

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΜΕΛΙΟΥ

Ανδρέας Θρασυβούλου
Εργαστήριο Μελισσοκομίας-Σηροτροφίας
Σχολή Γεωπονίας
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
E-mail: thrasia@agro.auth.gr

Το μέλι είναι μια πυκνή υδατική διάλυση διαφόρων ουσιών συμπεριλαμβανομένων ανόργανων ιόντων, ιχνοστοιχείων, απλών και συνθέτων ζαχάρων, καθώς επίσης και ουσιών που βρίσκονται σε κολλοειδή διασπορά όπως είναι οι μακρομοριακές ενώσεις πρωτεϊνών και πολυζαχαριτών, ενζύμων, οργανικών οξέων, αρωματικών ουσιών, γυρεοκόκκων κ.ά. Οι ουσίες αυτές οι οποίες βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία αλληλεπιδρούν με την πάροδο του χρόνου και μεταβάλλουν τη φύση και τη δομή του μελιού. Έτσι, ένα μέλι που αμέσως μετά την παραγωγή του είναι ρευστό, αργότερα μπορεί να κρυσταλλώσει σε χρόνο που εξαρτάται από τη χημική του σύνθεση και την περιεκτικότητά του σε γυρεόκοκκους, κομμάτια από κερί κ.ά. Το χρώμα επίσης το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό της φυτικής του προέλευσης εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων που έχουν σχέση με το περιβάλλον, το φυτό, την μέλισσα, τον μελισσοκόμο και επηρεάζεται από το χρόνο αποθήκευσής του. Το ίδιο και η περιεκτικότητά του σε υγρασία, η συγκέντρωση της οποίας μπορεί να περιορίσει ή να βοηθήσει ώστε να αναπτυχθούν οι ωσμόφιλες ζύμες που περιέχει.

Στο «πολυσύνθετο» αυτό προϊόν ιδιότητες όπως η κρυστάλλωση, το χρώμα, η ζύμωση, το ιξώδες και άλλες, καθώς επίσης και οι παράγοντες που τις επηρεάζουν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα και τη διατήρηση του προϊόντος.

A. Κρυστάλλωση

Το μέλι ως υπέρκορο διάλυμα, (περιέχει περισσότερα ζάχαρα από εκείνα που μπορεί να συγκρατήσει), είναι ασταθές, και έχει την τάση να καταβυθίσει την περίσσεια ζαχάρων. Στην αρχή σχηματίζονται μικροί κρύσταλλοι από γλυκόζη στα τοιχώματα και στον πυθμένα του δοχείου, αργότερα προστίθενται νέοι μέχρι να εμφανιστούν συσσωματώματα γλυκόζης.

Το μέλι κρυσταλλώνει με δύο τρόπους:

α) **Ανομοιόμορφα.** Σχηματίζονται στη μάζα του μελιού χοντροί κρύσταλλοι, οι οποίοι βυθίζονται στον πυθμένα του βάζου, δημιουργώντας έτσι μία άνιση κατανομή κρυστάλλων. Στα επιφανειακά στρώματα αυξάνεται η υγρασία και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το προϊόν να υποστεί ζύμωση, να ξινίσει και να αποκτήσει απωθητική εμφάνιση (εικ. 1).

β) **Ομοιόμορφα.** Σχηματίζονται μικροί κρύσταλλοι, οι οποίοι κατανέμονται ομοιόμορφα σ' όλη την μάζα του μελιού. Στην περίπτωση αυτή το προϊόν δεν κινδυνεύει να ξινίσει και η εμφάνισή του δεν καθίσταται απωθητική.

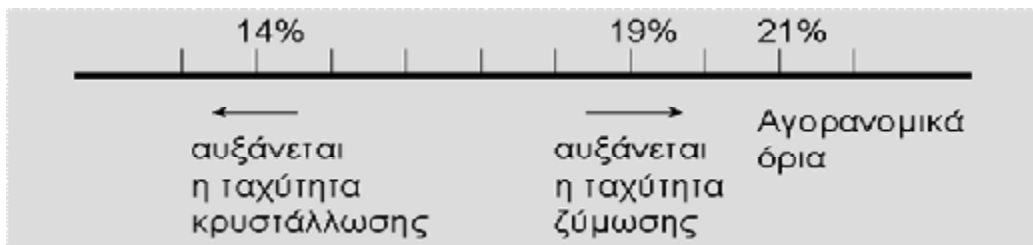


Εικόνα 1. Ομοιομορφα και ανομοιομορφα κρυσταλλωμένο μέλι

Το μέλι, ανάλογα με την φυτική του προέλευση και την χημική του σύνθεση, κρυσταλλώνει γρήγορα, αργά ή και καθόλου. Από τους παράγοντες που επηρεάζουν την κρυστάλλωση του οι κυριότεροι είναι:

α) Η συγκέντρωση της γλυκόζης. Όσο περισσότερη γλυκόζη, περιέχει τόσο γρηγορότερα κρυσταλλώνει

β) Η υγρασία. Όσο λιγότερη υγρασία έχει το προϊόν, τόσο γρηγορότερα κρυσταλλώνει (εικ. 2).



Εικόνα 2. Μέλι με χαμηλά ποσοστά υγρασίας κρυσταλλώνει γρήγορα

γ) Πυρήνες συμπύκνωσης: Γύρη, κεριά, κρύσταλλοι γλυκόζης και άλλα στερεά στη σύστασή του ρευστού μελιού, αποτελούν πυρήνες συμπύκνωσης που επιταχύνουν την κρυστάλλωση.

δ) Οι θερμοκρασίες διατήρησης. Η θερμοκρασία στην οποία διατηρείται το αποθηκευμένο μέλι επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα με την οποία κρυσταλλώνει. Η ευνοϊκότερη θερμοκρασία για την κρυστάλλωση είναι 14ο C.

Σε θερμοκρασίες κατάψυξης, αυξάνεται το ιξώδες και καθυστερεί σημαντικά ο σχηματισμός των κρυστάλλων. Στους -45°C το μέλι διατηρείται σε ρευστή κατάσταση.

Δείκτες κρυστάλλωσης.

Οι δείκτες κρυστάλλωσης είναι παράμετροι, που στηρίζονται στους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν την ταχύτητα κρυστάλλωσης του προϊόντος, και χρησιμοποιούνται είτε για την πρόβλεψη του χρόνου κρυστάλλωσης, είτε για την δημιουργία αναμίξεων μελιού που θα παραμένουν ρευστά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Στον πίνακα 1 δίνεται η μεγαλύτερη και η μικρότερη τιμή των δεικτών κρυστάλλωσης για τέσσερις κατηγορίες ελληνικών μελιών Μέλια που κρυσταλλώνουν γρήγορα έχουν υψηλή συγκέντρωση γλυκόζης ($>35\%$), υψηλή σχέση γλυκόζη προς υγρασία (>2.1), υψηλή σχέση γλυκόζη-υγρασία προς φρουκτόζη (>0.40) και χαμηλή σχέση φρουκτόζη προς γλυκόζη (<1.14).

Πίνακας 1. Μεγαλύτερη και μικρότερη τιμή των δεικτών κρυστάλλωσης 4 κατηγοριών ελληνικού μελιού (Manikis & Thrasyvouliou, 2001)

Κατηγορία μελιού*	Γ%	Γ/Υ	Γ-Υ/Φ	Φ/Γ
Ελάτης	14.1-21.3	0.92-1.41	0.04-0.21	5.3-12.9
Πεύκου	25.2-29.3	1.4-1.80	0.19-0.39	1.08-1.80
Θυμαριού	26.3-32.6	1.45-2.01	0.18-0.39	1.26-1.49
Ηλιάνθου	35.2-41.3	1.92-2.45	0.43-0.56	1.01-1.14

Γ= Γλυκόζη , Υ= Υγρασία Φ= Φρουκτόζη

* αριθμός δειγμάτων κάθε κατηγορίας= 20

Η εφαρμογή των δεικτών κρυστάλλωσης στα ελληνικά μέλια (Manikis & Thrasyvouliou, 2001) έδειξε τα εξής:

α) **Συγκέντρωση της γλυκόζης:** Με βάση τη συγκέντρωση της γλυκόζης προβλέπεται η ταχύτητα κρυστάλλωσης του μελιού στις ακραίες τιμές (<29 , >35), ενώ στις ενδιάμεσες τιμές (29-35%) η πρόγνωση είναι δύσκολη.

β) **Σχέση γλυκόζη προς υγρασία:** Ο δείκτης ανταποκρίνεται σ' όλες τις κατηγορίες αμιγών ελληνικών μελιών.

γ) **Σχέση γλυκόζη-υγρασία προς φρουκτόζη.** Ο δείκτης είναι αξιόπιστος μόνο στις ακραίες τιμές της σχέσης. Σε ενδιάμεσες τιμές κάθε πρόβλεψη είναι παρακινδυνευμένη.

δ) **Σχέση φρουκτόζης προς γλυκόζη:** Ο δείκτης επιτρέπει την πρόβλεψη μόνο σε μικρό ποσοστό περιπτώσεων (17%).

Η ταχύτητα κρυστάλλωσης των αμιγών κατηγοριών ελληνικού μελιού. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2 η ταχύτητα κρυστάλλωσης των κυριότερων αμιγών κατηγοριών μελιού διαφέρει σημαντικά. Το μέλι μελιτώματος (πέυκου

και ελάτης) δεν κρυσταλλώνει ή κρυσταλλώνει με πολύ αργό ρυθμό, ενώ τα ανθόμελα κρυσταλλώνουν με σχετικά γρήγορο ρυθμό.

Πίνακας 2. Ταχύτητα κρυστάλλωσης των ελληνικών αμιγών κατηγοριών μελιού.

Κατηγορία μελιού	Χρόνος κρυστάλλωσης σε μήνες
Πευκόμελο	Μετά από 24 μήνες
Ελάτης	Δεν κρυσταλλώνει
Καστανιάς	12-18
Θυμαριού	8-18
Πορτοκαλιάς	1-3
Βαμβακιού	1-2
Ερείκης	2-3
Ηλίανθου	1-2

*Ο χρόνος κρυστάλλωσης ισχύει για αμιγή μέλια που δεν υπέστησαν κάποια θερμική ή άλλη επεξεργασία και διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου.

Μέτρα περιορισμού της ταχύτητας κρυστάλλωσης

Αξιοποίηση των δεικτών κρυστάλλωσης. Ο ακριβέστερος δείκτης πρόγνωσης της ταχύτητας κρυστάλλωσης είναι η σχέση γλυκόζης προς υγρασία (Γ/Υ). Στον πίνακα 3 υπολογίστηκαν οι διάφορες τιμές της σχέσης αυτής και σκιασθηκαν ανάλογα με την επίδρασή τους στην ταχύτητα κρυστάλλωσης του προϊόντος. Όταν η σχέση Γ/Υ βρίσκεται στην περιοχή με τους έντονα σκιασμένους αριθμούς (>2,1) τότε το μέλι κρυσταλλώνει πολύ γρήγορα. Όταν βρίσκεται στην περιοχή με τους λιγότερο σκιασμένους αριθμούς (<1,70) δεν κρυσταλλώνει, και όταν βρίσκεται στην λευκή ζώνη (1,71-2,00) κρυσταλλώνει με ενδιάμεση ταχύτητα.

Πίνακας 3. Σχέση γλυκόζης προς υγρασίας (Γ/Υ) και κρυστάλλωσης% (Manikis & Thrasyvoulou, 2001)

Γ/Υ	14	15	16	17	18	19	20	21
23	1.64	1.53	1.43	1.35	1.27	1.21	1.15	1.09
24	1.71	1.60	1.50	1.41	1.33	1.26	1.20	1.14
25	1.78	1.66	1.56	1.47	1.38	1.31	1.25	1.19
26	1.85	1.75	1.62	1.53	1.44	1.36	1.30	1.23
27	1.92	1.80	1.68	1.58	1.50	1.42	1.35	1.28
28	2.00	1.86	1.75	1.64	1.55	1.47	1.40	1.33
29	2.07	1.93	1.81	1.70	1.61	1.52	1.45	1.38
30	2.14	2.00	1.87	1.76	1.66	1.57	1.50	1.42
31	2.21	2.06	1.94	1.82	1.72	1.63	1.55	1.47
32	2.28	2.13	2.00	1.88	1.77	1.68	1.60	1.52
33	2.35	2.20	2.06	1.94	1.83	1.73	1.65	1.56
34	2.42	2.26	2.12	2.00	1.89	1.78	1.70	1.61
35	2.50	2.30	2.18	2.06	1.94	1.84	1.75	1.66
36	2.57	2.40	2.25	2.11	2.00	1.89	1.80	1.71
37	2.60	2.47	2.31	2.17	2.06	1.94	1.85	1.75
38	2.71	2.53	2.37	2.23	2.11	1.99	1.90	1.80
39	2.78	2.60	2.44	2.29	2.17	2.05	1.95	1.85
40	2.85	2.66	2.50	2.35	2.22	2.10	2.00	1.90
41	2.92	2.73	2.56	2.41	2.27	2.15	2.05	1.95
42	3.00	2.80	2.62	2.47	2.33	2.21	2.10	1.99
43	3.07	2.86	2.68	2.52	2.38	2.26	2.15	2.04
44	3.14	2.93	2.75	2.58	2.44	2.31	2.20	2.09
45	3.21	3.00	2.81	2.64	2.50	2.36	2.25	2.14

Σύμφωνα με το πίνακα 3, μέλι με γλυκόζη μικρότερη από 23% ουδέποτε κρυσταλλώνει, ανεξάρτητα από την περιεκτικότητά του σε υγρασία. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το μέλι ελάτης, του οποίου η γλυκόζη κυμαίνεται από 14% έως 22%. Δεν κρυσταλλώνει επίσης το προϊόν που έχει γλυκόζη 24% - 25%, εφόσον η υγρασία του είναι μεγαλύτερη από 15%. Αρκετά πευκόμελα πληρούν την προϋπόθεση αυτή ενώ μερικά άλλα με μεγαλύτερη συγκέντρωση γλυκόζης (26-29%) είτε δεν κρυσταλλώνουν είτε κρυσταλλώνουν με αργό ρυθμό (μετά τους 12 μήνες αποθήκευσης) ανάλογα με την υγρασία που έχουν. Μέλια με περιεκτικότητα σε γλυκόζη μεγαλύτερη από 35% κρυσταλλώνουν πολύ γρήγορα (σ' ένα μήνα) όταν η υγρασία τους είναι κάτω από 17%, γεγονός συνηθισμένο για τα ελληνικά ανθόμελα.

Για να διατηρηθεί ρευστό το τελικό προϊόν τουλάχιστο για ένα έτος, όταν προέρχεται από αναμίξεις διαφόρων κατηγοριών μελιού (μίγμα, χαρμάνι), η τελική σχέση Γ/Υ θα πρέπει να είναι μικρότερη από 2.00. Στην περίπτωση των αμιγών κατηγοριών μελιού, μετριέται πρώτα η γλυκόζη και κατόπι ρυθμίζεται η επιθυμητή υγρασία, ώστε η σχέση Γ/Υ να βρεθεί στην ελαφρά ή την μη σκιασμένη περιοχή. Για παράδειγμα ένα μέλι με γλυκόζη 34% θα πρέπει να

έχει υγρασία πάνω από 17% για να καθυστερήσει η κρυστάλλωσή του. Στις περιπτώσεις αυτές το μέλι χρειάζεται να ζεσταθεί στους 70° C επί 5 λεπτά, ώστε να καταστραφούν οι ζυμομύκητες και να μην ξινίσει.

Μερική απομάκρυνση των πυρήνων συμπύκνωσης. Μετά τον τρύγο, τα δοχεία ή βαρέλια με το στραγγισμένο μέλι κλείνονται καλά και αφήνονται αμετακίνητα σε ένα σχετικά ζεστό δωμάτιο. Οι φυσαλίδες αέρος που υπάρχουν ενσωματωμένες στο μέλι ανεβαίνουν στην επιφάνεια, συμπαρασύροντας τα λεπτά κομμάτια από κεριά και γύρη και σχηματίζουν ένα στρώμα αφρού το οποίο απομακρύνεται προσεκτικά. Η χρησιμοποίηση λεπτών φίλτρων, που απομακρύνουν και μέρος της γύρης που έχει το μέλι, βοηθά ακόμη περισσότερο στην καθυστέρηση της κρυστάλλωσης, μειώνει όμως τη θρεπτική του αξία.

Απομάκρυνση της γύρης. Με ειδικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλα εργοστάσια τυποποίησης του μελιού, αφαιρείται όλη η γύρη που περιέχει το μέλι. Με την ολική αυτή απομάκρυνση των πυρήνων συμπύκνωσης επιτυγχάνεται σημαντική καθυστέρηση στην κρυστάλλωση και βελτιώνεται η εμφάνιση του προϊόντος (λαμπικαρισμένα μέλια). Η επεξεργασία αυτή, μειονεκτεί κατά το ότι μειώνει την περιεκτικότητα του προϊόντος σε βιταμίνες κατά 25% (Haydak, 1955).

Θέρμανση του προϊόντος. Προσεκτική θέρμανση του μελιού στους 76ο C για 5 λεπτά ή στους 88ο C για 2 λεπτά, βοηθά στη διάσπαση μικρών κρυστάλλων γλυκόζης που έχουν ήδη σχηματιστεί στη μάζα του και στη διατήρηση του προϊόντος στην ρευστή φάση για περισσότερο χρόνο.

Θερμοκρασία αποθήκευσης. Το έτοιμο προϊόν δεν πρέπει να αποθηκεύεται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 8° έως 14° C γιατί ευνοείται η κρυστάλλωσή του.

Προσθήκη παρεμποδιστικών της κρυστάλλωσης ουσιών. Δοκιμάστηκαν πειραματικά τα οξέα ισοβουτυρικό, σορβικό και γαλακτορουνικό, η δεξτρίνη και το ένζυμο γλυκοζοξειδάση, είτε κατευθείαν στο μέλι είτε στην τροφή της μέλισσας (σιρόπι) με μικρή όμως επιτυχία (Κωδούνης, 1962). Οι περισσότερες από τις ουσίες αυτές επηρεάζουν τη γεύση του μελιού, γεγονός που τις καθιστά απαγορευτικές.

Ρευστοποίηση κρυσταλλωμένου μελιού. Το μέλι ρευστοποιείται με θέρμανση, η οποία όταν γίνεται σωστά δεν επηρεάζει την ποιότητα του προϊόντος. Η σωστή θέρμανση εξασφαλίζεται με την χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία, τον μικρότερο χρόνο και την χρησιμοποίηση δοχείων με διπλά τοιχώματα (μπεν-μαρί) ώστε το μέλι να μην έρχεται σε επαφή με την εστία θέρμανσης. Υψηλή θερμοκρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα καταστρέφει τα ένζυμα, την αντιβακτηριακή δράση του μελιού, διασπά τα ζάχαρα και επηρεάζει τις ουσίες που συμβάλλουν στη γεύση και το άρωμά του. Συνήθως θερμοκρασία μικρότερη από 45° C για μεγάλο χρονικό διάστημα (24-48 ώρες) δεν επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του μελιού.

Ρευστοποίηση με υπέρηχους. Οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα με συχνότητα μεγαλύτερη από εκείνη που μπορεί να συλλάβει το αισθητήριο της ακοής μας, δηλαδή πάνω από 20 KHz. Οι ήχοι αυτοί διαδίδονται χωρίς μεγάλη εξασθένηση μέσα στο νερό, επιφέρουν μηχανικές και θερμικές δράσεις στα σώματα στα οποία προσπίπτουν, προκαλούν αλλοιώσεις σε μονοκύτταρους οργανισμούς και έχουν αρκετές άλλες δράσεις. Λόγω των ιδιοτήτων τους χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στην σύγχρονη τεχνολογία, επιστήμη και ιατρική.

Στη τεχνολογία του μελιού, η πρώτη ανακοίνωση για τη δυνατότητα αξιοποίησης των ήχων υψηλής συχνότητας στη ρευστοποίηση και την παρεμπόδιση της κρυστάλλωσής του μελιού, έγινε από τον Kalogerea (1958), ο οποίος χρησιμοποίησε ήχους υψηλής συχνότητας (9 KHz) για να διαλύσει τους ήδη σχηματισμένους κρυστάλλους γλυκόζης στο μέλι, να καταστρέψει τις ζύμες και να βελτιώσει σημαντικά την εμφάνιση του προϊόντος.

Η πρωτότυπη ιδέα του Kalogerea εγκαταλείφθηκε ως ασύμφορη για πρακτική εφαρμογή σε ευρεία εμπορική κλίμακα, γιατί η ρευστοποίηση του μελιού στους 9 KHz απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα (30 λεπτά). Ο Liebl (1977) αργότερα εφάρμοσε ήχους μεγαλύτερης συχνότητας (18 KHz) και κατάφερε να ρευστοποιήσει 1500 κιλά μέλι σε μια ώρα, γεγονός που μειώνει σημαντικά το κόστος τυποποίησης του προϊόντος.

Οι Thrasyvoulou et al, (1994) μελέτησαν την επίδραση των υπερήχων (23 KHz) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μελιού και τη συνέκριναν με εκείνη της θέρμανσης στους 60 °C για 30'. Από την εργασία αυτή βρέθηκε ότι οι υπέρηχοι όχι μόνο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ρευστοποίηση του μελιού αλλά και ότι έχουν μικρότερη ανεπιθύμητη επίδραση στην ποιότητα του προϊόντος.

B. Το χρώμα του μελιού

Παράγοντες που επηρεάζουν το χρώμα του μελιού

Η φυτική προέλευση. Το χρώμα του μελιού είναι χαρακτηριστικό της φυτικής του προέλευσης. Το μέλι που προέρχεται από πορτοκαλιές και βαμβάκια είναι ασπρουδερό, από την ερείκη κοκκινωπό, από τον ηλίανθο κιτρινωπό, το θυμάρι ξανθό, από τον πολύκομβο και την καστανιά μαυριδερό (εικ.3).



Εικόνα 3. Το χρώμα των ελληνικών αμιγών μελιών

Το χρώμα του μελιού εκτός από τη φυτική του προέλευση επηρεάζεται και από πολλούς άλλους παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι:

Η ταχύτητα συλλογής. Το μέλι που προέρχεται από νέκταρ που συλλέχθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα, έχει ανοικτότερο χρωματισμό από εκείνο της ίδιας προέλευσης που συλλέχθηκε με βραδύτερο ρυθμό.

Οι μελισσοκομικοί χειρισμοί. Η κηρήθρα στην οποία οι μέλισσες αποθηκεύουν το μέλι, επηρεάζει σημαντικά το χρώμα του. Το προϊόν διατηρεί το αρχικό χρωματισμό του, όταν αποθηκεύεται σε καινούργιες κηρήθρες στον μελιτοθάλαμο και όταν δεν υπάρχουν κοντά κηρήθρες γόνου ή γύρης. Στις παλιές κηρήθρες το μέλι γίνεται σκοτεινόχρωμο και χάνει την διαύγειά του λόγω χρωστικών ουσιών που απορροφά από τα τοιχώματα του κελιού.

Ο μελισσοκόμος γίνεται η αιτία να αποκτήσει σκοτεινότερο χρώμα το μέλι όταν:

- Τοποθετεί στο μελιτοθάλαμο κηρήθρες, που χρησιμοποιήθηκαν προηγούμενα στην γονοφωλιά.
- Δεν ανανεώνει συχνά τις κηρήθρες και τρυγά από παλιές μαύρες κηρήθρες.
- Τρυγά από την γονοφωλιά
- Δεν χρησιμοποιεί βασιλικά διαφράγματα.

Η υγρασία του μελιού. Το μέλι που τρυγείται πριν σφραγιστούν καλά τα κελιά (ανώριμο), έχει σκοτεινότερο χρωματισμό από το τυπικό χρώμα που θα είχε μετά την πλήρη ωρίμανση.

Το φιλτράρισμα. Το καλό φιλτράρισμα αμέσως μετά τον τρύγο βοηθά στο να διατηρηθεί ο αρχικός χρωματισμός του μελιού. Φίλτρα μελιού που συγκρατούν μέρος των γυρεοκόκκων συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση ανοικτότερου χρώματος.

Διαύγαση του μελιού. Όταν το μέλι παραμένει για μία δύο ημέρες μετά τον τρύγο, σε σχετικά ζεστό χώρο (περίπου 30-35^o C), οι φυσαλίδες αέρος που ενσωματώθηκαν στη μάζα του κατά την φυγοκέντριση, μετακινούνται προς την επιφάνεια σχηματίζοντας στρώμα αφρού. Ο αφρός αποτελείται από γύρη, κερί, σκόνη και άλλα στερεά. Η απομάκρυνση του αφρού, γνωστή σαν διαύγαση, είναι απαραίτητη διαδικασία για να διατηρηθεί το τυπικό χρώμα του μελιού.

Η έκθεση του μελιού στον αέρα. Ευνοεί την εμφάνιση σκοτεινότερου χρωματισμού, λόγω σχηματισμού ταννικού και δεψικού οξέος.

Η συσκευασία. Το χρώμα των γυάλινων δοχείων συσκευασίας, ο όγκος του μελιού και ο φωτισμός του χώρου αποθήκευσης ή έκθεσης, επηρεάζουν έμμεσα τον χρωματισμό του.

Η θέρμανση του μελιού. Η θέρμανση του προϊόντος σε οποιοδήποτε βαθμό επηρεάζει καταρχήν το χρώμα του. Η επίδραση είναι ανεπαίσθητη στις χαμηλές θερμοκρασίες και σημαντική στις υψηλές. Για να περιοριστεί η αλλοίωση του χρώματος, το μέλι ζεσταίνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες σε σύντομο χρονικό διάστημα, σε δοχεία με διπλά τοιχώματα που περιέχουν νερό (μπεν-μαρί) και αμέσως μετά ψύχεται.

Ο χρόνος και οι συνθήκες αποθήκευσης. Το αποθηκευμένο μέλι αποκτά σκοτεινότερο χρωματισμό ως αποτέλεσμα χημικών μεταβολών των συστατικών του. Οι αλλαγές στο χρώμα του προϊόντος επηρεάζονται κυρίως από την περιεκτικότητα του σε φρουκτόζη, κολλοειδή, χαλκό, σίδηρο, από την οξύτητα και την υγρασία του. Η ταχύτητα με την οποία επηρεάζεται το χρώμα του αποθηκευμένου προϊόντος εξαρτάται από την περιεκτικότητα των χημικών αυτών χαρακτηριστικών.

Το άμεσο φως και οι υψηλές θερμοκρασίες είναι οι περισσότερο ευνοϊκοί παράγοντες που επηρεάζουν το χρώμα μελιού κατά την αποθήκευση. Σε χαμηλές θερμοκρασίες οι αλλαγές είναι μικρότερες. Σημαντική είναι επίσης και η επίδραση της υγρασίας η οποία οδηγεί σε σκοτεινότερη απόχρωση όταν είναι πάνω από 17%.

Το χρώμα και η ποιότητα του μελιού. Το χρώμα του μελιού θεωρείται ένα από τα κύρια κριτήρια ποιότητας του προϊόντος γιατί επηρεάζει σημαντικά την προτίμηση του καταναλωτή. Ο καταναλωτής σε διάφορες χώρες δείχνει

ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το χρώμα του προϊόντος, ανάλογα με την ενημέρωση που έχει. Στην Αμερική, στην Γερμανία και σ' άλλες χώρες προτιμάται το σκοτεινόχρωμο μέλι γιατί είναι πλουσιότερο σε ιχνοστοιχεία (μαγνήσιο, φωσφόρο, σίδηρο, νάτριο κ.λπ.) και θεωρείται μέλι με μεγαλύτερη θρεπτική αξία (πίνακας 4). Η ελληνική αγορά προτιμά τα ανοιχτόχρωμα μέλια, τα οποία συνήθως έχουν καλύτερο άρωμα και γεύση (εικ.4).

Πίνακας 4 : Περιεκτικότητα των μελιών σε ιχνοστοιχεία (από White 1979).

Ιχνοστοιχεία mg/kg μέλι	Ανοιχτόχρωμα		Σκοτεινόχρωμα	
	μέσος	εύρος	μέσος	εύρος
Νάτριο (Na)	18,0	6-35	76,0	9-400
Ασβέστιο (Ca)	49,0	23-68	51,0	5-266
Μαγνήσιο (Mg)	19,0	11-56	35,0	7-126
Σίδηρο (Fe)	3,0	2-5	10,0,	1-341
Χαλκό (Cu)	0,3	0,1-0,7	0,6	0,4-1,1
Μαγγάνιο (Mn)	0,3	0,2-0,5	4,1	0,5-9,5
Χλώριο (Cl)	52,0	23-75	113,0	48-201
Φωσφόρος (P)	35,0	23-50	47,0	27-58
Θείο (S)	58,0	36-108	100,0	56-126
Σύνολο	439,6	22,4-986,2	2112,7	268,9-5954,6



Εικόνα 4 . Τα σκοτεινόχρωμα μέλια είναι πλουσιότερα σε θρεπτικά συστατικά ενώ τα ανοιχτόχρωμα έχουν καλύτερο άρωμα και γεύση.

Δ. Η ζύμωση του μελιού

Η ζύμωση (ξύνισμα) του μελιού οφείλεται σε ωσμώφιλους ζυμομύκητες, οι οποίοι υπάρχουν στην σύνθεσή του και όταν βρουν κατάλληλες συνθήκες βλαστώνουν και πολλαπλασιάζονται καταστρέφοντας έτσι το προϊόν. Το ξυνισμένο μέλι φουσκώνει, σχηματίζει φυσαλίδες αέρος στην επιφάνειά του και αφρό, αποκτά γεύση ξινή και χαρακτηριστική. Κλειστά δοχεία διογκώνονται, μερικές φορές τα καπάκια τους εκτινάσσονται.

Οι ζύμες του μελιού είναι ανθεκτικές σε υψηλή συγκέντρωση ζαχάρων και ανήκουν στα γένη Νηματοσπόρα, Ζαχαρομύκητες, Σχιζοζαχαρομύκητες, Ζυγοζαχαρομύκητες και Τορούλα (πίνακας 5).

Πίνακας 5: Είδη μυκήτων που βρίσκονται στο μέλι

Nematospora ashbya gossupii
Saccharomyces bisporus
Saccharomyces torulosus
Schizosaccharomyces octosporus
Schwanniomyces occidentilis
Torula mellis
Zygosaccharomyces spp.
Zygosaccharomyces barkeri
Zygosaccharomyces japonicus
Zygosaccharomyces mellis
Zygosaccharomyces mellis acidii
Zygosaccharomyces nussbaumeri
Zygosaccharomyces prionanus
Zygosaccharomyces richteri

Στα ελληνικά μέλια απομονώθηκαν 39 στελέχη ζυμομυκήτων, τα οποία ανήκουν σε 2 γένη και στα είδη *Candida apis* (13 στελέχη), *Candida magnoliae* (5 στελέχη) *Zygosaccharomyces rouxii* (21 στελέχη) (Βαρδαβάκης και συν., 1994)

Προέλευση των ζυμών του μελιού.

Από το νέκταρ. Οι ζύμες βρίσκονται στο νέκταρ, είτε ως συστατικά του χυμού του φυτού, είτε ως αποτέλεσμα επιμόλυνσης από σπόρια που μεταφέρονται σ' αυτό μέσω του αέρα.

Από τη μέλισσα. Η μέλισσα καθώς συλλέγει μεταφέρει και επεξεργάζεται το νέκταρ, το επιβαρύνει με μύκητες που είτε βρίσκονται στο σώμα της είτε βρίσκονται στην κυψέλη στα λουλούδια και στον περιβάλλοντα χώρο της .

Από το μελισσοκόμο. Οι συσκευές και τα σκεύη που χρησιμοποιεί ο μελισσοκόμος για την συλλογή, επεξεργασία και διατήρηση του μελιού, συμβάλλουν σημαντικά στην επιμόλυνση του μελιού με ζυμομύκητες.

Παράγοντες που ευνοούν τη ζύμωση του μελιού.

Η περιεκτικότητα του μελιού σε υγρασία. Το ώριμο μέλι, με υγρασία κάτω από 17%, δεν κινδυνεύει να ξινίσει ανεξάρτητα από την περιεκτικότητά του σε μύκητες. Όταν η υγρασία του προϊόντος ξεπεράσει το 17% τότε αρχίζει η ζύμωσή του σύμφωνα με τα ακόλουθα:

Υγρασία από 17,1 έως 18,0%	δεν ξινίζει όταν έχει κάτω από 1000 κύτταρα μύκητα/γραμ. μελιού
Υγρασία από 18,1 έως 19,0%	δεν ξινίζει όταν έχει κάτω από 10 κύτταρα μύκητα/γραμ. μελιού
Υγρασία από 19,1 έως 20,0%	δεν ξινίζει όταν έχει κάτω από ένα κύτταρο μύκητα/γραμ. μελιού.
Υγρασία πάνω από 20%	πάντα επικίνδυνο να ξινίσει

Lochhead (1933)

Όταν το μέλι τρυγηθεί πριν να σφραγιστούν οι κηρήθρες, όταν εκτεθεί σε σχετική υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία και όταν κρυσταλλώσει ανομοιόμορφα τότε πιθανό η υγρασία του να ξεπεράσει το 17%. Μελισσοκομικά φυτά που δίνουν μέλι με υψηλή φυσική περιεκτικότητα σε υγρασία είναι τα αγριοτριφύλλα, η λεβάντα, το βαμβάκι και η ερείκη.

Η θερμοκρασία διατήρησης και επεξεργασίας του μελιού. Η θερμοκρασία που ευνοεί την ζύμωση του προϊόντος κυμαίνεται μεταξύ 11 °C και 21 °C, έτσι ο κίνδυνος να ξινίσει το μέλι, είναι μεγαλύτερος το χειμώνα παρά την άνοιξη ή το καλοκαίρι. Ένα ώριμο μέλι που διατηρείται σε θερμοκρασία πάνω από 26,7 °C δεν κινδυνεύει από ζυμώσεις.

Οι μύκητες του μελιού δεν αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι περισσότεροι καταστρέφονται όταν το προϊόν θερμανθεί στους 60 °C για 5-10 λεπτά και σχεδόν όλοι, όταν ζεσταθεί στους 70 °C για 1-5 λεπτά. Τα σπόρια των μυκήτων καταστρέφονται στους 72 °C και 10 λεπτά θέρμανση.

Μέτρα που περιορίζουν τη ζύμωση του μελιού.

- Να τρυγούνται καλά σφραγισμένες κηρήθρες.
- Να αποστειρώνεται η μελισσοκομική βούρτσα, το μαχαίρι απολεπισμού, ο μελιτοεξαγωγέας, τα φίλτρα, τα δοχεία μεταφοράς και διατήρησης του μελιού και όλα τα μέσα ή σκεύη που θα χρησιμοποιηθούν για την παραλαβή και συντήρηση του προϊόντος με τα κοινά λευκαντικά. Μετά την απολύμανση τα σκεύη να ξεπλένονται με άφθονο νερό και να στεγνώνουν καλά.
- Ο τρύγος να γίνεται σε καθαρούς χώρους, απολυμασμένους, μακριά από σκόνες και οσμές.

- Τα δοχεία να γεμίζουν καλά μέχρι επάνω ώστε στα κλειστά πλέον δοχεία να μην μένει αέρας στο ενδιάμεσο κενό. Οι αερόβιοι μύκητες πολλαπλασιάζονται στην επιφάνεια του μελιού, με την βοήθεια οξυγόνου που λαμβάνουν από το στρώμα αέρος που βρίσκεται στο μισογεμάτο δοχείο. Η ζύμωση συνεχίζεται στην μάζα του μελιού από αναερόβιους μύκητες.
- Να αφαιρείται ο αφρός μετά την διαύγαση του μελιού.
- Τα δοχεία που περιέχουν το μέλι να κλείνονται ερμητικά. Το μέλι είναι υγροσκοπικό και απορροφά από το περιβάλλον υγρασία. Σφραγισμένες κηρήθρες απορροφούν επίσης υγρασία.
- Το μέλι να αποθηκεύεται σε χώρους με θερμοκρασίες πάνω από 25 °C ή κάτω από 10 °C.
- Να γίνεται περιοδικός έλεγχος της υγρασίας του αποθηκευμένου μελιού με διαθλασίμετρο. Η χρησιμοποίησή του οργάνου αυτού είναι απλή και εύκολη. Όταν η υγρασία του προϊόντος ξεπερνά το 17%, το μέλι να θερμαίνεται στους 70° C για 5 λεπτά.

Ε. Ιξώδες

Το ιξώδες του μελιού αφορά την ρευστότητά του. Πράγματι το μέλι είναι παχύρρευστο, κολλώδες προϊόν αποτέλεσμα της περιεκτικότητάς του σε διάφορες ουσίες όπως είναι τα ζάχαρα, οι πρωτεΐνες, οι δέξτρινες, τα οργανικά οξέα οι γυρεοκόκκοι κ.ά. Το ιξώδες του μελιού διαφέρει από μέλι σε μέλι ανάλογα με την φυτική του προέλευση, τη χημική του σύνθεση και την περιεκτικότητά του σε υγρασία και την θερμοκρασία διατήρησης.

Η ρευστότητα του μελιού είναι σημαντικός παράγοντας κατά την επεξεργασία του προϊόντος, γιατί επηρεάζει την ροή του κατά τον τρύγο, το φιλτράρισμα, την ανάμιξη και την εμφιάλωση.

Η προέλευση του μελιού. Υπάρχουν μέλια με ιδιαίτερα υψηλό ιξώδες όπως είναι το μέλι ερείκης από το φυτό *Calluna vulgaris* που παράγεται στην Αγγλία και σε άλλες χώρες, το μέλι Manuka που παράγεται στην Ν. Ζηλανδία και το ελληνικό μέλι ελάτης Βυτίνας. Το ιξώδες των μελιών αυτών είναι τόσο υψηλό που δυσκολεύεται ακόμη και η εξαγωγή τους από τα πλαίσια. Το φαινόμενο είναι γνωστό με την αγγλική ονομασία thixotropy και αποδίδεται στην περιεκτικότητά τους σε συγκεκριμένες πρωτεΐνες που προκαλούν τη ζελατινώδη εμφάνιση. Αντίθετα υπάρχουν μέλια ιδιαίτερα ρευστά με μικρό ιξώδες όπως είναι το μέλι από τριφύλλια, από ευκάλυπτο από ακακία και αρκετά άλλα ανθόμελα.

Η Θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του μελιού, τόσο μειώνεται το ιξώδες του και αυξάνεται η ρευστότητά του (πίνακας 6). Το φαινόμενο είναι γνωστό και αξιοποιείται κατά την επεξεργασία του μελιού προκειμένου να φιλτραρισθεί ή να αναμιχθεί με άλλα μέλια.

Πίνακας 6. Το ιξώδες μελιού από τριφύλλια σε σχέση με την θερμοκρασία διατήρησης (Munro, 1943)

Θερμοκρασία °C	Ιξώδες (poise)
13,7	600,0
20,6	189,6
29,0	68,4
39,4	21,4
48,1	10,7
71,1	2,6

Η υγρασία. Επηρεάζει σημαντικά την ρευστότητα του μελιού και κατ' επέκταση το ιξώδες. Όσο μικρότερη είναι η υγρασία τόσο υψηλότερο είναι το ιξώδες. Εισαγόμενα μέλια έχουν γενικά υψηλότερες συγκεντρώσεις υγρασίας από τα ελληνικά, γι' αυτό και είναι περισσότερο «νερουλά»

Στ. Πυκνότητα (ειδικό βάρος)

Η πυκνότητα μιας ουσίας είναι η σχέση της μάζας της ανά μονάδα όγκου. Σχετική πυκνότητα (ειδικό βάρος) είναι ο λόγος της μάζας ενός συγκεκριμένου όγκου της ουσίας, σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, ως προς τη μάζα του ίδιου όγκου νερού. Επειδή το νερό έχει πυκνότητα ίση με 1.0000g για κάθε ml στους 4° C, οι μετρήσεις γίνονται στη θερμοκρασία αυτή.

Η πυκνότητα του μελιού είναι σημαντικός παράγοντας στο στάδιο επεξεργασίας και τυποποίησης του προϊόντος και ιδιαίτερα στις αναμίξεις (χαρμάνια). Μέλια με διαφορετική πυκνότητα δεν αναμιγνύονται εύκολα και ξεχωρίζουν με μορφή διαφόρων στρωμάτων στη μάζα του προϊόντος.

Το ειδικό βάρος του μελιού εξαρτάται από την περιεκτικότητα του μελιού σε υγρασία όπως φαίνεται από τον πίνακα 7.

Πίνακας 7. Το ειδικό βάρος του μελιού σε σχέση με την συγκέντρωση υγρασίας (White, 1979)

Υγρασία %	Ειδικό βάρος στους 20° C	Υγρασία %	Ειδικό βάρος στους 20° C	Υγρασία %	Ειδικό βάρος στους 20° C
13,0	1,4457	16,0	1,4295	19,0	1,4101
14,0	1,4404	17,0	1,4237	20,0	1,4027
15,0	1,4350	18,0	1,4171	21,0	1,3950

Ζ. Υγροσκοπικότητα

Μέλι με υγρασία μικρότερη από 18,3% έχει τη τάση να απορροφά από το περιβάλλον νερό, όταν η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος είναι πάνω από 60%. Η συμπεριφορά αυτή του μελιού είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί η υγρασία που απορροφάται παραμένει στην πάνω επιφάνεια του μελιού και προκαλεί το ξίνισμά του.

Βιβλιογραφία

- Βαρδαβάκης Ε, Θρασυβούλου Α, και Δ Ζούζουλας** (1994) Η ωσμώφιλη ζυμοχλωρίδα των ελληνικών μελιών. Γεωπονικά 351:67-73.
- Dyce E.J.** (1975) Producing finely granulated or creamed honey. Chapter 10, 293-306. In *The Honey a Comprehensive Survey*. Edit. Eva Crane
- Haydak Mykola** (1955) The nutritional value of honey. *Am. Bee J.* 95(5):185-191
- Liebl DE** (1977) Method of preserving honey. United States Patent No 4 050952, 1p
- Lochhead A.G.**(1933) Factors concerned with the fermentation of honey. *Zentbl.Bakt.Parasitde II Abt.*88:296-302
- Manikis I & Thrasivoulou A.**(2001) *The relation of physicochemical characteristics of honey and the crystallization sensitive parameters. Apiacta XXXVI (3):106-112*
- Munro J.A.** (1943) The viscosity and thixotropy of honey. *J. Econ. Ent.* 36(5):769-777
- Κωδούνης ΜΙ** (1962) Κρυστάλλωσις του μέλιτος. Διατριβή επί Διδακτορία. Υπουργείο Γεωργίας. Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών. Σελ.88
- Kalogereas SA** (1958) Preliminary report on the effect of ultrasonic waves on the crystallization of honey. *Science* 121:339-340
- Thrasivoulou A. J. Manikis and D. Tselios** (1994). Liquefying crystallized honey with ultra-sonic waves. *Apidologie* 25(2):297-302.
- White JW** (1979) Composition of honey 157-194 In *The Honey A Comprehensive Survey* (Ed. Eva Crane) Heinemann: London, pp 609