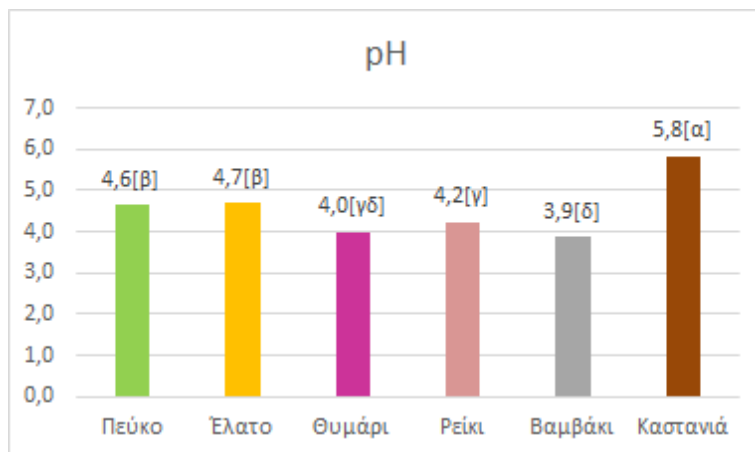
Τη μικρότερη τιμή αγωγιμότητας καταλαμβάνουν ανθόμελα και συγκεκριμένα

το θυμάρι, με μέσο όρο 0,42 και τυπική απόκλιση $\pm 0,16$ mS / cm. Ακολουθεί το βαμβάκι με 0,64 και τυπική απόκλιση $\pm 0,16$ mS / cm, και τέλος το ρέικι που ομαδοποιείται στατιστικά με το βαμβάκι. Από τα μέλια μελιτωμάτων το έλατο παρουσιάζει ελαφρά μεγαλύτερη αγωγιμότητα σε σχέση με το πεύκο και συγκεκριμένα μέσο όρο 1,09 με τυπική απόκλιση $\pm 0,23$ mS / cm, έναντι 1,02 με $\pm 0,25$ mS / cm του πεύκου αντίστοιχα, ενώ ομαδοποιούνται στην ίδια κατηγορία. Τα δείγματα πεύκου εμφάνισαν μειωμένη αγωγιμότητα από αυτή που ορίζει η νομοθεσία, πράγμα που συναντάται συχνά στο συγκεκριμένο είδος μελιού. Γενικά φαίνεται να υπάρχει κάποια συσχέτιση με το χρώμα και την αγωγιμότητα, καθώς όσο πιο σκούρο είναι το μέλι τόσο αυξημένη παρουσιάζεται και η τιμή της αγωγιμότητας, εκτός βέβαια από την περίπτωση του μελιού από ρέικι.

3.2.3 Τιμή pH

Τα οξέα του μελιού αντιστοιχούν στο 0,5% των συνολικών στερεών, ενώ συμμετέχουν στη γεύση, το άρωμα, το χρώμα και τη διατηρησιμότητά του, καθιστώντας δύσκολη την ανάπτυξη των μικροοργανισμών (An et al., 2020). Επίσης, παρέχουν στο προϊόν σημαντικές θρεπτικές ουσίες και φαρμακευτικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένων των αντιβακτηριδιακών, αντιοξειδωτικών και θεραπευτικών ιδιοτήτων σε τραύματα. Επομένως, η μελέτη της σύνθεσης των οργανικών οξέων στο μέλι έχει μεγάλη σημασία για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ οργανικών οξέων, διατροφικής και φαρμακευτικής αξίας. Κάποια οργανικά οξέα του μελιού προϋπάρχουν στο νέκταρ ή το μελίτωμα (κιτρικό, μηλικό και οξαλικό), αλλά η πλειοψηφία αυτών παράγονται από τα σάκχαρα του νέκταρος και του μελιτώματος, με τη δράση ενζύμων που εκκρίνονται από τις μέλισσες κατά την ωρίμανση και αποθήκευση (μυρμηκικό οξύ κ.ά.) (De-Melo et al., 2018). Συνεπώς τα οργανικά οξέα είναι σημαντικά ενεργά συστατικά στο μέλι, ενώ σχετίζονται στενά με τη βοτανική προέλευση και το μεταβολισμό των μελισσών (An et al., 2020).

Γενικά παρατηρείται, ότι οι τιμές pH στα μέλια ανθέων κυμαίνονται από 3,3 έως 4,6. Εξάιρεση αποτελεί το μέλι καστανιάς, όπου οι τιμές του pH κυμαίνονται από 5 έως και πάνω από 6.



Γράφημα 3.4: Μέσες τιμές pH ανά τύπο μελιού.

Συγκεκριμένα, τα δείγματα από καστανιά παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές pH, συγκριτικά με όλες τις άλλες βοτανικές πηγές, με μέσο όρο 5,8 και διακύμανση $\pm 0,9$. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τιμή σε ορισμένα δείγματα από καστανιά, ξεπέρασε τα γνωστά μέχρι σήμερα όρια, αφού καταγράφηκε pH έως 7. Ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά τα μελιτώματα, έλατο με μέσο όρο 4,7 και πεύκο με 4,6, ενώ και τα δύο παρουσίασαν μικρές διακυμάνσεις και ομαδοποιήθηκαν στην ίδια στατιστική κατηγορία. Στη συνέχεια βρίσκονται τα ανθόμελα από ρείκι με 4,2, θυμάρι με 4 και βαμβάκι με 3,9, ενώ και σε αυτή την περίπτωση η διακύμανση ήταν μικρή (έως $\pm 0,2$).

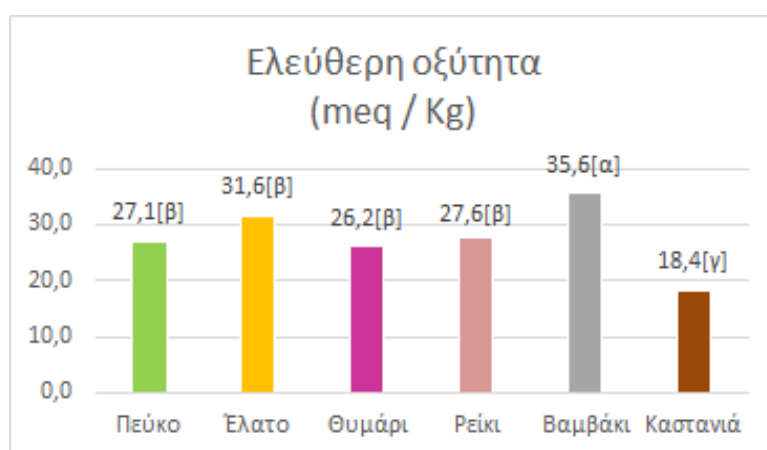
3.2.4 Ελεύθερη οξύτητα

Η ελεύθερη οξύτητα οφείλεται σε οργανικά οξέα (που βρίσκονται σε ισορροπία με τις λακτόνες τους), σε εστέρες και ανόργανα ιόντα, όπως φωσφορικά, χλωριούχα, θειικά και νιτρικά, τα οποία θα μπορούσαν να παράγουν τα αντίστοιχα οξέα τους. Οι τιμές της οξύτητας σχετίζεται με την πηγή του νέκταρος, τα είδη των μελισσών και τη δράση ενζύμων ή βακτηρίων (An et al., 2020). Αντίθετα, γνωρίζουμε ότι οι τιμές της οξύτητας δεν επηρεάζονται από εδαφικούς παράγοντες, αλλά σε μεγάλο βαθμό από το φυτικό είδος (Acquarone et al., 2017). Η συγκέντρωση μερικών οργανικών οξέων είναι μεγαλύτερη σε κάποια μέλια. Συγκεκριμένα, το θυμαρίσιο μέλι περιέχει μεγάλες ποσότητες κιτρικού οξέος, το μέλι καστανιάς μυρμηκικού, ενώ το ρείκι κινικού οξέος (De-Melo et al., 2018).

Η οξειδάση της γλυκόζης είναι ένα από τα κύρια ένζυμα του μελιού, ενώ προστίθεται από τις μέλισσες κατά την ωρίμανση και έχει σημαντική επιρροή στην

οξύτητα του (Karabagias et al., 2014). Συγκεκριμένα η οξειδάση της γλυκόζης αποικοδομεί τη γλυκόζη σε γλυκονολακτόνη, η οποία δίνει με τη σειρά της γλυκονικό οξύ (κύριο οργανικό οξύ του μελιού, που αντιπροσωπεύει το 70-90%), αυξάνοντας την οξύτητα μέσω της απελευθέρωσης μικρών ποσοτήτων υπεροξειδίου του υδρογόνου. Αυτή η αντίδραση είναι ταχύτερη σε ανώριμο μέλι με αυξημένη υγρασία, ειδικά κατά τη διάρκεια της αφύγρανσης μέσα στην κυψέλη, ενώ εμφανίζεται πιο αργή σε μέλια με χαμηλή υγρασία. Όταν το μέλι ωριμάσει, η περιεκτικότητα σε γλυκονικό οξύ μειώνει το pH, αναστέλλοντας έτσι την ενζυμική δράση. Αυτό το ένζυμο είναι ευαίσθητο στο φως, την ορατή ακτινοβολία (κυρίως από 425 έως 525 nm) και τη θερμική επεξεργασία, ενώ απενεργοποιείται στους 60°C. Η δράση του είναι περιορισμένη σε μέλια με μικρή περιεκτικότητα σε γλυκόζη (An et al., 2020).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα (Γράφ. 3.5), η μεγαλύτερη τιμή ελεύθερης οξύτητας καταγράφηκε στα δείγματα από βαμβάκι, με 35,6 meq / kg και διακύμανση $\pm 13,2$. Η τιμή αυτή είναι αναμενόμενη αφού τα δείγματα βαμβακιού παρουσίασαν τις μικρότερες τιμές pH. Αν και το βαμβάκι παρουσιάζει υψηλή ελεύθερη οξύτητα, λόγω της σημαντικής ποσότητας υπεροξειδίου του υδρογόνου που περιέχει από την οξείδωση της γλυκόζης, η αντιμικροβιακή του δράση, είναι περιορισμένη (Melliou & Chinou, 2011). Ακολουθεί το έλατο με 31,6, το ρείκι με 27,6, το πεύκο με 27,1 και το θυμάρι με 26,2 meq / kg, ενώ τα παραπάνω ομαδοποιούνται στατιστικά στην ίδια κατηγορία. Τέλος σημαντικά μικρότερη ελεύθερη οξύτητα, παρουσιάζει το μέλι από καστανιά με μέσο όρο 18,4 meq / kg.



Γράφημα 3.5: Μέσες τιμές ελεύθερης οξύτητας σε meq / kg ανά τύπο μελιού.

Σε γενικές γραμμές παρατηρούμε ότι οι τιμές της ελεύθερης οξύτητας είναι όπως αναμέναμε, αντιστρόφως ανάλογες από τις τιμές του pH, στα περισσότερα δείγματα. Όμως είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το pH του μελιού καμιά φορά μπορεί να μην σχετίζεται άμεσα με την οξύτητα, επειδή ορισμένα συστατικά του, έχουν ρυθμιστική ικανότητα, μεταξύ των οποίων άλατα και ορισμένες ανόργανες ενώσεις (De-Melo et al., 2018). Συνεπώς, δεν περιμένουμε να υπάρχει πάντα απόλυτη ταύτιση ανάμεσα στις τιμές pH και ελεύθερης οξύτητας μεταξύ των δειγμάτων.

3.2.5 Χρώμα

Το χρώμα κάθε μελιού οφείλεται σε χρωστικές ουσίες, όπως τα καροτενοειδή, οι ξανθοφύλλες, οι ανθοκυανίνες, οι πολυφαινόλες και τα φλαβονοειδή, τα οποία έχουν άμεση σχέση με τη βοτανική και γεωγραφική προέλευση του προϊόντος (De-Melo et al., 2018). Το χρώμα και η πυκνότητα, εξαρτώνται επίσης από την περιεκτικότητα σε νερό, σάκχαρα, αμινοξέα και [γύρη](#), ενώ οι συνθήκες ωρίμανσης και αποθήκευσης, μπορεί επίσης να έχουν επίδραση στην ένταση του χρώματος. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι το σκούρο μέλι έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή, αντιοξειδωτικές ουσίες (φαινόλες), δεξτρίνη, ανόργανα άλατα, μεγαλύτερη συγκέντρωση σε Cd, Fe και Pb συγκριτικά με το ανοιχτόχρωμο που υπερέχει σε Al και Mg (Al-Farsi et al., 2018). Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα παρατηρείται ότι, τα μέλια μελιτωμάτων εμφανίζουν γενικότερα πιο σκούρο χρώμα. Συνεπώς γίνεται αντιληπτό ότι η βοτανική και γεωγραφική προέλευση έχουν μεγάλο αντίκτυπο σε αυτό το χαρακτηριστικό, ενώ η εκτίμησή του μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά στον προσδιορισμό της προέλευσης (Karabagias et al., 2016)

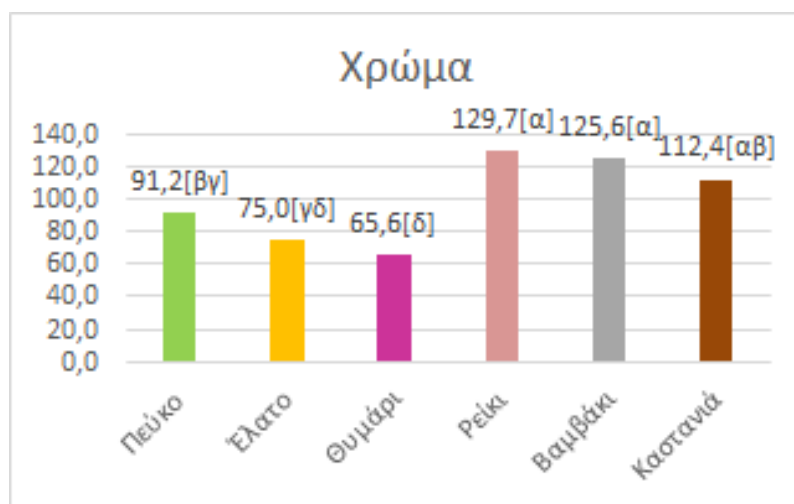
Η ένταση του χρώματος εκφράζεται σε τιμές της κλίμακας Pfund (mm) και συγκεκριμένα χαρακτηρίζεται χρωματικά ανά κατηγορία (Πίν 3.3). Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό εκτός των άλλων, φαίνεται να επηρεάζει το καταναλωτικό κοινό, αφού έχει φανεί ότι οι ευρωπαίοι προτιμούν περισσότερο τα σκουρόχρωμα μέλια, σε αντίθεση με τους αμερικανούς. Επίσης, αποτελεί σημαντικό παράγοντα, ο οποίος καθορίζει τις τιμές εισαγωγής και χονδρικής του προϊόντος ([Belay et al., 2015](#)).

Πίνακας 3.3: Ταξινόμηση μελιών σε χρωματική κατηγορία σύμφωνα με την τιμή απορρόφησης

σε κλίμακα Pfund.

Τιμή χρώματος σε κλίμακα Pfund (mm)	Χρωματικός χαρακτηρισμός
0-8	Water white
9-17	Extra white
18-34	White
35-55	Extra white amber
51-85	Light amber
86-114	Amber
115-150	Dark Amber

Στην περίπτωση των δειγμάτων που μελετήθηκαν, επαληθεύονται εν μέρη τα όσα ξέραμε αναφορικά με τη συσχέτιση χρώματος και βοτανικής προέλευσης (Γράφ. 3.6). Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα από πεύκο, έλατο και θυμάρι, συμφωνούν απόλυτα με τη βιβλιογραφία.



Γράφημα 3.6: Μέσες τιμές χρώματος (mm) σε κλίμακα Pfund ανά τύπο μελιού.

Παρατηρούνται αυξημένες τιμές χρώματος στα μέλια από μελιτώματα, με τις μεγαλύτερες να παρουσιάζονται στην περίπτωση των δειγμάτων πεύκου με 91,2 mm

και έλατου με 75 mm. Ακολουθούν τα δείγματα από θυμάρι όπου και παρουσιάζονται οι χαμηλότερες τιμές χρώματος, με μέσο όρο 65,6 mm. Σε αντίθεση έρχονται τα αποτελέσματα από τα υπόλοιπα δείγματα, τα οποία αν και προέρχονται από άνθη παρουσιάζουν αυξημένες τιμές χρώματος ακόμα και από αυτά των μελιτωμάτων. Ειδικότερα οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται στα δείγματα από ρείκι με μέσο όρο 129,7 mm, ακολουθούν τα δείγματα από βαμβάκι με 125,6 mm και από καστανιά με 112,4 mm. Από τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων (Post – hoc) με το κριτήριο του Duncan, προκύπτει ομαδοποίηση των δειγμάτων ρεικιού και βαμβακιού, αν και φαινομενικά διαφέρουν αρκετά. Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι η θολότητα του μελιού επηρεάζει την τιμή του χρώματος. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι τα δείγματα από βαμβάκι και ρείκι είναι σαφώς πιο ανοιχτόχρωμα και σημαντικά λιγότερο διαυγή, ιδιαίτερα το βαμβάκι, συγκριτικά με αυτά των μελιτωμάτων, όμως καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερες τιμές χρώματος στην κλίμακα Pfund. Αντίθετα, τα δείγματα καστανιάς είναι εμφανώς πιο σκούρα και διαυγή συγκριτικά με όλα υπόλοιπα. Συνεπώς αν και ανθόμελα, η τιμή του χρώματος μπορεί να δικαιολογηθεί αν λάβει κανείς υπόψη του και τα υπόλοιπα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, αφού γενικά εμφανίζουν χαρακτήρες μελιών μελιτωμάτων που σχετίζονται με αυξημένη περιεκτικότητα σε τέφρα, μειωμένο pH, αυξημένη ελεύθερη οξύτητα και αγωγιμότητα.

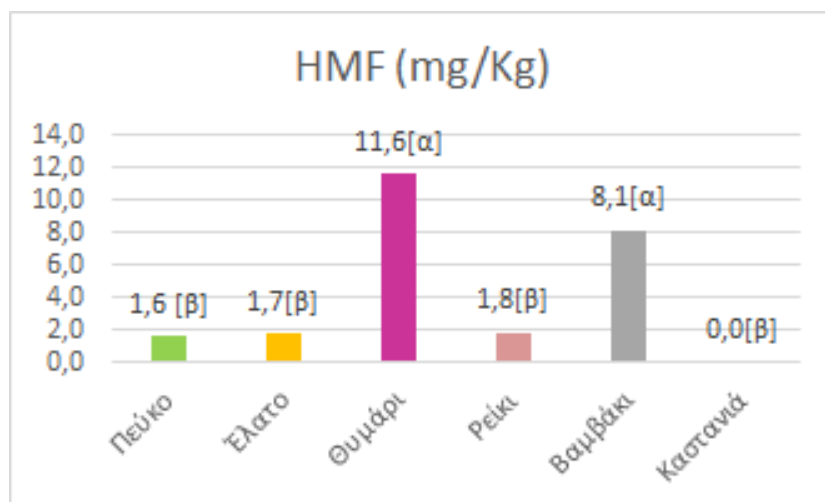
3.2.6 Υδροξυμεθυλοφουρουράλης (HMF)

Η φουρανική ένωση HMF, σχηματίζεται ως ενδιάμεσο προϊόν στην [αντίδραση Maillard](#) ([χημική αντίδραση](#) μεταξύ [αμινοξέων](#) και [αναγωγικών σακχάρων](#) που προκαλεί αμαύρωση) από την άμεση αφυδάτωση σακχάρων στις όξινες συνθήκες (καραμελοποίηση), κατά τη διάρκεια της θερμικής κατεργασίας (Μπόσκου, 2004). Η διάσπαση αυτή μπορεί να ξεκινήσει ακόμα και κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του νέκταρος στην κυψέλη, όταν η συγκέντρωση της φρουκτόζης και του οξέος είναι κατάλληλη. Όπως όλες οι χημικές αντιδράσεις, έτσι και αυτή επιταχύνεται σημαντικά με τη θέρμανση, για το λόγο αυτό η HMF παρουσιάζει αύξηση όταν το μέλι θερμανθεί ή προστεθεί σε αυτό ιμβερτοποιήμενη ζάχαρη (Pasias et al., 2017). Η HMF είναι πλέον πολύ γνωστός δείκτης για την παρακολούθηση των ποιοτικών μεταβολών στα τρόφιμα κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας ή/και των συνθηκών αποθήκευσης. Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι συγκαταλέγεται μεταξύ των ουσιών που ενέχουν κίνδυνο

κυτταροτοξικής, γονοτοξικής και μεταλλαξογόνου δραστηριότητας, ενώ ελλοχεύει κίνδυνος μετατροπής της σε 5-σουλφοξυμεθυλοφουρφουράλη (SMF), μια γονιδιοτοξική ένωση σε in vivo κατάσταση (Besir et al., 2020). Για τους παραπάνω λόγους ο υπολογισμός της ένωσης είναι ένα απαραίτητο στοιχείο που πρέπει να εκτιμάται πριν το προϊόν φτάσει στον καταναλωτή, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι η τιμή της είναι μέσα στα όρια που ορίζονται από τη νομοθεσία.

Σε μέλια με χαμηλό pH, υψηλή οξύτητα, υγρασία, σάκχαρα (κυρίως φρουκτόζη), αμινοξέα (όπως αλανίνη) και μέταλλα (όπως Mg, Mn, Fe και Zn), η HMF αυξάνεται περισσότερο (De-Melo et al., 2018). Παράλληλα, ο χρόνος, η θερμοκρασία επεξεργασίας και κυρίως η αποθήκευση του μελιού, αποτελούν εξίσου κρίσιμους παράγοντες αύξησης της ουσίας αυτής (Αλυσσανδράκης, 2016).

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προκύπτουν σημαντικές διαφορές στους μέσους όρους των συγκεντρώσεων της ένωσης, μεταξύ των έξι τύπων μελιών που εξετάστηκαν, ενώ όλα ήταν μέσα στα αποδεκτά όρια των 0 - 40 mg / kg πλην ενός δείγματος θυμαριού (Γράφ. 3.7).



Γράφημα 3.7: Μέσες τιμές (HMF) σε mg / kg ανά τύπο μελιού.

Συγκεκριμένα, η καστανιά παρουσιάζει μηδενικές συγκεντρώσεις HMF, σε όλα τα δείγματα που μετρήθηκαν. Το γεγονός αυτό μπορεί να συνδεθεί με τις αυξημένες τιμές pH που καταγράφηκαν από τις αναλύσεις, αφού οι αντίδραση Maillard λαμβάνει χώρα σε όξινο περιβάλλον. Το ίδιο ισχύει και για τα δείγματα από πεύκο και έλατο που παρουσιάζουν επίσης μικρές συγκεντρώσεις της ένωσης, με τιμές 1,6 και 1,7 mg / kg

αντίστοιχα.

Σε ότι αφορά τα ανθόμελα, ακολουθούν κατά αύξουσα σειρά, τα μέλια από ρείκι, που παρουσίασαν μέσο όρο συγκέντρωσης της ουσίας 1,8 mg / kg ($\pm 2,3$), αριθμός που δεν είναι αντικειμενικός, αφού τα περισσότερα δείγματα εμφάνισαν μηδενικές συγκεντρώσεις. Στη συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται ξανά σύνδεση με τις τιμές pH και οξύτητας όπως προηγουμένως, με τη διαφορά ότι στα δείγματα από ρείκι, τα ποσοστά υγρασίας είναι αυξημένα, γεγονός που λειτουργεί θετικά στη αύξηση της HMF, χαρακτηριστικό που δεν υπήρξε στα δείγματα καστανιάς, πεύκου και έλατου. Παρά ταύτα, τα δείγματα από ρείκι ομαδοποιήθηκαν στατιστικά, στην ίδια κατηγορία με την καστανιά, το πεύκο και το έλατο. Τα δείγματα από βαμβάκι καταλαμβάνουν τη δεύτερη μεγαλύτερη θέση στη συγκέντρωση της ένωσης, με μέσο όρο 8,1 mg / kg και σχετικά μεγάλη τυπική απόκλιση $\pm 5,8$ mg / kg, ενώ ομαδοποιούνται με τα θυμάρια. Όπως είδαμε το βαμβάκι παρουσίασε χαμηλές τιμές pH και υψηλές τιμές οξύτητας, στοιχεία που δικαιολογούν τις τιμές της ένωσης. Εκτός των άλλων τα μέλια από βαμβάκι και θυμάρια συλλέγονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την αύξηση της HMF. Τέλος οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν στην περίπτωση των δειγμάτων θυμαριού με μέσο όρο 11,6 mg / kg και τυπική απόκλιση $\pm 6,6$ mg / kg. Τα ανθόμελα παρουσιάζουν 10% μεγαλύτερη συγκέντρωση γλυκόζης, άρα είναι επιρρεπή στη δράση της οξειδάσης της γλυκόζης από την οποία παράγονται, H₂O₂ και γλυκονικό οξύ. Η διάσπαση αυτή εννοείται στο όξινο περιβάλλον ειδικά των ανθόμελων, με τις γνωστές συνέπειες αύξησης της HMF ([Pita-Calvo](#) and [Vázquez](#), 2017).

3.2.7 Ενεργότητα του ενζύμου διασάση

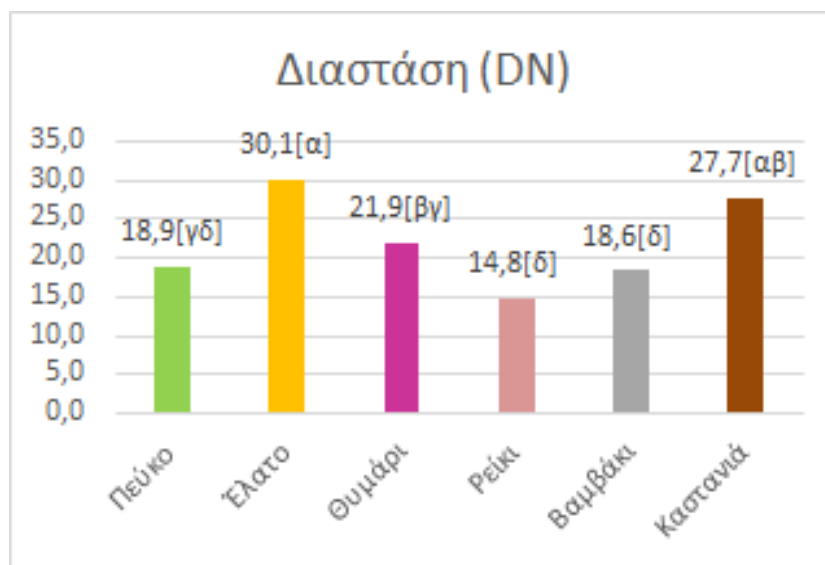
Τα ένζυμα είναι ουσίες πρωτεϊνικής φύσης με καταλυτική δράση, που μεταφέρουν ή προσθέτουν οι μέλισσες και δίνουν στο μέλι τη δυνατότητα να εξελίσσεται. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία (κυρίως > 40 °C), τόσο μεγαλύτερη είναι η υποβάθμισή τους. Κατά συνέπεια ο έλεγχος της δραστηριότητας των ενζύμων λειτουργεί σαν δείκτης ποιότητας (Bruneau, 2007).

Η διασάση ή αλλιώς αμυλάση, είναι ένα ένζυμο με ευαισθησία στη θέρμανση, ενώ η συγκέντρωσή του, καθορίζεται από τη νομοθεσία (>8 βαθμοί DN, με εξαίρεση την περίπτωση του μελιού από εσπεριδοειδή όπου το χαμηλότερο όριο είναι οι 3 βαθμοί

DN). Η διασάση υδρολύει το άμυλο και τις δεξτρίνες (ομάδες υδατανθράκων που προέρχονται από την μερική αποικοδόμηση - [υδρόλυση](#) του [αμύλου](#) ή του [γλυκογόνου](#)), με αποτέλεσμα μικρότερους υδατάνθρακες. Η λειτουργία της στο μέλι δεν είναι γνωστή λόγω του γεγονότος ότι το νέκταρ δεν διαθέτει άμυλο, αλλά πιθανόν συμμετέχει στην πέψη της γύρης από τις μέλισσες. Εκτός από τη ζωική του προέλευση (εκκρίσεις υποφαρυγγικών αδένων), βρίσκεται και στο νέκταρ ή το μελίτωμα που συλλέγουν οι μέλισσες. Για το λόγο αυτό, η ενεργότητα της διασάσης εξαρτάται επίσης από τη βοτανική προέλευση του μελιού (De-Melo et al., 2018).

Οι διαφορές της διασάσης στα μέλια μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με την ηλικία των μελισσών, τη φυσιολογική τους κατάσταση, την περίοδο συλλογής του νέκταρος ή του μελιτώματος, καθώς και την ποσότητα / αφθονία έκκρισής τους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός συλλογής, τόσο μικρότερη η περιεκτικότητα σε διασάση, καθώς οι μέλισσες δεν προλαβαίνουν να επεξεργαστούν το νέκταρ ή το μελίτωμα ώστε να προσθέσουν ένζυμα. Σημαντική επίδραση στη συγκέντρωσή της, υπάρχει επίσης και από την περιεκτικότητα του νέκταρος ή του μελιτώματος σε σάκχαρα. Αυτό γιατί σε υψηλή συγκέντρωση φυσικών σακχάρων η επεξεργασία που πρέπει να γίνει από τις μέλισσες, είναι μικρότερη και σε σύντομο χρόνο, οπότε η προσθήκη ενζύμων περιορίζεται ([Pasiás et al., 2017](#)). Ωστόσο, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη πληροφοριών ώστε να διευκρινιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια, ποιοι παράγοντες και πόσο επηρεάζουν τη δραστηριότητα της διάστασης, ειδικά των μελιών από μελιτώματα ([Seraglio et al., 2019](#)).

Οι τιμές της διασάσης που παρουσίασαν τα 163 μελετηθέντα δείγματα, ήταν όλες μεγαλύτερες από το κατώτατο αποδεκτό νομικά όριο, των 8 βαθμών DN, για τους συγκεκριμένους βοτανικούς τύπους (Γράφ. 3.8), πλην έξι δειγμάτων που παρουσίασαν χαμηλότερη δραστηριότητα, στα οποία θα γίνει αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις, η χαμηλή ενζυμική δράση είναι φυσιολογική, ενώ υπάρχει ανάλογη πρόβλεψη από τη νομοθεσία. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται περαιτέρω έλεγχος της τιμής HMF, η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά τα 15 mg / kg, όμως δεν υπάρχει σαφής καθορισμός των ειδών μελιού που παρουσιάζουν τέτοιες τιμές, πλην του μελιού πορτοκαλιάς (Τανανάκη κ.ά., 2014).



Γράφημα 3.8: Μέσες τιμές διαστάσης (DN) και ανά τύπο μελιού.

Μεγαλύτερη συγκέντρωση του ενζύμου εμφανίζεται στα δείγματα από έλατο με μέσο όρο 30,1 DN και τυπική απόκλιση ± 6 DN. Γενικά είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία, ότι το μέλι από έλατο παρουσιάζει υψηλές τιμές διαστάσης έως 56,6 DN (Rybak-Chmielewska et al., 2013). Το σύνολο των σακχάρων στο μέλι από έλατο δεν ξεπερνά το 75,3%. Επίσης όλα τα δείγματα από έλατο συλλέχθηκαν στις αρχές του καλοκαιριού, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπήρξε δράση υψηλών θερμοκρασιών σε κανένα από τα στάδια παραγωγής τους.

Η δεύτερη μεγαλύτερη συγκέντρωση του ενζύμου, εμφανίστηκε στα δείγματα καστανιάς, με μέσο όρο 27,7 βαθμούς DN, τιμή που συμφωνεί με τη βιβλιογραφία (Rodríguez-Flores et al., 2019). Η σακχαρόζη εντοπίζεται σε πολύ μικρές ποσότητες (0,003%) στο μέλι καστανιάς, όπως επίσης και τα συνολικά ζάχαρα γεγονός που παρατείνει το χρόνο επεξεργασίας των μελισσών. Και σε αυτή την περίπτωση τα δείγματα συλλέχθηκαν στις αρχές καλοκαιριού, οπότε περιορίστηκε η έκθεση σε αυξημένες θερμοκρασίες. Επιπρόσθετα η καστανιά παρουσιάζει μειωμένη ελεύθερη οξύτητα, γεγονός που λειτουργεί θετικά για τη δραστηριότητα της διαστάσης (Kanbur et al., 2021). Το πεύκο παρουσίασε δραστηριότητα 18,9 βαθμών DN, με τυπική απόκλιση $\pm 8,8$. Έχει αναφερθεί ότι όσο πιο γρήγορος είναι ο ρυθμός συλλογής μελιτωμάτων πεύκου από τις μέλισσες, τόσο μικρότερες εμφανίζονται οι τιμές διαστάσης (έως 4,4 DN). Αυτό συμβαίνει ακόμα και σε δυνατά μελίσσια με 14-19

πλαίσια. Το γεγονός αυτό δημιουργεί πρόβλημα στη διακίνηση του συγκεκριμένου είδους μελιού από τους μελισσοκόμους, καθώς μπορεί να καταγραφούν τιμές εκτός νομοθετικού πλαισίου, ενώ εκ των πραγμάτων η παραλλακτικότητα της διαστάσης έχει φυσικά αίτια (Τανανάκη κ.ά., 2014).

Ακολουθούν τα δείγματα θυμαριού με μέσο όρο δραστηριότητας 21,9 DN και τυπική απόκλιση $\pm 7,2$. Η τιμή αυτή ξεπερνά τις τιμές που έχουν αναφερθεί παλαιότερα στη βιβλιογραφία σχετικά με τα ελληνικά θυμαρίσια μέλια (18,9 DN), ενώ γενικά παρατηρούνται αρκετές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δειγμάτων (Tsigouri & Passaloglou-Katrali, 2000). Σε αντίθεση με τα προηγούμενα είδη, το μέλι θυμαριού συλλέγεται κατά τη διάρκεια ή / και μετά το πέρας του καλοκαιριού, συνεπώς αναμένεται μειωμένη δραστηριότητα του ενζύμου, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών.

Τα δείγματα από βαμβάκι ομαδοποιήθηκαν στατιστικά με το ρέικι, ενώ παρουσίασαν μειωμένη, αλλά εντός ορίων δραστηριότητα διαστάσης, με 18,6 DN και τυπική απόκλιση $\pm 4,5$. Η χαμηλή αυτή δραστηριότητα μπορεί να οφείλεται στην αρκετά υψηλή ελεύθερη οξύτητα που παρουσίασαν τα δείγματα (35,6 meq / kg), συνθήκη που λειτουργεί ανασταλτικά στη δραστηριότητα του ενζύμου. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι η συλλογή των δειγμάτων έγινε κατά την καλοκαιρινή περίοδο με τις γνωστές επιπτώσεις για το ένζυμο. Γενικά για τα ελληνικά δεδομένα έχει καταγραφεί μεγάλο εύρος τιμών διαστάσης για το βαμβάκι, από 19,5 έως 33,2 βαθμούς DN (Παναγιώτου κ.ά., 2004).

Τέλος, χαμηλότερη δραστηριότητα παρουσίασαν τα μέλια από ρέικι με 14,8 βαθμούς DN και τυπική απόκλιση $\pm 5,7$. Όλα τα αναλυθέντα δείγματα συλλέχθηκαν κατά τους φθινοπωρινούς μήνες, κατά τους οποίους το ρέικι αποτελεί κύρια πηγή νέκταρος, ενώ η ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας των σακχάρων από τις μέλισσες είναι σχετικά μικρή. Παρά ταύτα, η δραστηριότητα του ενζύμου από μελέτες άλλων μελιών ρεϊκού της μεσογείου, παρουσίασαν υψηλότερες τιμές που φτάνουν τους 21,2 βαθμούς DN (Rodríguez-Flores et al., 2019).

3.2.8 Δείγματα εκτός των ορίων της νομοθεσίας

Από τις αναλύσεις των δειγμάτων, προέκυψαν περιπτώσεις στις οποίες οι τιμές των παραμέτρων που ορίζονται νομοθετικά για υγρασία, αγωγιμότητα, ελεύθερη οξύτητα, HMF και διαστάση, τέθηκαν εκτός των ορίων σχετικά με τα μέλια που

προορίζονται για νωπή κατανάλωση (Πίν. 3.4). Οι τιμές αυτές συμπεριλήφθηκαν κανονικά στην παραπάνω στατιστική ανάλυση, καθώς ο σκοπός ήταν τα δείγματα να είναι αντιπροσωπευτικά των συνθηκών που επικρατούν στην ελληνικής αγορά μελιού.

Πίνακας 3.4: Πληθυσμός δειγμάτων εκτός ορίων της νομοθεσίας ανά τύπο μελιού.

Βοτανικός τύπος μελιού	Υγρασία (%)	Αγωγιμότητα (mS/cm)	Ελεύθερη οξύτητα (meq / Kg)	HMF (mg / Kg)	Διαστάση (DN)
Πεύκο	0	10	0	0	6
Έλατο	0	2	1	0	0
Θυμαρί	0	4	2	1	2
Ρείκι	0	0	0	0	1
Βαμβάκι	0	1	1	0	0
Καστανιά	0	1	0	0	0

Σχετικά με τα ποσοστά υγρασίας κανένα από τα δείγματα που μελετήθηκαν δεν ξεπέρασε το όριο του 20% (23% για το ρείκι), που ορίζει η ευρωπαϊκή ένωση. Δεν συνέβη το ίδιο στην περίπτωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, όπου παρουσιάστηκαν τιμές που ξεπερνούσαν τα ανώτερα αλλά και τα κατώτερα όρια. Συγκεκριμένα, υπερβάσεις παρουσιάστηκαν σε 4 δείγματα θυμαριού και 1 βαμβακιού όπου η αγωγιμότητα ξεπέρασε τα 0,6 και 0,8 mS / cm αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είναι πιθανό να υπήρξαν προσμίξεις από μελιτώματα. Τιμές αγωγιμότητας κάτω από τα κατώτερα όρια παρουσιάστηκαν σε 10 δείγματα πεύκου, 2 έλατου και 1 καστανιάς. Τα είδη αυτά πρέπει να έχουν τιμές αγωγιμότητας πάνω από 0,9, 1 και 1,1 mS / cm αντίστοιχα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί όμως, ότι οι τιμές των υπόλοιπων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Επίσης δεν αποκλείεται να υπάρχουν προσμίξεις από νέκταρ. Τα δείγματα από ρείκι, σε πολλές περιπτώσεις παρουσίασαν υψηλές τιμές αγωγιμότητας, όμως το βοτανικό αυτό είδος έχει εξαιρεθεί από το γενικό κανόνα των <0,8 mS / cm αγωγιμότητας που αφορά τα ανθόμελα. Ο παράγοντας αυτός δεν μπορεί πάντα να ελεγχθεί ή να προβλεφθεί από τους παραγωγούς όμως επηρεάζει τη μετέπειτα πορεία και διάθεση του προϊόντος.

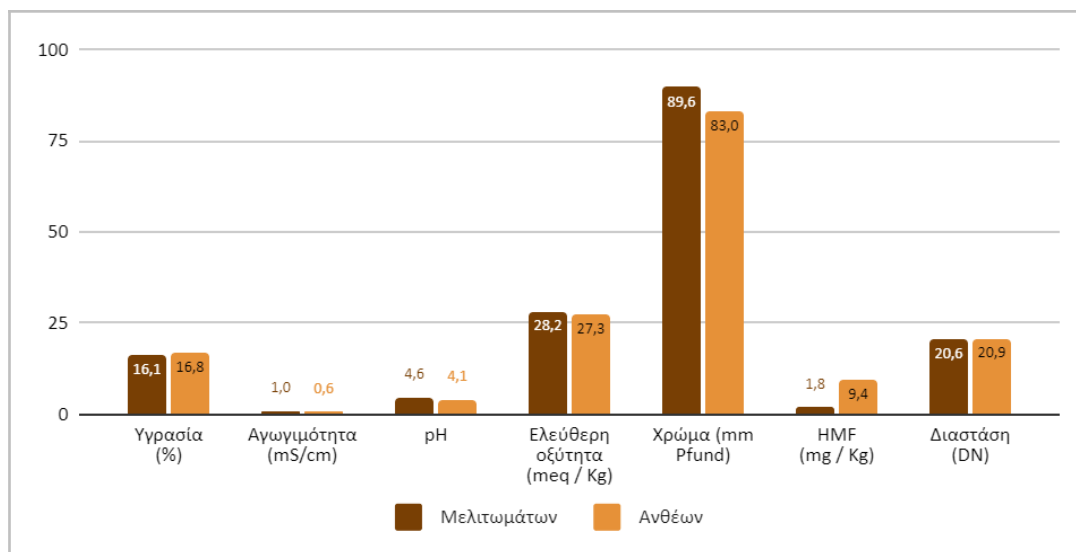
Αντίθετα οι επιτρεπτές τιμές ελεύθερης οξύτητας φτάνουν τα 50 meq / kg, όριο το οποίο ξεπέρασαν 2 δείγματα θυμαριού, 1 έλατου και 1 βαμβακιού. Το όριο των 40 mg / Kg της ένωσης HMF ξεπέρασε μόνο ένα δείγμα θυμαριού στο οποίο είναι πιθανό να υπέστη θέρμανση ή να είχε αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τέλος, μικρότερες από τις επιτρεπτές (8 DN), εμφανίζονται οι τιμές του ενζύμου της διαστάσης, σε 6 δείγματα πεύκου, 2 θυμαριού και 1 από ρείκι.

3.3 Σύγκριση φυσικοχημικών χαρακτηριστικών μελιών μελιτωμάτων- ανθέων

Από τα μελετηθέντα δείγματα, τα 58 από αυτά κατατάσσονται στην κατηγορία μελιών που προέρχονται από μελιτώματα. Σε αυτή συμπεριλήφθηκαν 5 μείγματα που αφορούσαν μείγμα πεύκο- θυμάρι (4 δείγματα) και βελανιδιά- καστανιά (1 δείγμα). Τα υπόλοιπα 105 προήλθαν από άνθη.

3.3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μελιών ανθέων και μελιτωμάτων

Οι τιμές του pH, της αγωγιμότητας, της υγρασίας και της HMF παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \leq 0,001$), σχετικά με τα υπόλοιπα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και βοηθούν τον διαχωρισμό μελιών νέκταρος από αυτά μελιτώματος. Γενικά βρέθηκε από τις αναλύσεις ότι τα μέλια μελιτωμάτων παρουσιάζουν μεγαλύτερη αγωγιμότητα και τιμές pH. Από την άλλη, τα ανθόμελα χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη υγρασία και συγκέντρωση της ένωσης HMF (Γράφ. 3.9).



Γράφημα 3.9: Σύγκριση φυσικοχημικού προφίλ μελιών ανθέων και μελιτωμάτων.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις συμφωνούν εν μέρει με τα μέχρι τώρα δεδομένα της βιβλιογραφίας, όπου αναφέρεται ότι το μέλι μελιτωμάτων γενικά χαρακτηρίζεται από υψηλότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, pH, οξύτητας και περιεκτικότητας σε τέφρα που κάνει πιο σκούρο το χρώμα, ενώ η υγρασία και η συγκέντρωση της διαστάσης δεν αποτελούν αξιόπιστα χαρακτηριστικά διάκρισης ([Pita-Calvo and Vázquez, 2017](#)).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένα κριτήριο που χρησιμοποιείται κατά κόρον για τη διάκριση μεταξύ του μελιού από μελίτωμα και του μελιού ανθέων. Η ευρωπαϊκή νομοθεσία (Οδηγία ΕΕ 110/2001), δηλώνει ότι το μέλι ανθέων και τα μείγματα αυτών πρέπει να έχουν τιμές $EC \leq 0,8 \text{ mS / cm}$, ενώ τα μέλια μελιτωμάτων, καστανιάς και μείγματα των μελιών αυτών $\geq 0,8 \text{ mS / cm}$ ([Pita-Calvo and Vázquez, 2017](#)). Το χρώμα είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος που συχνά σχετίζεται με τα πρότυπα κατανάλωσης και κατά συνέπεια χρησιμοποιείται στη διερεύνηση της ποιότητας του μελιού. Γενικά, τα μέλια μελιτωμάτων είναι πιο σκούρα από τα ανθέων, με εξαιρέσεις που σημειώνονται στην περίπτωση της καστανιάς και του ρεικιού, τα οποία προέρχονται από άνθη, παρά ταύτα εμφανίζουν σκούρο χρώμα. Το χρώμα εξαρτάται από το περιεχόμενο σε τέφρα, τη θερμοκρασία και το χρόνο αποθήκευσης, ενώ παράλληλα έχει βρεθεί συσχέτιση μεταξύ του χρώματος και της περιεκτικότητας σε ανόργανα άλατα. Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί αυξημένη συγκέντρωση μετάλλων As, Cd, Fe, S, Pb και Ca σε μέλια από

ρείκι και καστανιά, τα οποία έχουν σκουρότερο χρώμα (González-Miret et al., 2005).

Οι τιμές pH του μελιού συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 3,1 έως και πάνω από 6. Αυτό οφείλεται στην παρουσία οργανικών οξέων, ενώ σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία η ελεύθερη οξύτητα πρέπει να είναι ≤ 50 meq / kg. Παράλληλα, έχει φανεί ότι η ελεύθερη οξύτητα και το pH παίρνουν μεγαλύτερες τιμές στα μέλια που προέρχονται από μελίτωμα (Bentabol-Manzanares et al., 2011). Από την άλλη, η υγρασία δεν αποτελεί αξιόπιστο κριτήριο διαχωρισμού των μελιών, καθώς οι διαφορές μεταξύ των δύο τύπων δεν είναι σημαντικές. Μια μικρή διαφοροποίηση εντοπίζεται στα μέλια ανθέων που παρουσιάζουν συνήθως λίγο μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας σε σχέση με τα μέλια μελιτωμάτων. Ενώ, τέλος η HMF φαίνεται να έχει αυξημένες τιμές στα μέλια που προέρχονται από άνθη, αφού η δράση του ενζύμου οξειδάση της γλυκόζης είναι εντονότερη, πράγμα που ευνοεί την αύξησή της ([Pita-Calvo](#) and [Vázquez](#), 2017). Ταυτόχρονα, έχει βρεθεί ότι σε μέλια με χαμηλότερο pH αυξάνεται περισσότερο η HMF (Fallico et al., 2004).

3.3.2 Διαχωριστική ανάλυση δεδομένων για τη διάκριση μεταξύ μελιών ανθέων- μελιτωμάτων

Μετά από τον έλεγχο των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων, ακολούθησε γυρεοσκοπική ανάλυση, η οποία πραγματοποιήθηκε από το Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων. Από τη σύνδεση όλων των δεδομένων, έγινε ακριβής βοτανικός προσδιορισμός των μελιών. Σαν αποτέλεσμα, πολλά από τα δείγματα δεν κρίθηκαν αμιγή (μονοανθικά), οπότε εξαιρέθηκαν από την ακόλουθη στατιστική επεξεργασία. Για το στατιστικό έλεγχο διαχωρισμού ανθέων- μελιτωμάτων, χρησιμοποιήθηκαν 115 δείγματα, από τα οποία 40 από μέλι μελιτώματος και 75 από μέλι ανθέων, με στόχο, εκτός των άλλων, τον εντοπισμό των χαρακτηριστικών που συνεισφέρουν σημαντικά στη διαφοροποίηση. Εφαρμόστηκε πολυμεταβλητή ανάλυση, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των φυσικοχημικών αναλύσεων ως ανεξάρτητες μεταβλητές.

Όπως σε όλες τις πολυμεταβλητές μεθόδους, έτσι και στην διαχωριστική ανάλυση, υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται σχετικά με τα

δεδομένα. Μεταξύ άλλων θα πρέπει οι μεταβλητές να ακολουθούν κανονική κατανομή (Normality), ενώ ταυτόχρονα πρέπει να είναι ανεξάρτητες και ασυσχέτιστες μεταξύ τους (Correlation). Ο έλεγχος κανονικότητας των κατανομών των τιμών όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών, έγινε βάσει του στατιστικού ελέγχου των Kolmogorov-Smirnov, κατά τον οποίο ελέγχεται η υπόθεση κανονικότητας των δεδομένων (Πίν. 3.5). Για τον έλεγχο συσχέτισης μεταβλητών (Correlation), όσο πιο κοντά στο -1 ή στο 1 είναι οι τιμές, τόσο πιο πολύ συσχετισμένες είναι μεταξύ τους οι μεταβλητές, οπότε επιλέγεται μία από αυτές για τη διακριτική ανάλυση. Επίσης, όταν η τιμή του p-value είναι μικρότερη από 0,05, σημαίνει ότι υπάρχει συσχέτιση. Γενικά, και προκειμένου να θεωρηθεί ότι οι μεταβλητές δεν συσχετίζονται, πρέπει η συσχέτιση να είναι μεταξύ 0,3 και -0,3 και, ταυτόχρονα, $p > 0,05$ (Παράσχου, 2019).

Η διαστάση εμφάνισε $p > 0,05$, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει κανονικότητα στις τιμές οπότε ακολουθεί παραμετρικό τεστ συσχέτισης (Pearson), για τις υπόλοιπες μεταβλητές που δεν εμφανίζουν κανονικότητα ακολουθεί μη παραμετρικό τεστ (Spearman).

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα ελέγχου κανονικότητας των μεταβλητών με τον στατιστικό έλεγχο Kolmogorov-Smirnov.

Tests of Normality			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Υγρασία	,168	114	,000
Αγωγιμότητα	,173	114	,000
pH	,142	114	,000
Οξύτητα	,148	114	,000
Χρώμα	,109	114	,002
HMF	,163	114	,000
Διαστάση	,055	114	,200*

a. Lilliefors Significance Correction
 *. This is a lower bound of the true significance.

Σύμφωνα λοιπόν με το τεστ Pearson για τη διαστάση, προκύπτει ότι σχετίζεται οριακά με το χρώμα (Παράρτ. II, Πίν 2.1). Όμοια, για τον έλεγχο συσχέτισης για τις μεταβλητές με μη

κανονική κατανομή, εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό τεστ Spearman (Παράρτ. II, Πίν 2.2), από όπου προκύπτει ότι η οξύτητα και η HMF έχουν μεγάλη συσχέτιση με τις υπόλοιπες μεταβλητές. Συνεπώς, θα εξαιρεθούν από τη διαχωριστική ανάλυση.

Η διαχωριστική ανάλυση (discriminant analysis) εφαρμόστηκε μεταξύ των μεταβλητών υγρασία, pH, χρώμα, διαστάση και αγωγιμότητα. Από το τεστ Wilks' Lambda προκύπτει ότι η αγωγιμότητα και το pH είναι οι μεταβλητές που συνεισφέρουν

περισσότερο στον διαχωρισμό σε σχέση με τις υπόλοιπες (Πίν. 3.6). Συγκεκριμένα, όσο μικρότερο είναι το p-value τόσο ασφαλέστερο είναι το συμπέρασμα ότι η μεταβλητή αυτή είναι σημαντική, ενώ παράλληλα βοηθάει στον διαχωρισμό ή την ταξινόμηση.

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
Υγρασία	,944	6,621	1	112	,011
pH	,325	232,433	1	112	,000
Χρώμα	,987	1,452	1	112	,231
Διαστάση	,999	,136	1	112	,713
Αγωγιμότητα	,264	311,632	1	112	,000

Πίνακας 3.6: Δοκιμή Wilks' Lambda για τις 5 μεταβλητές που επιλέχθηκαν.

Εξετάζοντας τις ιδιοτιμές (eigenvalues), βλέπουμε ότι οι 5 μεταβλητές σχηματίζουν 1 συνάρτηση που εξηγεί το 100% της παραλλακτικότητας (Πίν. 3.7). Στη συνάρτηση συνεισφέρει περισσότερο η αγωγιμότητα, ενώ ακολουθούν με μικρότερη συνεισφορά, το pH, η υγρασία, το χρώμα και η διαστάση (Πίν. 3.8).

Πίνακας 3.7: Συναρτήσεις, ιδιοτιμές και ερμηνεία της παραλλακτικότητας

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	4,410 ^a	100,0	100,0	,903

a. First 1 canonical discriminant functions were used in the analysis.

	Function
	1
Υγρασία	-,386
pH	,392
Χρώμα	-,177
Διαστάση	,068
Αγωγιμότητα	,875

Πίνακας 3.8: Συνεισφορά των μεταβλητών στον διαχωρισμό μεταξύ μελιών ανθέων και μελιών μελιτωμάτων.

Από την τελική δοκιμή διαχωρισμού των μελιών στις κατηγορίες ανθέων και μελιτωμάτων, με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, το στατιστικό μοντέλο πέτυχε σωστή ομαδοποίηση στο 97.4% των αναλυθέντων δειγμάτων στις δύο κατηγορίες (Πίν. 3.9).

Το ποσοστό αυτό είναι πολύ υψηλό, όπως επίσης και το ποσοστό σωστού διαχωρισμού των δειγμάτων κατά τη διασταυρούμενη επικύρωση

(cross-validation), που φτάνει το 95,6%. Συνεπώς το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σχετική ασφάλεια για την πρόβλεψη της προέλευσης άγνωστων δειγμάτων.

Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα μοντέλου ομαδοποίησης 167 μελιών στις κατηγορίες ανθέων (1) και μελιτωμάτων (2).

Classification Results ^{b,c}					
	Τύπος	Predicted Group Membership		Total	
		1,00	2,00		
Original	Count	1,00	74	0	74
		2,00	3	37	40
	%	1,00	100,0	,0	100,0
		2,00	7,5	92,5	100,0
Cross-validated ^a	Count	1,00	72	2	74
		2,00	3	37	40
	%	1,00	97,3	2,7	100,0
		2,00	7,5	92,5	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.
b. 97,4% of original grouped cases correctly classified.
c. 95,6% of cross-validated grouped cases correctly classified.

3.3.3 Διαχωριστική ανάλυση δεδομένων για τη βοτανική διάκριση μελιών

Για το διαχωρισμό με βάση τη βοτανική προέλευση, επιλέχθηκαν 55 μέλια θυμαριού, 32 πεύκου, 10 από βαμβάκι, 10 από ρέικι και τέλος 8 από έλατο, τα οποία παρουσιάζουν τα τυπικά φυσικοχημικά και γυρεοσκοπικά χαρακτηριστικά για το εκάστοτε βοτανικό είδος.

Για τον έλεγχο της κατανομής των μεταβλητών έγινε τεστ κανονικότητας (Normality), από το οποίο προκύπτει ότι μόνο η διαστάση παρουσιάζει κανονική κατανομή ($p > 0,05$), άρα θα ακολουθήσει παραμετρικό τεστ συσχέτισης (Pearson). Για τις μεταβλητές υγρασία, αγωγιμότητα, pH, οξύτητα, χρώμα και HMF, που δεν εμφανίζουν κανονικότητα ($p < 0,05$), θα γίνει μη παραμετρικό τεστ συσχέτισης (Spearman) (Πίν. 3.10).

Tests of Normality			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Υγρασία	,168	114	,000
Αγωγιμότητα	,173	114	,000
pH	,142	114	,000
Οξύτητα	,148	114	,000
Χρώμα	,109	114	,002
HMF	,163	114	,000
Διαστάση	,055	114	,200*

a. Lilliefors Significance Correction
*. This is a lower bound of the true significance.

Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα ελέγχου κανονικότητας των μεταβλητών με τον στατιστικό έλεγχο Kolmogorov-Smirnov

Σύμφωνα με το τεστ του

Pearson, για τη διαστάση, η μόνη συσχέτιση που προκύπτει είναι με το χρώμα (Παράρτ. II, Πίν 2.3). Όμοια, από τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών με το μη παραμετρικό τεστ του Spearman, προκύπτει ότι το χρώμα σχετίζεται σημαντικά με, τη διαστάση, την αγωγιμότητα, την οξύτητα και την HMF (Παράρτ. II, Πίν 2.4). Συνεπώς, το χρώμα θα εξαιρεθεί από τη μετέπειτα διαδικασία.

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε διαχωριστική ανάλυση (discriminant analysis) μεταξύ των μεταβλητών υγρασία, αγωγιμότητα, pH, οξύτητα, HMF και διαστάση. Από το τεστ Wilks' Lambda προκύπτει ότι η οξύτητα, είναι η μεταβλητή που συνεισφέρει λιγότερο στο διαχωρισμό, καθώς είναι η μόνη που παρουσιάζει $p > 0,001$. Τη μεγαλύτερη συνεισφορά παρουσιάζει η αγωγιμότητα και το pH (Πίν. 3.11).

Πίνακας 3.11: Δοκιμή Wilks' Lambda για τις μεταβλητές που επιλέχθηκαν.

Tests of Equality of Group Means					
	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
Υγρασία	,545	22,775	4	109	,000
Αγωγιμότητα	,165	137,599	4	109	,000
pH	,293	65,855	4	109	,000
Οξύτητα	,929	2,084	4	109	,088
HMF	,523	24,885	4	109	,000
Διαστάση	,798	6,919	4	109	,000

Εξετάζοντας τις ιδιοτιμές, βλέπουμε ότι οι 6 μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν σχηματίζουν 4 συναρτήσεις προκειμένου να εξηγήσουν το 100% της παραλλακτικότητας. Η πρώτη συνάρτηση εξηγεί το 79,3 % (Πίν. 3.12), με την αγωγιμότητα και το pH να συνεισφέρουν περισσότερο σε αυτήν (Πίν. 3.13), ενώ ακολουθεί η υγρασία και η HMF με μικρότερη συμμετοχή για τη δεύτερη συνάρτηση που εξηγεί το 16%.

Eigenvalues				
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	5,974 ^a	79,3	79,3	,926
2	1,208 ^a	16,0	95,3	,740
3	,289 ^a	3,8	99,2	,474
4	,062 ^a	,8	100,0	,241

a. First 4 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Πίνακας 3.12: Συναρτήσεις, ιδιοτιμές και ερμηνεία της παραλλακτικότητας.

Πίνακας 3.13: Συνεισφορά των μεταβλητών στον βοτανικό διαχωρισμό μεταξύ των δειγμάτων.

Από την τελική δοκιμή για τον βοτανικό διαχωρισμό των

	Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients			
	Function			
	1	2	3	4
Υγρασία	-,036	-,843	,470	,229
Αγωγιμότητα	,750	,100	-,405	,000
pH	,406	,107	,952	-,163
Οξύτητα	,155	,038	-,059	,468
HMF	-,131	,448	,481	-,314
Διαστάση	-,139	,562	,422	,665

δειγμάτων σε θυμάρια, πεύκα, βαμβάκια, ρείκια και έλατα, το στατιστικό μοντέλο πέτυχε σωστή ομαδοποίηση στο 89,5 % των αναλυθέντων μελιών. Ικανοποιητικό ήταν και το ποσοστό σωστού διαχωρισμού των δειγμάτων κατά τη διασταυρούμενη επικύρωση (cross-validation), φτάνοντας στο 83,3% (Πίν. 3.14 & Γράφ. 3.10). Οι μικρές αστοχίες που παρουσιάζονται στο μοντέλο μεταξύ των δειγμάτων, θυμάρια-βαμβάκι, ρείκι- βαμβάκι και πεύκο- έλατο, μπορούν να ερμηνευθούν. Συγκεκριμένα, το θυμάρια με το βαμβάκι παρουσιάζουν ομοιότητες στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, οι οποίες σχετίζονται με την αγωγιμότητα και την υγρασία, ενώ και τα δύο είναι μέλια που παράγονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τέλος οι μεγαλύτερες αστοχίες του μοντέλου κατά την ομαδοποίηση, εμφανίζονται μεταξύ των δειγμάτων πεύκου και έλατου, αφού 3 από τα 8 δείγματα μελιού από έλατο κατηγοριοποιήθηκαν ως πευκόμελα. Αυτό συμβαίνει γιατί και τα δύο είδη προέρχονται από μελιτώματα, συνεπώς παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες στα χαρακτηριστικά τους. Στο Γράφημα 3.11 φαίνεται ότι τα μέλια μελιτωμάτων, πεύκο (2) και έλατο (5) βρίσκονται πολύ κοντά, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τα θυμάρια (1) και βαμβάκι (3).

Πίνακας 3.14: Αποτελέσματα μοντέλου ομαδοποίησης στις κατηγορίες θυμάρια (1), πεύκο (2), βαμβάκι (3), ρείκι (4) και έλατο (5).

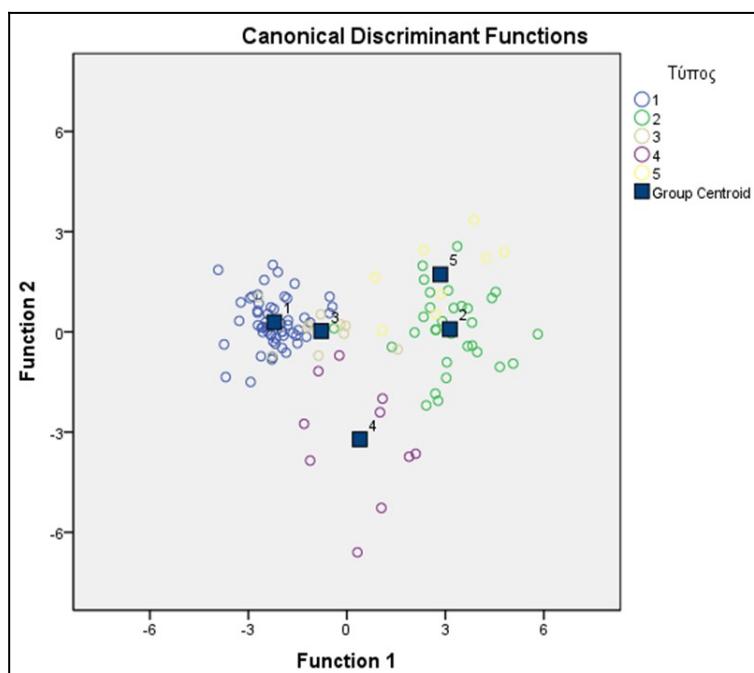
Classification Results^{b,c}

		Τύπος	Predicted Group Membership					Total
			1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	
Original	Count	1,00	54	0	0	0	0	54
		2,00	1	28	0	0	3	32
		3,00	3	0	7	0	0	10
		4,00	0	0	2	8	0	10
		5,00	0	3	0	0	5	8
	%	1,00	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		2,00	3,1	87,5	,0	,0	9,4	100,0
		3,00	30,0	,0	70,0	,0	,0	100,0
		4,00	,0	,0	20,0	80,0	,0	100,0
		5,00	,0	37,5	,0	,0	62,5	100,0
Cross-validated ^a	Count	1,00	53	0	1	0	0	54
		2,00	1	26	0	1	4	32
		3,00	4	0	6	0	0	10
		4,00	0	0	2	8	0	10
		5,00	0	5	1	0	2	8
	%	1,00	98,1	,0	1,9	,0	,0	100,0
		2,00	3,1	81,3	,0	3,1	12,5	100,0
		3,00	40,0	,0	60,0	,0	,0	100,0
		4,00	,0	,0	20,0	80,0	,0	100,0
		5,00	,0	62,5	12,5	,0	25,0	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 89,5% of original grouped cases correctly classified.

c. 83,3% of cross-validated grouped cases correctly classified.



Γράφημα 3.11: Ομαδοποίηση δειγμάτων μελιού στις βοτανικές κατηγορίες, θυμάρι (1), πεύκο (2), βαμβάκι (3), ρείκι (4) και έλατο (5).

3.4 Γεωγραφικός διαχωρισμός μελιών πεύκου και θυμαριού

Η διερεύνηση και ο προσδιορισμός της γεωγραφικής προέλευσης του μελιού έχει απασχολήσει σημαντικά τα τελευταία χρόνια την επιστημονική κοινότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί μέλια από συγκεκριμένες περιοχές εμφανίζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και σε κάποιες περιπτώσεις υψηλότερη εμπορική αξία. Ο γεωγραφικός προσδιορισμός μελιών ίδιας βοτανικής προέλευσης, που συλλέγονται από διαφορετικές περιοχές, είναι σημαντικός για την προστασία της ταυτότητας, καθώς επίσης και για την προστασία των καταναλωτών και των μελισσοκόμων. Επίσης, συμβάλλει στην ανάδειξη ιδιαίτερων τοπικών χαρακτηριστικών, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην ένταξή τους στη νομοθεσία Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (Π.Ο.Π.) ή Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (Π.Γ.Ε.), προστατεύοντας το ελληνικό μέλι από τον αθέμιτο ανταγωνισμό (Καραμπουρνιώτη, 2008).

3.4.1 Μελέτη της περίπτωσης του πεύκου

Χρησιμοποιήθηκαν 27 αμιγή μέλια πεύκου, τα οποία ταξινομήθηκαν γεωγραφικά σε 4 περιοχές, τη Θάσο με 12 δείγματα, τη Χαλκιδική με 3, την Εύβοια με 7 και την Κρήτη με 5 δείγματα. Για το διαχωρισμό των πευκόμελων ως προς τη γεωγραφική προέλευση, πραγματοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των φυσικοχημικών αναλύσεων ως ανεξάρτητες μεταβλητές.

Κατά τον έλεγχο κανονικότητας, εντοπίστηκε μη κανονική κατανομή στην οξύτητα και την HMF, οπότε ακολουθεί μη παραμετρικός έλεγχος συσχέτισης (Spearman). Για τις υπόλοιπες μεταβλητές όπου το $p > 0,05$, υπάρχει κανονικότητα, οπότε ακολουθεί παραμετρικό τεστ συσχέτισης (Pearson). Είναι σημαντικό να αναφερθεί το γεγονός ότι, οι δύο μεταβλητές που δεν εμφανίζουν κανονικότητα, συνδέονται άμεσα με μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, γεγονός που μπορεί να διαστρεβλώσει το αποτέλεσμα της στατιστικής επεξεργασίας (Πίν. 3.15).

Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα ελέγχου κανονικότητας των μεταβλητών με τον στατιστικό

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Υγρασία	,129	29	,200 [*]
Αγωγιμότητα	,079	29	,200 [*]
pH	,135	29	,189
Οξύτητα	,205	29	,003
Χρώμα	,127	29	,200 [*]
HMF	,231	29	,000
Διαστάση	,115	29	,200 [*]

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

έλεγχο Kolmogorov-Smirnov.

Από το έλεγχο του Pearson, προκύπτει ότι το pH σχετίζεται με 4 από τις 6 μεταβλητές, την υγρασία, το χρώμα, την οξύτητα και την αγωγιμότητα (Παράρτ. II, Πίν 2.5), συνεπώς δεν έχει νόημα να χρησιμοποιηθεί στη σύγκριση μεταξύ τους. Όμοια, από το μη παραμετρικό τεστ Spearman (Παράρτ. II, Πίν 2.6), προκύπτει ότι η οξύτητα και η HMF έχουν μεγάλη συσχέτιση με τις υπόλοιπες μεταβλητές. Συνεπώς, αυτές, μαζί με το pH, θα εξαιρεθούν από τη διαδικασία διαχωρισμού.

Η διαχωριστική ανάλυση εφαρμόστηκε μεταξύ των μεταβλητών υγρασία, αγωγιμότητα, χρώμα και διαστάση. Από το τεστ Wilks' Lambda προκύπτει ότι η διαστάση είναι η μεταβλητή που συνεισφέρει σημαντικά περισσότερο, στο διαχωρισμό, ενώ ακολουθούν με φθίνουσα σειρά, η υγρασία, η αγωγιμότητα και το χρώμα (Πίν. 3.16). Όσο μικρότερο είναι το p-value τόσο ασφαλέστερο είναι το συμπέρασμα ότι η μεταβλητή αυτή είναι σημαντική, ενώ παράλληλα βοηθάει στον διαχωρισμό ή την ταξινόμηση.

Tests of Equality of Group Means					
	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
Υγρασία	,871	1,232	3	25	,319
Αγωγιμότητα	,913	,791	3	25	,510
Χρώμα	,916	,763	3	25	,526
Διαστάση	,312	18,351	3	25	,000

Πίνακας 3.16: Δοκιμή Wilks' Lambda για τις μεταβλητές που επιλέχθηκαν.

Παρατηρώντας τις ιδιοτιμές, βλέπουμε ότι οι 4 μεταβλητές σχηματίζουν 3 συναρτήσεις προκειμένου να εξηγήσουν το 100% της παραλλακτικότητας. Η πρώτη συνάρτηση εξηγεί το 92,2% (Πίν. 3.17), με τη διαστάση να συνεισφέρει περισσότερο σε αυτήν (Πίν. 3.18).

Πίνακας 3.17: Συναρτήσεις, ιδιοτιμές και ερμηνεία της

Eigenvalues				
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	3,589 ^a	92,2	92,2	,884
2	,215 ^a	5,5	97,7	,420
3	,090 ^a	2,3	100,0	,287

a. First 3 canonical discriminant functions were used in the analysis.

παραλλακτικότητας.

Standardized Canonical Discriminant Function			
Coefficients			
	Function		
	1	2	3
Υγρασία	,534	,854	-,001
Αγωγιμότητα	,608	,565	,589
Χρώμα	-,249	-,235	1,011
Διαστάση	1,143	-,203	-,163

Πίνακας 3.18: Συνεισφορά των μεταβλητών στον στο γεωγραφικό διαχωρισμό.

Από την τελική δοκιμή γεωγραφικού διαχωρισμού των δειγμάτων στις 4 περιοχές, το

στατιστικό μοντέλο πέτυχε σωστή γεωγραφική ομαδοποίηση στο 79,3% των αναλυθέντων μελιών, στις περιοχές της Ευβοίας, Θάσου, Χαλκιδικής και Κρήτης (Πίν. 3.19 & Γράφ. 3.12). Το ποσοστό αυτό θεωρείται σημαντικό όταν τα δεδομένα προέρχονται μόνο από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και για τον περιορισμένο αριθμό δειγμάτων που ήταν διαθέσιμα. Επίσης, σημαντικό ήταν και το ποσοστό σωστού διαχωρισμού των δειγμάτων κατά τη διασταυρούμενη επικύρωση (cross-validation), φτάνοντας στο 75,9%.

Πίν. 3.19: Αποτελέσματα μοντέλου γεωγραφικής ομαδοποίησης των μελιών πεύκου σε 4 διαφορετικές περιοχές Εύβοια (1), Θάσος (2), Κρήτη (3) και Χαλκιδική (4).

Classification Results^{b,c}

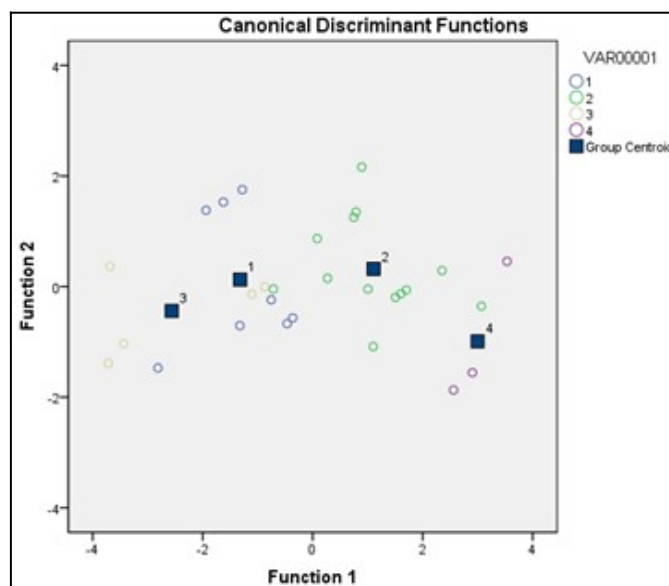
VAR00001		Predicted Group Membership				Total	
		1,00	2,00	3,00	4,00		
Original	Count	1,00	6	1	1	0	8
		2,00	1	11	0	1	13
		3,00	2	0	3	0	5
		4,00	0	0	0	3	3
	%	1,00	75,0	12,5	12,5	,0	100,0
		2,00	7,7	84,6	,0	7,7	100,0
		3,00	40,0	,0	60,0	,0	100,0
		4,00	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross-validated ^a	Count	1,00	6	1	1	0	8
		2,00	1	11	0	1	13
		3,00	1	1	3	0	5
		4,00	0	1	0	2	3
	%	1,00	75,0	12,5	12,5	,0	100,0
		2,00	7,7	84,6	,0	7,7	100,0
		3,00	20,0	20,0	60,0	,0	100,0
		4,00	,0	33,3	,0	66,7	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 79,3% of original grouped cases correctly classified.

c. 75,9% of cross-validated grouped cases correctly classified.

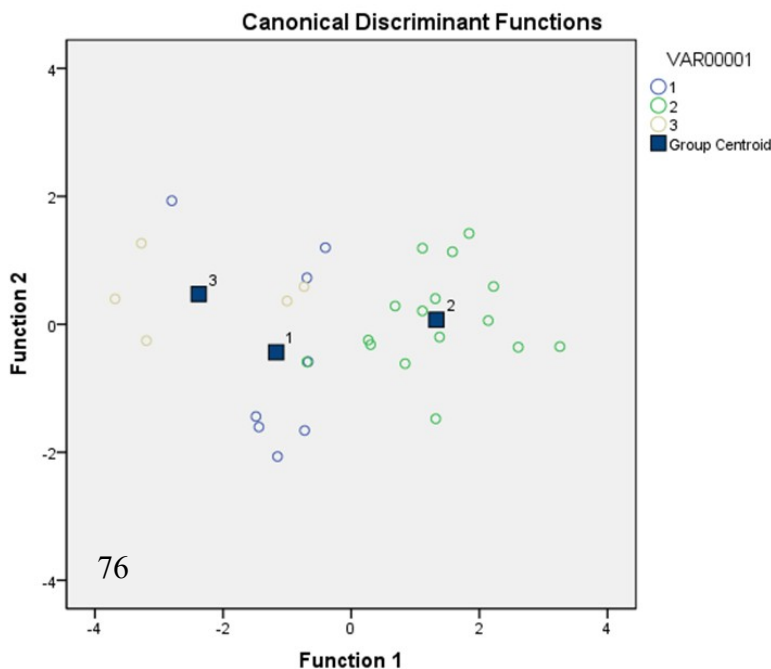
Γράφημα 3.12: Ομαδοποίηση δειγμάτων ανά γεωγραφική περιοχή, Εύβοια (1), Θάσος (2), Κρήτη (3) και Χαλκιδική (4).



Σε δεύτερη φάση έγινε ομαδοποίηση των δειγμάτων από τη Χαλκιδικής και Θάσο ως μία περιοχή αφού, όπως φαίνεται από την ανάλυση και το Γράφημα 3.11, υπάρχουν ομοιότητες οπότε και τα σημεία εμφανίζονται αρκετά κοντά. Το εγχείρημα αυτό, έχει στόχο το γεωγραφικό διαχωρισμό των δειγμάτων, αυτή τη φορά σε 3 περιοχές (Χαλκιδική- Θάσος, Εύβοια και Κρήτη). Σαν επακόλουθο έγινε η ίδια

στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, από την οποία διαπιστώνεται ότι η διαστάση είναι ξανά η πιο σημαντική παράμετρος διαχωρισμού (Παράρτ. ΙΙ, Πίν. 2.7). Σε σχέση με τις ιδιοτιμές, αυτή τη φορά έχουμε δύο συναρτήσεις που εξηγούν το 100% της παραλλακτικότητας, με την πρώτη να εξηγεί το 96,1% (Παράρτ. ΙΙ, Πίν. 2.8), ενώ η διαστάση συνεισφέρει περισσότερο σε αυτήν. Ακολουθεί η αγωγιμότητα, η υγρασία και το χρώμα με μικρότερη συμμετοχή (Παράρτ. ΙΙ, Πίν. 2.9). Τελικά το μοντέλο φαίνεται να επιτυγχάνει 82,8 % ομαδοποίηση των δειγμάτων, στις σωστές περιοχές όμοια και στη διασταυρούμενη επικύρωση (Πίν. 3.20 & Γράφ. 3.13), ελαφρώς καλύτερα από την προηγούμενη περίπτωση.

Πίν. 3.20: Αποτελέσματα μοντέλου γεωγραφικής ομαδοποίησης 27 μελιών πεύκου σε 3 διαφορετικές περιοχές Εύβοια (1), Χαλκιδική-Θάσος (2) και Κρήτη (3).



Γράφημα 3.13: Ομαδοποίηση δειγμάτων ανά γεωγραφική περιοχή, Εύβοια (1), Χαλκιδική-Θάσος (2) και Κρήτη (3).

Το πρωταρχικό μοντέλο πρόβλεψης που δημιουργήθηκε, χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς για τη γεωγραφική ταυτοποίηση δειγμάτων πευκόμελου των περιοχών που μελετήθηκαν και σύμφωνα με το διαθέσιμο πληθυσμό δειγμάτων. Αυτό συνιστά επίτευξη του κεντρικού στόχου της παρούσας διατριβής. Γενικότερα, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε θεωρούμε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής προέλευσης οποιωνδήποτε μελιών ίδιας βοτανικής προέλευσης σε μια χώρα. Είναι σημαντικό, όμως, να αναφερθεί ότι χρειάζεται μεγαλύτερος αριθμός δειγμάτων ώστε να δώσει σαφώς καλύτερη εικόνα και να συμβάλει πιο ενεργά στην ομαδοποίηση.

3.4.2 Μελέτη της περίπτωσης του θυμαριού

Για το γεωγραφικό διαχωρισμό χρησιμοποιήθηκαν 55 αμιγή μέλια θυμαριού, τα οποία ταξινομήθηκαν γεωγραφικά σε 4 περιοχές, Δωδεκάνησα, Κρήτη, Επτάνησα και Κυκλάδες. Από τον έλεγχο κανονικότητας των μεταβλητών, εντοπίστηκε μη κανονική κατανομή στην οξύτητα, το χρώμα και την HMF, ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές ακολουθούν κανονική κατανομή. Σύμφωνα με τον έλεγχο του Pearson για τις, προέκυψε ότι η αγωγιμότητα σχετίζεται σημαντικά με την οξύτητα, ενώ η διαστάση σχετίζεται με την υγρασία, την αγωγιμότητα και την HMF (Παράρτ. II, Πίν 2.10). Όμοια, από τον μη παραμετρικό έλεγχο του Spearman (Παράρτ. II, Πίν 2.11), προκύπτει ότι το pH, η οξύτητα και η HMF έχουν μεγάλη συσχέτιση με τις περισσότερες μεταβλητές.

Από την δοκιμή διαχωρισμού των δειγμάτων στις 4 περιοχές, το στατιστικό

μοντέλο πέτυχε σωστή γεωγραφική ομαδοποίηση μόνο στο 54% των δειγμάτων. Όμοια μικρό ποσοστό διαχωρισμού 42%, σημειώθηκε κατά τη διασταυρούμενη επικύρωση (cross-validation) (Πίν. 3.16). Τα μειωμένα ποσοστά που παρουσιάστηκαν οφείλονται στη μεγάλη συσχέτιση που εμφανίζουν οι μεταβλητές μεταξύ τους και στο μικρό αριθμό δειγμάτων που εισήχθησαν στο μοντέλο. Συνεπώς η συγκεκριμένη διαδικασία υπό αυτές τις συνθήκες, δεν μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα γεωγραφικού διαχωρισμού για τα μέλια θυμαριού.

Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα μοντέλου γεωγραφικής ομαδοποίησης 55 μελιών θυμαριού, σε 4 διαφορετικές περιοχές Δωδεκάνησα (1), Κρήτη (2), Επτάνησα (3) και Κυκλάδες (4).

Classification Results ^{b,c}							
ΠΕΡΙΟΧΗ			Predicted Group Membership				Total
			1,00	2,00	3,00	4,00	
Original	Count	1,00	0	0	1	4	5
		2,00	0	2	2	4	8
		3,00	0	0	10	7	17
		4,00	0	2	3	15	20
	%	1,00	,0	,0	20,0	80,0	100,0
		2,00	,0	25,0	25,0	50,0	100,0
		3,00	,0	,0	58,8	41,2	100,0
		4,00	,0	10,0	15,0	75,0	100,0
Cross-validated ^a	Count	1,00	0	0	1	4	5
		2,00	1	0	3	4	8
		3,00	1	1	7	8	17
		4,00	0	2	4	14	20
	%	1,00	,0	,0	20,0	80,0	100,0
		2,00	12,5	,0	37,5	50,0	100,0
		3,00	5,9	5,9	41,2	47,1	100,0
		4,00	,0	10,0	20,0	70,0	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 54,0% of original grouped cases correctly classified.

c. 42,0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Τα βασικά συμπεράσματα, τα οποία προκύπτουν από την μελέτη και ανάλυση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών 163 δειγμάτων, 5 βοτανικών τύπων μελιών, από 71 περιοχές της Ελλάδας, όπως αυτή αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Το μέλι από ρείκι έχει το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας που φτάνει το 19,1%, ενώ η μικρότερη υγρασία παρουσιάζεται στο μέλι από έλατο με ποσοστό 15,3%. Τη μεγαλύτερη αγωγιμότητα εμφανίζουν τα μέλια καστανιάς με 1,74 mS / cm, ενώ οι μικρότερες τιμές καταγράφηκαν στα θυμάρια με 0,42 mS / cm. Συνολικά, 18 δείγματα είχαν αγωγιμότητα εκτός των ορίων της ελληνικής νομοθεσίας.
- Υψηλότερες τιμές pH εντοπίστηκαν στα δείγματα καστανιάς με μέσο όρο 5,8 και χαμηλότερες στα μέλια από βαμβάκι με 3,9. Η μεγαλύτερη τιμή ελεύθερης οξύτητας καταγράφηκε στα δείγματα από βαμβάκι, με 35,6 meq / kg, ενώ η μικρότερη εμφανίστηκε στα δείγματα καστανιάς με 18,4 meq / kg. Σε 4 δείγματα η οξύτητα ήταν εκτός ορίων της νομοθεσίας.
- Σχετικά με την ένταση του χρώματος, οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται στα δείγματα από ρείκι με 129,7 mm και οι μικρότερες στα θυμαρίσια με 65,6 mm της κλίμακας Pfund.
- Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της ένωσης HMF καταγράφηκαν στην περίπτωση των δειγμάτων θυμαριού με 11,6 mg / kg, αντίθετα η καστανιά εμφάνισε μηδενικές συγκεντρώσεις σε όλα τα δείγματα. Αυτό επιβεβαιώνει τις αναφορές ότι το χαμηλό pH ευνοεί τη δημιουργία της HMF.
- Υψηλότερη ενεργότητα του ενζύμου της διαστάσης εμφανίζεται στα δείγματα από έλατο με 30,1 DN, ενώ χαμηλότερη εμφανίστηκε σε μέλια από ρείκι με 14,8 βαθμούς DN. Τα δείγματα καστανιάς εμφάνισαν ως επί το πλείστον

χαρακτηριστικά, όμοια με μέλι μελιτώματος, σε ότι αφορά την αγωγιμότητα, το pH και το χρώμα.

- Σύμφωνα με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά 32 από τα 163 δείγματα που μελετήθηκαν συνολικά, δεν ταυτοποιήθηκαν βοτανικά στο είδος που είχαν δηλωθεί από τους μελισσοκόμους.
- Συγκρίνοντας τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μελιών ανθέων και μελιτωμάτων βρέθηκε ότι τα μέλια μελιτωμάτων παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές αγωγιμότητας, pH, ελεύθερης οξύτητας και πιο σκούρο χρώμα σε σχέση με τα μέλια ανθέων. Αντίθετα τα ανθόμελα εμφανίζουν μεγαλύτερη υγρασία, αυξημένη συγκέντρωση HMF και διαστάσης. Το μοντέλο διαχωρισμού μεταξύ των μελιών ανθέων και μελιτωμάτων προέβλεψε σωστά το 97,4% των δειγμάτων, ενώ το ποσοστό για τη διασταυρούμενη επικύρωση ήταν 95,6%. Η αγωγιμότητα και το pH συνεισφέρουν περισσότερο στον διαχωρισμό αυτό.
- Σχετικά με τον βοτανικό διαχωρισμό των μελιών, το μοντέλο προέβλεψε σωστά το 89,5% των δειγμάτων, ενώ το ποσοστό για τη διασταυρούμενη επικύρωση ήταν 83,3%. Και σε αυτή την περίπτωση, η αγωγιμότητα και το pH συνεισφέρουν περισσότερο στον διαχωρισμό αυτό.
- Η διαστάση συνεισφέρει σημαντικότερα στο μοντέλο γεωγραφικής διαφοροποίησης των πευκόμελων, ενώ ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά, η υγρασία, η αγωγιμότητα και το χρώμα. Επετεύχθη σημαντικό ποσοστό διαχωρισμού 79,3% για τις 4 περιοχές της Θάσου, Χαλκιδικής, Εύβοιας και Κρήτης, το οποίο αυξήθηκε στο 82,8% όταν τα δείγματα Θάσου και Χαλκιδικής ομαδοποιήθηκαν.
- Ο γεωγραφικός διαχωρισμός των μελιών θυμαριού από τις περιοχές Δωδεκάνησα, Κρήτη, Επτάνησα και Κυκλάδες, που δοκιμάστηκαν προέβλεψε σωστά την προέλευση μόλις του 54% επιτυχή, ποσοστό καθόλου ικανοποιητικό. Αυτό συνέβη γιατί παρουσιάστηκαν ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών και γιατί ο αριθμός των δειγμάτων ήταν περιορισμένος.
- Όσο μεγαλύτερο το πλήθος των δειγμάτων, τόσο περιορίζεται η συσχέτιση των μεταβλητών, ενώ αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας και η ορθότητα των αποτελεσμάτων. Συνεπώς, υπό αυτήν την προϋπόθεση τα

παραπάνω μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πρόβλεψη και γεωγραφικό διαχωρισμό άγνωστων μελιών.

Μελλοντικά θα ήταν χρήσιμο να μελετηθούν περισσότεροι παράμετροι φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, να επιτευχθεί απομόνωση DNA από μέλι, ώστε να εξασφαλίζεται γρήγορα και αξιόπιστα ορθός βοτανικός χαρακτηρισμός. Επίσης τα δεδομένα από φυσικοχημικές αναλύσεις θα μπορούσαν να συνδυαστούν με αυτά από άλλες αναλυτικές τεχνικές, όπως η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC), η υπέρυθη φασματοσκοπία (IR), η αέρια χρωματογραφία μάζας (GS-MS), η φασματοσκοπία Raman κ.ά., ώστε να δημιουργηθούν πιο αξιόπιστα μοντέλα πρόβλεψης της βοτανικής και γεωγραφικής προέλευσης των ελληνικών μελιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

- [Acquarone](#), C., [Buera](#), P. and [Elizalde](#), B. 2007. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. [Food Chemistry](#), [101\(2\)](#):695-703.
- [Aliferis](#), K., [Tarantilis](#), P., [Harizanis](#), P. and [Alissandrakis](#) E. 2010. Botanical discrimination and classification of honey samples applying gas chromatography/mass spectrometry fingerprinting of headspace volatile compounds. [Food Chemistry](#), [121\(3\)](#):856-862.
- [Alissandrakis](#), E., [Tarantilis](#), P., [Harizanis](#), P. and [Polissiou](#), M. 2007. Comparison of the Volatile Composition in Thyme Honeys from Several Origins in Greece. [Journal of Agriculture and Food Chemistry](#), [55\(20\)](#):8152–8157.
- [Al-Farsi](#), M., [Al-Amri](#), A., [Al-Hadhrami](#), A. and [Al-Belushi](#), S. 2018. Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey. [Heliyon](#), [4\(10\)](#):e00874.
- [Amariei](#), S., [Norocel](#), L. and [Scripcă](#), L. 2020. An innovative method for preventing honey crystallization. [Innovative Food Science & Emerging Technologies](#), [66](#):102481.
- [An](#), N., [Cai](#), W., [Zhu](#), Q., [Wang](#), W., [Hussain](#), D. and [Feng](#), Y. Metabolic profiling of organic acids in honey by stable isotope labeling assisted liquid chromatography-mass spectrometry. 2020. [Journal of Food Composition and Analysis](#), [87](#):103423.
- [Atanassova](#), J., [Lazarova](#), M. and [Yurukova](#), L. Significant parameters of Bulgarian honeydew honey. [Journal of Central European Agriculture](#), [17\(3\)](#): 640-651.
- [Belay](#), A., [Solomon](#), W., [Bultossa](#), G., [Adgaba](#), N. and [Melaku](#), S. 2015. Botanical origin, colour, granulation, and sensory properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia. [Food Chemistry](#), [167](#):213-219.
- [Bentabol-Manzanares](#), A., [Hernandez-Garcia](#), Z., [Rodriguez-Galdon](#), B., [Rodriguez-Rodriguez](#), E. and [Diaz-Romero](#), C. 2011. Differentiation of blossom and

honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition. *Food Chemistry*, 126(2):664-672.

[Besir](#), A., [Yazici](#), F., [Mortas](#)., M. and [Gul](#), O. 2020. A novel spectrophotometric method based on Seliwanoff test to determine 5-(Hydroxymethyl) furfural (HMF) in honey: Development, in house validation and application. *LWT- Food Science and Technology*, In press.

Bogdanov S., Martin P. and L  imann C. 1997. Harmonised methods of the European Honey Commission *Apidologie* (extra issue) 1:1-59.

[Chirife](#), J., [Clara](#) Zamora, M. and [Motto](#), A.2006. The correlation between water activity and % moisture in honey: Fundamental aspects and application to Argentine honeys. *Journal of Food Engineering*, 72(3):287-292.

De-Melo, A., Almeida-Muradian, L., Sancho, M. and Pascual-Mate, A. 2018. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1):5-37.

European Economic Community EEC Council directive of 20 December 2001 relating to honey. *Official Journal of the European Communities*, 110(2002): 47-50.

Fallico, B., Zappal  , M., Arena, E. and Verzera. A. 2004. Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85(2): 305-313.

FAOSTAT. 2020. Διαθέσιμο online στο: <http://www.fao.org/home/en>. [Πρόσβαση 14/11/2020].

[Ferreira](#), I., [Aires](#), E., [Barreira](#), J. and [Estevinho](#), L. 2009. Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, 14(4):1438-1443.

[Ghidotti](#), M., [Fiamegos](#), Y., [Dumitrascu](#), C and [Calle](#), M. 2020. Use of elemental profiles to verify geographical origin and botanical variety of Spanish honeys with a protected denomination of origin. *Food and Chemistry*, In Press.

González-Miret, M., Terrab, A., Hernanz, D., Fernández-Recamales, M. and Heredia. F. 2005. Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7):2574-2580.

Hung, K., [Kingston](#), J., [Albrecht](#), M., [Holway](#), D. and [Kohn](#), J. 2018. The worldwide

importance of honey bees as pollinators in natural habitats. Proceedings of the royal society B, 285:20172140.

[Jiang](#), M., [Zhu](#), W., [Ruan](#), S., [Jia](#), Y., [Bai](#), X. and [Sun](#), J. 2020. Effect of ultrasonic power and frequency on rheological properties of Chinese honey. LWT- Food Science and Technology, In Press.

[Kanbur](#), E., [Yukse](#), T., [Atamov](#), V. and [Ozcelik](#), A. 2021. A comparison of the physicochemical properties of chestnut and highland honey: The case of Senoz Valley in the Rize province of Turkey. [Food Chemistry](#), [345](#):128864.

[Karabagias](#), I., [Badeka](#), A., [Kontakos](#), S., [Karabournioti](#), S. and [Kontominas](#), M. 2014. Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. [Food Chemistry](#), 146:548-557.

Karabagias, I., Dimitriou, E., Kontakos, S. and Kontominas M. 2016. Phenolic profile, colour intensity, and radical scavenging activity of Greek unifloral honeys. [European Food Research and Technology](#), 242:1201–1210.

[Lazarević](#), K., [Andrić](#), F., [Trifković](#), J., [Tešić](#), Ž. and [Milojković-Opsenica](#), D. 2012. Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. [Food Chemistry](#), [132\(4\)](#):2060-2064.

Li, Y., Huang, Y., Xia, J., Xiong, Y. and Mina, S. 2020. Quantitative analysis of honey adulteration by spectrum analysis combined with several high-level data fusion strategies. [Vibrational Spectroscopy](#), 108:103060.

[Maione](#), C., [Barbosa](#), F. and [Barbosa](#), R. 2019. Predicting the botanical and geographical origin of honey with multivariate data analysis and machine learning techniques: A review. [Computers and Electronics in Agriculture](#), [157](#):436-446.

Manikis, G., Marias, K., Alissandrakis, E., Perrotto, L., Savvidaki, E. and Vidakis, N. 2019. Pollen Grain Classification using Geometrical and Textural Features. IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques, IST 2019, Abu Dhabi, United Arab Emirates; 8 December 2019 through 10 December 2019, Category number CFP19IMG-ART, Code 158041.

Melliou, E. and Chinou I. 2011. Chemical constituents of selected unifloral Greek bee-honeys with antimicrobial activity. [Food and Chemistry](#), [129\(2\)](#):284-290.

- Naila, A., [Flint, S.](#), [Sulaiman, A.](#), [Ajit, A.](#) and [Weeds, Z.](#) 2018. Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants. [Food Control](#), 90:152-165.
- [Nasab, S.](#), [Yazd, M.](#), [Marini, F.](#), [Nescatelli, R.](#) and [Biancolillo, A.](#) 2020. Classification of honey applying high performance liquid chromatography, near-infrared spectroscopy and chemometrics. [Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems](#) 202:104037.
- Opsenica, D., Lušić, D. and Tešić. 2015 Modern analytical techniques in the assessment of the authenticity of Serbian honey / Moderne analitičke tehnike u procjeni izvornosti meda iz Srbije. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, [66\(4\)](#):233-241.
- Oroian, M., Ropciuc, S. and Padure, S. 2018. Honey Adulteration Detection Using Raman Spectroscopy. [Food Analytical Methods](#), 11:959–968.
- [Pasias, I.](#), [Kiriakou, I.](#) and [Proestos, C.](#) 2017. HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. Food Chemistry, 229:425-431.
- [Pita-Calvo, C.](#) and [Vázquez, M.](#) 2017. Differences between honeydew and blossom honeys: A review. Trends in Food Science & Technology, 59:79-87.
- [Ramos, O.](#), [Salomón, Libonatti, C.](#), [Cepeda, R.](#), [Maldonado, L.](#) and [Basualdo, M.](#) 2018. Effect of botanical and physicochemical composition of Argentinean honeys on the inhibitory action against food pathogens. Food Science and Technology, 87:457-463.
- Rodríguez-Flores, M., Escuredo, O., Seijo-Rodríguez, A. and Seijo, M. 2019. Characterization of the honey produced in heather communities (NW Spain). [Journal of Apicultural Research](#), 58(1):84-91.
- Rybak-Chmielewska, H., Szczęśna, T., Waś, E., Jaśkiewicz, K. and Teper, D. 2013. Characteristics of Polish Unifloral Honeys IV. Honeydew Honey, Mainly Abies Alba L. Journal of Apicultural Science, 57(1):51-59.
- [Salhi, I.](#), [Samet, Y.](#) and [Trabelsi, M.](#) 2020. Direct electrochemical determination of very low levels of 5-hydroxymethyl furfural in natural honey by cyclic and square wave voltammetric techniques. Journal of Electroanalytical Chemistry,

873:114326.

[Sajid, M., Yamin, M., Asad, F., Yaqub, S., Ahmad, S., Mubarik, M., Ahmad, B., Ahmad, W. and Qamer, S.](#) 2020. Comparative study of physio-chemical analysis of fresh and branded honeys from Pakistan. [Saudi Journal of Biological Sciences](#), 27(1):173-176.

[Saxena, S., Gautam, S. and Sharma, A.](#) 2010. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. [Food Chemistry](#), 118(2):391-397.

[Seraglio, S., Silva, B., Bergamo, B., Brugnerotto, P., Gonzaga, L., Fett, R. and Costa, A.](#) 2019. An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. [Food Research International](#), 119:44-66.

[Siddiqui, A., Musharraf, S., Choudhary, M. and Rahman, A.](#) 2017. Application of analytical methods in authentication and adulteration of honey. [Food Chemistry](#), 217: 687-698.

[Tsigouri, A. and Passaloglou-Katrali.](#) 2000. A scientific note on the characteristics of thyme honey from the Greek island of Kithira. [Apidologie](#) 31:457–458.

[Tuzen, M., Silici, S., Mendil, D and Soyлак, M.](#) 2007. Trace element levels in honeys from different regions of Turkey. [Food Chemistry](#), 103:325-330.

[White, J.](#) 1992. *The Hive and the Honey Bee*. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois USA. p.p 1324.

[Xu, J., Liu, X., Wu, B. and Cao, Y.](#) 2019. A comprehensive analysis of ¹³C isotope ratios data of authentic honey types produced in China using the EA-IRMS and LC-IRMS. [Journal of Food Science and Technology](#), 57:1216–1232.

[Zhou, X., Taylor, M., Salouros, H. and Prasad, S.](#) 2018. Authenticity and geographic origin of global honeys determined using carbon isotope ratios and trace elements. [Scientific Reports](#), 8:14639.

Ελληνική Βιβλιογραφία

[Αλυσσανδράκη, Ε.](#) 2016. Μελισσοκομικά προϊόντα. Σημειώσεις θεωρίας Μελισσοκομίας. Διαθέσιμο στο: <https://eclass.hmu.gr/modules/document/index.php?course=GF110&openDir=/>

[4cac71a9cfn3](#). [Πρόσβαση 9/2/2020].

Αλυσσανδράκης, Ε. 2017. Κρυστάλλωση μελιού. Σημειώσεις εργαστηρίου Μελισσοκομίας. Διαθέσιμο στο:

<https://eclass.hmu.gr/modules/document/index.php?course=GF110&openDir=/4cac7268clct>. [Πρόσβαση 11/2/2020].

Bruneau, E., Barbancon, J-M., Bonnaffe, R., Clement, H., Domerego, R., Fert, G., Conte, Y., Ratia, G., Reeb, C. and Vaissiere, B. 2007. Σύγχρονη μελισσοκομία. Αθήνα. Εκδόσεις Ψύχαλου. Σελ. 517.

Θρασυβούλου, Α. 2008. Πρακτική Μελισσοκομίας. Θεσσαλονίκη: Μελισσοκομική επιθεώρηση. Σελ. 255.

Καραμπουρνιώτη, Σ. 2008. Μελισσοπαλυνολογική ανάλυση θυμαρίσιου μελιού περιοχών της Ελλάδας. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας.

Λιάκος, Β. 2005. Επιχειρηματική Μελισσοκομία. Θεσσαλονίκη. Ιδιωτική έκδοση. Σελ. 758.

Μπόσκου, Δ. 2004. Χημεία Τροφίμων. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Σελ. 316.

ΟΔΗΓΙΑ 2001/110/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 20ής Δεκεμβρίου 2001 για το μέλι. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 12.1.2002.

Παναγιώτου, Π., Καραζαφείρης, Μ., Διαμαντίδης, Μενκίσογλου, Ο. και Θρασυβούλου Α. 2004. Ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελληνικού βαμβακόμελου. Πρακτικά 2ου Επιστημονικού Συνεδρίου Μελισσοκομίας- Σηροτροφίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 21-22 Μαΐου 2004. Σελ. 68.

Παράσχου, Κ. 2019. Σύγκριση της Γραμμικής Διαχωριστικής Ανάλυσης, της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών και της Ανάλυσης Συστάδων. Διπλωματική διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής.

Ταναάκη, Χ., Κανέλης, Δ., Λιόλιος, Β., Δήμου, Μ., Καραζαφείρης, Ε., Γκόρας, Γ. και Θρασυβούλου, Α. 2014. 'Διαστάση' ως ποιοτικό κριτήριο του μελιού- αποκλίσεις και προβλήματα. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Μελισσοκομίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 15-16 Νοεμβρίου 2014. Σελ. 161-166.

Χαριζάνης, Π., 2017. Μέλισσα και μελισσοκομική τεχνική. 4η Έκδοση, Θεσσαλονίκη:

Μελισσοκομική επιθεώρηση. Σελ. 275

Βιβλιογραφία εικόνων

1.1- 1.3: Προσωπικό αρχείο

1.4: Bees and Aegina, 2019. Διαθέσιμο στο: <http://bees-aegina.blogspot.com/2013/01/normal-0-false-false-false-el-x-none-x.html>.

Πρόσβαση [15/12/2019].

1.5: Αλυσσανδράκη, Ε. 2016. Μελισσοκομικά προϊόντα. Σημειώσεις θεωρίας Μελισσοκομίας. Διαθέσιμο στο:

<https://eclass.hmu.gr/modules/document/index.php?course=GF110&openDir=/4cac71a9cfn3>. [Πρόσβαση 9/2/2020].

1.6: Bruneau, E., Barbancon, J-M., Bonnaffe, R., Clement, H., Domerego, R., Fert, G., Conte, Y., Ratia, G., Reeb, C. and Vaissiere, B. 2007. Σύγχρονη μελισσοκομία. Αθήνα. Εκδόσεις Ψύχαλου. Σελ. 517.

1.7: Fresh Start Natural Foods, 2020. Διαθέσιμο στο: <https://fsnfoods.com/blogs/news/our-honey-101>. [Πρόσβαση 11/12/2020].

1.8: Προσωπικό αρχείο.

1.9: Αλυσσανδράκη, Ε. 2016. Μελισσοκομικά προϊόντα. Σημειώσεις θεωρίας Μελισσοκομίας. Διαθέσιμο στο:

<https://eclass.hmu.gr/modules/document/index.php?course=GF110&openDir=/4cac71a9cfn3>. [Πρόσβαση 9/2/2020].

1.10: FAOSTAT. 2020. Διαθέσιμο online στο: <http://www.fao.org/home/en>. [Πρόσβαση 14/11/2020].

2.1 έως 2.9: Προσωπικό αρχείο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας 1.1: Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων μελιών θυμαριού, ανά γεωγραφική περιοχή.

Υγρασία %	Αγωγιμότητα mS/cm	pH	Ελεύθερη οξύτητα meq / Kg	Χρώμα	Μέσος όρος HMF mg / Kg	Μέσος όρος Διασάση DN	Τοποθεσία συλλογής
16,4	0,36	3,9	21	35	6,51	28,07	Λέσβος
16,3	0,38	3,9	23	85	9,88	21,59	Λέσβος
17,5	0,49	3,7	34	135	17,66	24,17	Φούρνοι
17,5	0,67	4	34	90	12,05	16,97	Φούρνοι
16,1	0,37	3,7	36	76	25,9	14,62	Χίος
16	0,52	4	28	51	12,57	20,64	Κάλυμνος
16	0,24	3,9	13	52	14,07	11,24	Κάλυμνος
16,1	0,37	4,4	16	47	5,24	17,49	Ρόδος
16,6	0,39	4,4	15	52	6,06	23,48	Ρόδος
15,9	0,39	4,3	15	55	7,86	16,58	Κεφαλονιά
17,2	0,53	3,9	35	70	19,39	10,95	Κεφαλονιά
15,8	0,45	4,7	25	72	9,88	17,33	Κεφαλονιά
17,8	0,47	4,1	22	55	8,68	36,14	Κεφαλονιά
16,5	0,37	4	18	43	6,73	28,39	Κεφαλονιά
15,5	0,35	4,1	20	44	10,55	19,42	Κεφαλονιά
15,1	0,34	3,8	28	66	16,91	14,49	Κεφαλονιά
16,1	0,4	3,6	60	62	7,1	31,11	Κεφαλονιά
15,7	0,43	4	26	47	11,45	37,01	Κύθηρα
17,5	0,49	4,1	33	45	7,63	33,17	Αττική
15,6	0,27	3,8	23	60	12,8	22,78	Αττική
16,6	0,36	4	24	123	12,87	24,34	Αττική
16,4	0,55	4,1	29	76	8,76	24,21	Κορινθία
17,4	0,42	4	22	52	10,1	28,75	Λακωνία
15,5	0,44	4	27	65	16,91	25,6	Ρέθυμνο
16,7	0,34	3,7	51	52	2,94	33,59	Ζίρος Σητεία Λασιθι
16,4	0,47	3,9	33	122	9,73	35,85	Ηράκλειο
15,1	0,5	4	26	49	10,7	23,39	Ηράκλειο
16,7	0,42	3,9	28	54	8,61	24,13	Ηράκλειο
16,1	0,38	4,2	15	65	10,1	20,52	Ηράκλειο
15,6	0,42	4,2	22	50	7,03	15,23	Ηράκλειο
16	0,34	3,9	22	40	9,88	26,26	Ρέθυμνο
16	0,4	3,8	32	75	15,86	17,75	Μυλοπόταμος Ρέθυμνο
15,4	0,32	3,9	24	75	7,73	24,92	Ξερόκαμπος Σητεία Λασιθι

17,6	0,3	3,6	30	51	14,26	26,42	Χανιά
17,6	0,5	3,8	35	65	13,73	24,14	Χανιά
17,4	0,24	3,6	22	103	13,43	15,27	Χανιά
16,6	0,24	3,6	22	56	16,43	15,29	Χανιά
17,4	0,24	3,7	28	40	14,07	12,6	Χανιά
17	0,29	4,2	15	137	11,79	28,84	Χανιά
16,4	0,26	3,7	30	107	44,91	7,52	Χανιά
17,4	1,04	4,5	33	78	17,7	7,02	Χανιά
15,5	0,4	3,7	44	54	19,12	21,27	Χανιά
18,7	0,46	3,8	40	129	11,96	34,21	Χανιά
16,1	0,68	3,9	52	91	14,1	23,36	Χανιά
15	0,43	4	22	60	7,03	22,39	Ανάφη
16,9	0,44	4	26	117	9,8	18,82	Ανάφη
16	0,32	4,2	9	51	5,16	21,79	Άνδρος
16	0,38	4,1	23	52	8,65	18,16	Άνδρος
15,6	0,62	4,3	20	46	6,43	22,62	Άνδρος
15,6	0,31	3,8	27	52	5,68	32,05	Άνδρος
16,5	0,51	4,1	14	45	11,46	32,59	Άνδρος
17,2	0,3	3,8	20	35	9,28	14,33	Ίος
16,1	0,71	4,4	24	79	4,57	27,3	Ίος
17,4	0,4	4,1	20	43	8,61	29,28	Ίος
15	0,27	4	17	36	8,16	16,53	Κέα
16,3	0,28	3,9	21	59	7,18	21,28	Κέα
16	0,26	4	15	41	24,7	8,17	Κέα
16,1	0,41	4,2	19	49	7,03	24,81	Κέα
16,1	0,27	3,8	20	39	13,62	20,55	Νάξος
16,5	0,22	3,7	19	35	10,92	13,55	Νάξος
16,4	0,39	4,5	21	50	1,64	26,44	Νάξος
17,4	0,6	3,9	31	77	26,19	17,98	Πάρος
16,5	0,47	3,8	35	67	17,59	13,81	Σέριφος
16,8	0,36	3,8	25	55	10,85	17,04	Σέριφος
16,2	0,39	3,8	24	116	14,3	17,35	Σέριφος
16,2	0,59	3,8	38	83	9,13	24,26	Σίκκινος
16,5	0,36	4,4	16	47	6,66	27,4	Σύρος
16,5	0,2	3,6	29	45	22,25	16,23	Σύρος
16,2	0,63	3,9	35	62	10,03	25,77	Σύρος
18,2	0,48	3,8	29	64	11,49	30,36	Σύρος
17	0,63	4,4	27	80	6,97	18,37	Τήνος

Πίνακας 1.2: Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων μελιών πεύκου, ανά γεωγραφική περιοχή.

Υγρασία %	Αγωγιμότητα mS/cm	pH	Ελεύθερη οξύτητα meq / Kg	Χρώμα	Μέσος όρος HMF mg / Kg	Μέσος όρος Διασάση DN	Τοποθεσία συλλογής
15,6	0,94	4,8	23	60	0,29	19,98	Εύβοια
16	0,8	4,5	35	150	0,89	14,62	Εύβοια
15,5	0,93	4,8	22	64	0,77	16,52	Εύβοια
15,5	1,18	4,8	29	116	0,22	19,74	Εύβοια
16,4	0,77	4,6	26	91	8,01	24,02	Εύβοια
16,2	1,06	4,9	26	116	0,89	17,91	Εύβοια
16,5	1,36	5	24	78	0	7,71	Εύβοια
15,4	1,41	5,1	37	42	0	4,88	Εύβοια
17,5	0,98	4,9	18	67	0	8,96	Εύβοια
15,9	1,3	5	24	115	0	26,51	Θάσος
15,6	1,44	5,2	20	95	1,87	27,11	Θάσος
16	1,17	4,7	24	87	0	33,43	Θάσος
17	1,12	4,7	21	98	0	17,81	Θάσος
17	1,3	4,7	24	104	1,27	18,57	Θάσος
17	1,34	4,4	38	125	3,76	18,8	Θάσος
16	1,19	4,8	24	103	0,15	26,46	Θάσος
15,5	1,06	4,6	28	100	0,44	27,86	Θάσος
16,5	1,03	4,8	24	90	0	24,65	Θάσος
16,4	1,09	4,9	22	95	1,42	20,68	Θάσος
18,2	1,13	4,5	24	83	2,43	17,46	Θάσος
16	1,17	4,7	26	90	0	26,59	Θάσος
16,3	1	4,9	22	89	4,15	17,41	Θάσος
14,5	1	4,6	26	93	3,29	8,19	Χανιά
14	1,26	5	18	99	1,04	6,95	Χανιά
15,4	0,62	4,4	31	72	0,58	16,31	Ηράκλειο
15,1	0,62	4,4	13	69	0	15,46	Ηράκλειο
15,3	0,62	3,6	25	69	0,89	15,79	Ηράκλειο
15,5	1,16	5,3	19	82	0	2,42	Σελάκανο Ιεράπετρα
15,4	1,05	5,2	26	69	0	3,13	Ανώπολη Σφακίων Χανιά
18	0,66	3,8	51	139	0	19,03	Καλαμαύκα Λασιθι
17	0,96	4,3	39	88	4,29	15,74	Καλαμαύκα Λασιθι
16,1	0,61	4,2	35	83	9,43	16,42	Ζαρός Ηράκλειο
16,4	1,26	5	28	94	0	5,98	Ανώπολη Σφακίων Χανιά
15,6	1,23	4,6	38	101	0,46	15,44	Ανώπολη Σφακίων Χανιά
14,9	1,14	4,9	30	118	0,44	36,11	Χαλκιδική
16,9	0,96	4,6	25	107	0,22	24,35	Χαλκιδική
15,6	0,99	4,8	28	99	1,57	37,29	Χαλκιδική

17,1	0,53	4	40	80	2,88	25,28	Χαλκιδική
17	1,17	4,5	36	97	0	33,44	Χαλκιδική
16,5	0,95	4,7	22	67	1,79	22,94	Κορινθία
15,7	1	4,8	23	76	0,37	34,68	Κορινθία
18	1,22	4	26	88	1,12	14,28	Ρόδος
16,2	1,27	4,5	29	95	4,42	9,34	Ρόδος
18,1	1,09	4,7	38	96	0	23,57	Θεσσαλονίκη

Πίνακας 1.3: Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων μελιών βαμβακιού, ανά γεωγραφική περιοχή.

Υγρασία %	Αγωγιμότητα mS/cm	pH	Ελεύθερη οξύτητα meq / Kg	Χρώμα	Μέσος όρος HMF mg / Kg	Μέσος όρος Διασάση DN	Τοποθεσία συλλογής
16,1	0,64	4,3	35	92	2,615	24,36	Καρδίτσα
17,7	0,47	3,8	26	142	17,655	18,46	Καρδίτσα
15,4	0,59	4	34	89	5,53	19,78	Καρδίτσα
15	0,39	3,6	32	144	14,74	15,435	Θεσσαλία
16,5	0,6	4	26	68	6,13	16,015	Αξιός
15,6	0,74	4,2	21	75	3,89	15,38	Φανάρι Κομοτηνής
15,5	0,6	3,8	24	150	3,065	20,09	Λάρισα
15,1	0,6	3,7	32	150	2,5	17,505	Λάρισα
17,9	0,46	3,8	30	49	7,98	22,85	Λάρισα
16	0,69	4,2	30	115	0,745	20,715	Καρδίτσα
16,1	1,06	3,7	52	150	2,315	14,66	Χαλκιδική
16	0,7	4,1	29	150	5,38	21,6	Λάρισα
16,4	0,73	3,9	51	150	16,225	9,8	Λάρισα
18	0,59	3,7	34	147	10,845	24,855	Θεσσαλονίκη
16,8	0,61	3,6	67	150	14,815	24,465	Θεσσαλονίκη

Πίνακας 1.4: Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων μελιών έλατου, ανά γεωγραφική περιοχή.

Υγρασία %	Αγωγιμότητα mS/cm	pH	Ελεύθερη οξύτητα meq / Kg	Χρώμα	Μέσος όρος HMF mg / Kg	Μέσος όρος Διασάση DN	Τοποθεσία συλλογής
16	1,08	4,6	31	103	1,64	23,55	Αργολίδα
15,9	1,12	4,6	34	56	0,49	30,695	Αργολίδα
14,4	1,23	5	25	84	0,59	39,4	Αργολίδα
15	1,28	5	24	72	0,665	31,03	Αργολίδα
14,9	1,02	4,7	28	63	2,765	34,45	Αργολίδα
15,4	0,79	4,6	20	64	4,04	31,185	Κορινθία
16,4	1,24	5,1	26	71	0	14,72	Θεσπρωτία
16	1,01	4,8	26	68	1,3	20,835	Θεσπρωτία
15,9	0,91	4,8	20	67	0,78	16,37	Ηλεία
15,9	1,59	5,2	45	83	0,67	23,255	Φωκίδα
14,8	1,43	4,8	31	88	0,74	30,515	Αργολίδα
16,1	0,759	4,3	60	70	2,635	20,18	Αργολίδα

Πίνακας 1.5: Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων μελιών από ρείκι, ανά γεωγραφική περιοχή.

Υγρασία %	Αγωγιμότητα mS/cm	pH	Ελεύθερη οξύτητα meq / Kg	Χρώμα	Μέσος όρος HMF mg / Kg	Μέσος όρος Διασάση DN	Τοποθεσία συλλογής
20,4	0,57	4,1	22	49	2,465	23,91	Άνδρος
18,7	0,56	4,1	22	147	2,09	21,68	Άνδρος
17,5	0,47	4	25	147	1,115	8,205	Άνδρος
16,6	0,59	4	24	148	6,505	10,99	Άνδρος
18,4	0,86	4,4	26	133	6,055	16,46	Χαλκιδική
19	0,98	4,4	29	148	0	11,055	Χαλκιδική
18,5	0,8	4,5	24	127	2,54	16,45	Χαλκιδική
19,4	1,03	4,4	10	120	0	11,89	Χαλκιδική
19,9	1,06	4,3	31	120	0	17,815	Θεσσαλονίκη
22	0,73	4,2	29	139	0	7,345	Χαλκιδική
21	0,85	4,3	28	127	0	11,495	Χαλκιδική
17	0,66	4	50	150	2,69	23,87	Άγιος Νικόλαος Λασιθι
18,1	0,5	4,1	31	147	1,67	1,625	Κάλαμος Αττικής
18,3	0,49	4,2	29	147	0,965	1,76	Κάλαμος Αττικής
17,7	0,47	4,1	20	146	1,945	2,18	Κάλαμος Αττικής
18,3	0,37	3,9	31	121	14,32	3,75	Αγία Φωτεινή

Πίνακας 1.6: Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων μελιών καστανιάς, ανά γεωγραφική περιοχή.

Υγρασία %	Αγωγιμότητα mS/cm	pH	Ελεύθερη οξύτητα meq / Kg	Χρώμα	Μέσος όρος HMF mg / Kg	Μέσος όρος Διασάση DN	Τοποθεσία συλλογής
18,3	2,28	6,6	10	115	0	17,335	Άγιο Όρος
17,6	2,08	6,7	10	110	0	23,205	Άγιο Όρος
16,3	1,16	4,9	41	126	0	26,56	Τρίκαλα
16,4	1,4	4,7	47	123	0,67	24,385	Φωκίδα
17,1	0,85	4,6	22	106	0	38,45	Φλώρινα
16,9	1,47	5,3	20	112	0	33,835	Σέρρες
18	2,03	5,9	30	119	0	25,505	Άγιο Όρος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Πίνακας 2.1: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Pearson για το διαχωρισμό μελιών ανθέων- μελιτωμάτων.

Correlations								
		Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF	Διασάση
Υγρασία	Pearson Correlation	1	-,034	-,149	-,010	,224*	-,062	-,162
	Sig. (2-tailed)		,719	,114	,920	,017	,515	,085
	N	114	114	114	114	114	114	114
Αγωγιμότητα	Pearson Correlation	-,034	1	,809**	,124	,320**	-,674**	-,067
	Sig. (2-tailed)	,719		,000	,190	,001	,000	,477
	N	114	114	114	114	114	114	114
pH	Pearson Correlation	-,149	,809**	1	-,223*	,049	-,683**	,031
	Sig. (2-tailed)	,114	,000		,017	,606	,000	,741
	N	114	114	114	114	114	114	114
Οξύτητα	Pearson Correlation	-,010	,124	-,223*	1	,274**	,072	,024
	Sig. (2-tailed)	,920	,190	,017		,003	,446	,799
	N	114	114	114	114	114	114	114
Χρώμα	Pearson Correlation	,224*	,320**	,049	,274**	1	-,122	-,280**
	Sig. (2-tailed)	,017	,001	,606	,003		,197	,003
	N	114	114	114	114	114	114	114
HMF	Pearson Correlation	-,062	-,674**	-,683**	,072	-,122	1	-,106
	Sig. (2-tailed)	,515	,000	,000	,446	,197		,261
	N	114	114	114	114	114	114	114
Διασάση	Pearson Correlation	-,162	-,067	,031	,024	-,280**	-,106	1
	Sig. (2-tailed)	,085	,477	,741	,799	,003	,261	
	N	114	114	114	114	114	114	114

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 2.2: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών μη κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Spearman για το διαχωρισμό μελιών ανθέων- μελιτωμάτων.

Correlations								
Spearman's rho		Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF	Διασάση
Υγρασία	Correlation Coefficient	1,000	-,053	-,170	-,018	,168	,020	-,129
	Sig. (2-tailed)	.	,577	,070	,847	,074	,831	,170
	N	114	114	114	114	114	114	114
Αγωγιμότητα	Correlation Coefficient	-,053	1,000	,738**	,291**	,434**	-,759**	-,041
	Sig. (2-tailed)	,577	.	,000	,002	,000	,000	,665
	N	114	114	114	114	114	114	114
pH	Correlation Coefficient	-,170	,738**	1,000	-,195*	,095	-,770**	,067
	Sig. (2-tailed)	,070	,000	.	,037	,314	,000	,477
	N	114	114	114	114	114	114	114
Οξύτητα	Correlation Coefficient	-,018	,291**	-,195*	1,000	,403**	,000	-,018
	Sig. (2-tailed)	,847	,002	,037	.	,000	,999	,847
	N	114	114	114	114	114	114	114
Χρώμα	Correlation Coefficient	,168	,434**	,095	,403**	1,000	-,248**	-,279**
	Sig. (2-tailed)	,074	,000	,314	,000	.	,008	,003
	N	114	114	114	114	114	114	114
HMF	Correlation Coefficient	,020	-,759**	-,770**	,000	-,248**	1,000	-,007
	Sig. (2-tailed)	,831	,000	,000	,999	,008	.	,941
	N	114	114	114	114	114	114	114
Διασάση	Correlation Coefficient	-,129	-,041	,067	-,018	-,279**	-,007	1,000
	Sig. (2-tailed)	,170	,665	,477	,847	,003	,941	.
	N	114	114	114	114	114	114	114

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 2.3: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Pearson για το διαχωρισμό μελιών σε βοτανική κατηγορία.

		Correlations						
		Διαστάση	Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF
Διαστάση	Pearson Correlation	1	-,162	-,067	,031	,024	-,280**	-,106
	Sig. (2-tailed)		,085	,477	,741	,799	,003	,261
	N	114	114	114	114	114	114	114
Υγρασία	Pearson Correlation	-,162	1	-,034	-,149	-,010	,224*	-,062
	Sig. (2-tailed)	,085		,719	,114	,920	,017	,515
	N	114	114	114	114	114	114	114
Αγωγιμότητα	Pearson Correlation	-,067	-,034	1	,809**	,124	,320**	-,674**
	Sig. (2-tailed)	,477	,719		,000	,190	,001	,000
	N	114	114	114	114	114	114	114
pH	Pearson Correlation	,031	-,149	,809**	1	-,223*	,049	-,683**
	Sig. (2-tailed)	,741	,114	,000		,017	,606	,000
	N	114	114	114	114	114	114	114
Οξύτητα	Pearson Correlation	,024	-,010	,124	-,223*	1	,274**	,072
	Sig. (2-tailed)	,799	,920	,190	,017		,003	,446
	N	114	114	114	114	114	114	114
Χρώμα	Pearson Correlation	-,280**	,224*	,320**	,049	,274**	1	-,122
	Sig. (2-tailed)	,003	,017	,001	,606	,003		,197
	N	114	114	114	114	114	114	114
HMF	Pearson Correlation	-,106	-,062	-,674**	-,683**	,072	-,122	1
	Sig. (2-tailed)	,261	,515	,000	,000	,446	,197	
	N	114	114	114	114	114	114	114

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 2.4: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών μη κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Spearman για το διαχωρισμό μελιών σε βοτανική κατηγορία.

Correlations								
Spearman's rho		Διασάση	Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF
Διασάση	Correlation Coefficient	1,000	-,129	-,041	,067	-,018	-,279**	-,007
	Sig. (2-tailed)		,170	,665	,477	,847	,003	,941
	N	114	114	114	114	114	114	114
Υγρασία	Correlation Coefficient	-,129	1,000	-,053	-,170	-,018	,168	,020
	Sig. (2-tailed)	,170		,577	,070	,847	,074	,831
	N	114	114	114	114	114	114	114
Αγωγιμότητα	Correlation Coefficient	-,041	-,053	1,000	,738**	,291**	,434**	-,759**
	Sig. (2-tailed)	,665	,577		,000	,002	,000	,000
	N	114	114	114	114	114	114	114
pH	Correlation Coefficient	,067	-,170	,738**	1,000	-,195*	,095	-,770**
	Sig. (2-tailed)	,477	,070	,000		,037	,314	,000
	N	114	114	114	114	114	114	114
Οξύτητα	Correlation Coefficient	-,018	-,018	,291**	-,195*	1,000	,403**	,000
	Sig. (2-tailed)	,847	,847	,002	,037		,000	,999
	N	114	114	114	114	114	114	114
Χρώμα	Correlation Coefficient	-,279**	,168	,434**	,095	,403**	1,000	-,248**
	Sig. (2-tailed)	,003	,074	,000	,314	,000		,008
	N	114	114	114	114	114	114	114
HMF	Correlation Coefficient	-,007	,020	-,759**	-,770**	,000	-,248**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,941	,831	,000	,000	,999	,008	
	N	114	114	114	114	114	114	114

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 2.5: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Pearson για το γεωγραφικό διαχωρισμό δειγμάτων πεύκου, σε 4 περιοχές.

Correlations

		Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF	Διασάση
Υγρασία	Pearson Correlation	1	-,202	-,504**	,241	,116	,004	,056
	Sig. (2-tailed)		,294	,005	,208	,549	,985	,771
	N	29	29	29	29	29	29	29
Αγωγιμότητα	Pearson Correlation	-,202	1	,542**	-,233	-,249	,016	-,042
	Sig. (2-tailed)	,294		,002	,224	,192	,936	,828
	N	29	29	29	29	29	29	29
pH	Pearson Correlation	-,504**	,542**	1	-,717**	-,502**	-,101	-,199
	Sig. (2-tailed)	,005	,002		,000	,006	,603	,300
	N	29	29	29	29	29	29	29
Οξύτητα	Pearson Correlation	,241	-,233	-,717**	1	,452*	-,048	,116
	Sig. (2-tailed)	,208	,224	,000		,014	,803	,548
	N	29	29	29	29	29	29	29
Χρώμα	Pearson Correlation	,116	-,249	-,502**	,452*	1	,124	,296
	Sig. (2-tailed)	,549	,192	,006	,014		,522	,119
	N	29	29	29	29	29	29	29
HMF	Pearson Correlation	,004	,016	-,101	-,048	,124	1	-,090
	Sig. (2-tailed)	,985	,936	,603	,803	,522		,642
	N	29	29	29	29	29	29	29
Διασάση	Pearson Correlation	,056	-,042	-,199	,116	,296	-,090	1
	Sig. (2-tailed)	,771	,828	,300	,548	,119	,642	
	N	29	29	29	29	29	29	29

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 2.6: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών μη κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Spearman, για το γεωγραφικό διαχωρισμό δειγμάτων πεύκου, σε 4 περιοχές.

Correlations								
Spearman's rho		Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF	Διασάση
Υγρασία	Correlation Coefficient	1,000	-,111	-,397*	,001	,063	-,114	,070
	Sig. (2-tailed)		,567	,033	,994	,745	,558	,717
	N	29	29	29	29	29	29	29
Αγωγιμότητα	Correlation Coefficient	-,111	1,000	,317	,040	,050	-,074	,000
	Sig. (2-tailed)	,567		,094	,838	,797	,703	,999
	N	29	29	29	29	29	29	29
pH	Correlation Coefficient	-,397*	,317	1,000	-,568**	-,367*	-,132	-,200
	Sig. (2-tailed)	,033	,094		,001	,050	,495	,298
	N	29	29	29	29	29	29	29
Οξύτητα	Correlation Coefficient	,001	,040	-,568**	1,000	,518**	-,023	,230
	Sig. (2-tailed)	,994	,838	,001		,004	,904	,229
	N	29	29	29	29	29	29	29
Χρώμα	Correlation Coefficient	,063	,050	-,367*	,518**	1,000	,209	,307
	Sig. (2-tailed)	,745	,797	,050	,004		,276	,105
	N	29	29	29	29	29	29	29
HMF	Correlation Coefficient	-,114	-,074	-,132	-,023	,209	1,000	-,051
	Sig. (2-tailed)	,558	,703	,495	,904	,276		,791
	N	29	29	29	29	29	29	29
Διασάση	Correlation Coefficient	,070	,000	-,200	,230	,307	-,051	1,000
	Sig. (2-tailed)	,717	,999	,298	,229	,105	,791	
	N	29	29	29	29	29	29	29

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 2.7: Ταξινόμηση μεταβλητών με τεστ Wilks' Lambda για τον προσδιορισμό της δυνατότητας διαχωρισμού για τις περιοχές Χαλκιδική- Θάσο, Εύβοια και Κρήτη.

Tests of Equality of Group Means					
	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
Υγρασία	,904	1,378	2	26	,270
Αγωγιμότητα	,931	,960	2	26	,396
Χρώμα	,924	1,074	2	26	,356
Διασάση	,466	14,887	2	26	,000

Πίνακας 2.8: Ιδιοτιμές συμμετοχής συνάρτησης στην παραλλακτικότητα.

Eigenvalues

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	2,600 ^a	96,1	96,1	,850
2	,105 ^a	3,9	100,0	,308

a. First 2 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Πίνακας 2.9: Σύγκριση μεταβλητών ως προς τη συνεισφορά διαχωρισμού για τις περιοχές Χαλκιδική- Θάσο, Εύβοια και Κρήτη.

Standardized Canonical Discriminant

Function Coefficients

	Function	
	1	2
Υγρασία	,695	-,402
Αγωγιμότητα	,718	,262
Χρώμα	-,216	,993
Διαστάση	1,148	-,026

Πίνακας 2.10: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Pearson για το γεωγραφικό διαχωρισμό μελιών θυμαριού σε 4 περιοχές.

Correlations								
		Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF	Διασάση
Υγρασία	Pearson Correlation	1	,041	-,188	,106	,349*	,023	,300*
	Sig. (2-tailed)		,777	,190	,462	,013	,877	,034
	N	50	50	50	50	50	50	50
Αγωγιμότητα	Pearson Correlation	,041	1	,173	,386**	,041	-,149	,328*
	Sig. (2-tailed)	,777		,229	,006	,778	,302	,020
	N	50	50	50	50	50	50	50
pH	Pearson Correlation	-,188	,173	1	-,547**	-,223	-,449**	,085
	Sig. (2-tailed)	,190	,229		,000	,120	,001	,558
	N	50	50	50	50	50	50	50
Οξύτητα	Pearson Correlation	,106	,386**	-,547**	1	,250	,204	,201
	Sig. (2-tailed)	,462	,006	,000		,080	,154	,161
	N	50	50	50	50	50	50	50
Χρώμα	Pearson Correlation	,349*	,041	-,223	,250	1	,383**	-,079
	Sig. (2-tailed)	,013	,778	,120	,080		,006	,587
	N	50	50	50	50	50	50	50
HMF	Pearson Correlation	,023	-,149	-,449**	,204	,383**	1	-,473**
	Sig. (2-tailed)	,877	,302	,001	,154	,006		,001
	N	50	50	50	50	50	50	50
Διασάση	Pearson Correlation	,300*	,328*	,085	,201	-,079	-,473**	1
	Sig. (2-tailed)	,034	,020	,558	,161	,587	,001	
	N	50	50	50	50	50	50	50

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 2.11: Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών μη κανονικής κατανομής, με παραμετρικό έλεγχο Spearman, για το γεωγραφικό διαχωρισμό μελιών θυμαριού σε 4 περιοχές

Correlations

Spearman's rho		Υγρασία	Αγωγιμότητα	pH	Οξύτητα	Χρώμα	HMF	Διασάση
Υγρασία	Correlation Coefficient	1,000	,038	-,229	,071	,227	,076	,218
	Sig. (2-tailed)	.	,793	,109	,626	,113	,602	,128
	N	50	50	50	50	50	50	50
Αγωγιμότητα	Correlation Coefficient	,038	1,000	,210	,405**	,139	,029	,354*
	Sig. (2-tailed)	,793	.	,142	,004	,337	,843	,012
	N	50	50	50	50	50	50	50
pH	Correlation Coefficient	-,229	,210	1,000	-,650**	-,366**	-,533**	,159
	Sig. (2-tailed)	,109	,142	.	,000	,009	,000	,269
	N	50	50	50	50	50	50	50
Οξύτητα	Correlation Coefficient	,071	,405**	-,650**	1,000	,504**	,384**	,105
	Sig. (2-tailed)	,626	,004	,000	.	,000	,006	,468
	N	50	50	50	50	50	50	50
Χρώμα	Correlation Coefficient	,227	,139	-,366**	,504**	1,000	,465**	-,144
	Sig. (2-tailed)	,113	,337	,009	,000	.	,001	,318
	N	50	50	50	50	50	50	50
HMF	Correlation Coefficient	,076	,029	-,533**	,384**	,465**	1,000	-,373**
	Sig. (2-tailed)	,602	,843	,000	,006	,001	.	,008
	N	50	50	50	50	50	50	50
Διασάση	Correlation Coefficient	,218	,354*	,159	,105	-,144	-,373**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,128	,012	,269	,468	,318	,008	.
	N	50	50	50	50	50	50	50

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).