



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ, ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

## ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΒΙΟΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ



### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

**Εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στον τομέα των τροφίμων. Μελέτη σκοπιμότητας για την ανάπτυξη νέου προϊόντος με βάση το μέλι**

---

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. Παπαδημητρίου Βασιλική, Ερευνήτρια Β'**

**Βεντούρη Όλγα**

**00002  
Αθήνα, 2018**



UNIVERSITY OF THESSALY SCHOOL OF HEALTH SCIENCES  
DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY

NATIONAL HELLENIC RESEARCH FOUNDATION  
INSTITUTE OF BIOLOGY, MEDICINAL CHEMISTRY & BIOTECHNOLOGY



**INTERSTITUTIONAL PROGRAM OF POSTGRADUATE STUDIES  
IN  
BIOENTREPRENEURSHIP**



**MASTER THESIS**

---

**Nanotechnology applications in the food sector. Preliminary Feasibility  
study for the development of a new honey-based product**

---

**SUPERVISOR: Dr. Papadimitriou Vasiliki, Researcher B',**

**Ventouri Olga**

**00002  
Athens, 2018**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο σπουδών για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στο

## **ΒΙΟΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ**

που απονέμει το Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε συνεργασία με το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών.

Εγκρίθηκε την ..... από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

| <b>ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ</b>   | <b>ΒΑΘΜΙΔΑ</b>          | <b>ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b> |
|------------------------|-------------------------|-----------------|
| Ξενάκης Αριστοτέλης    | Ερευνητής Α΄            |                 |
| Παπαδημητρίου Βασιλική | Ερευνήτρια Β΄           |                 |
| Ψαρρά Άννα Μαρία       | Επίκουρος<br>καθηγήτρια |                 |

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στα πλαίσια του διδρυματικού μεταπτυχιακού προγράμματος «Βιοεπιχειρείν» του Τμήματος Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του Ινστιτούτου Βιολογίας, Φαρμακευτικής Χημείας και Βιοτεχνολογίας του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην επιτυχή εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Αρχικά πρέπει να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια μου κα. Παπαδημητρίου Βασιλική, τόσο για την επίβλεψη της εργασίας όσο και για την υπομονή της. Ήταν πάντα συνεργάσιμη και διαθέσιμη να βοηθήσει όπου χρειαζόταν. Στην συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω τον κο. Ξενάκη Αριστοτέλη που παρείχε καθοδήγηση, δρώντας καταλυτικά, καθώς οι γνώσεις και η εμπειρία του ήταν πολύτιμες και απαραίτητες για την επιτυχία της διπλωματικής μου εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στην συμφοιτήτρια μου και διδακτορική φοιτήτρια Θεοχάρη Ιωάννα για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για να με καθοδηγήσει και να με διορθώσει όπου χρειάστηκε, καθώς και για την υπομονή της, την υποστήριξη και την αμέριστη συμπαράστασή της.

Επιπλέον θέλω να αναφερθώ στους ανθρώπους εκτός του ακαδημαϊκού περιβάλλοντος, που έπαιξαν ιδιαίτερο ρόλο στην υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας. Ευχαριστίες απευθύνω στους φίλους για το ειλικρινές ενδιαφέρον και την ανοχή τους στις δύσκολες στιγμές που περάσαμε. Αρχικά την συνάδελφο Παππή Χρυσιάννα για την εξαιρετική συνεργασία και την ανιδιοτελή βοήθεια που παρείχε κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι συμβουλές της βοήθησαν να ξεπεραστούν οι διάφορες δυσκολίες που παρουσιάστηκαν καθ'όλη τη διάρκεια μελέτης.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, την μητέρα μου Ελένη και τον πατέρα μου Γιώργο, οι οποίοι πάντα πιστεύουν στις δυνατότητες μου, με συντροφεύουν σε κάθε μου βήμα και στηρίζουν τις σπουδές μου οικονομικά και ψυχολογικά. Ευχαριστώ τον σύντροφο μου Θεοχάρη Τιμολέων για την υπομονή που πάντα επιδεικνύει καθώς και την ηρεμία που μου προσέφερε. Αν έχω πετύχει κάτι έως τώρα, το οφείλω σε αυτούς.

Το μεγαλύτερο ευχαριστώ όμως το οφείλω στην αδελφή μου, διδακτορική φοιτήτρια Βεντούρη Ηρώ, χωρίς της οποίας την βοήθεια και κατανόηση δεν θα βρισκόμουν εδώ που βρίσκομαι τώρα. Η διπλωματική μου εργασία αφιερώνεται ολόψυχα σε εκείνη.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ</b> .....   | <b>8</b>  |
| 1.1 Εισαγωγή .....  | 8         |
| 1.2 Σκοπός και στόχοι .....   | 8         |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ</b> .....  | <b>9</b>  |
| 2.1 Εννοιολογικός προσδιορισμός, ορισμός Νανοτεχνολογίας .....  | 9         |
| 2.2 Εννοιολογικός προσδιορισμός νάνο-τροφίμου.....  | 9         |
| 2.3 Εφαρμογές την Νανοτεχνολογίας στον κλάδο των τροφίμων.....  | 9         |
| 2.4 Νανο-προϊόντα τροφίμων που προσφέρονται στην αγορά.....   | 10        |
| 2.5 Προβλεπόμενα οφέλη από τη χρήση της νανοτεχνολογίας στα τρόφιμα .....   | 11        |
| 2.6 Πιθανοί κίνδυνοι από τη χρήση των νανοϋλικών στα τρόφιμα .....  | 11        |
| 2.7 Υπάρχοντα κενά στην γνώση .....   | 12        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΝΑΝΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ</b> .....                             | <b>14</b> |
| 3.1 Νανοδόμηση και νανοενθυλάκωση .....   | 14        |
| 3.2 Νανοϋλικά .....   | 15        |
| 3.3 Συστήματα Μεταφοράς.....  | 16        |
| 3.4 Νανοϋλικά στα τρόφιμα .....   | 17        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΟΙ ΚΥΚΛΟΔΕΞΤΡΙΝΕΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ</b> .....   | <b>20</b> |
| 4.1 Χαρακτηριστικά κυκλοδεξτρινών.....  | 20        |
| 4.2 Ενθυλάκωση σε κυκλοδεξτρίνες .....  | 22        |
| Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (DSC) .....   | 24        |
| Φασματοσκοπία FT-IR .....   | 25        |
| 4.3 Οι κυκλοδεξτρίνες στην τεχνολογία τροφίμων .....  | 26        |
| 4.4 Κυκλοδεξτρίνες στα προϊόντα τροφίμων .....  | 27        |
| 4.5 Η αγορά των κυκλοδεξτρινών .....  | 27        |
| 4.6 Εγκεκριμένες κυκλοδεξτρίνες και κανονιστικά πλαίσια .....   | 27        |
| 4.7 Βιταμίνες και κυκλοδεξτρίνες .....  | 28        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΤΟ ΜΕΛΙ ΚΑΙ ΟΙ ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ</b> .....  | <b>29</b> |
| 5.1 Η ιδέα πίσω από την επιλογή του μελιού .....  | 29        |
| 5.2 Σύσταση και ιδιότητες του παραδοσιακού μελιού.....  | 31        |
| Το μέλι σε αντικατάσταση της ζάχαρης .....  | 31        |
| 5.3 Επιλογή βιταμινών για τον εμπλουτισμό του μελιού .....  | 33        |
| 5.4 Χαρακτηριστικά Βιταμινών.....   | 34        |
| 5.4.1 Η βιταμίνη D: Τα οφέλη και τα χαρακτηριστικά της.....   | 35        |
| 5.4.2 Η βιταμίνη E: Τα οφέλη και τα χαρακτηριστικά της.....   | 36        |
| 5.4.3 Η βιταμίνη C: Τα οφέλη και τα χαρακτηριστικά της.....   | 37        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ</b> .....                                      | <b>39</b> |
| 6.1 Μελέτη ανάπτυξης συμπλόκου κυκλοδεξτρίνης-βιταμίνης καθώς και έλεγχος επιτυχούς ενσωμάτωσης στο τελικό προϊόν μελιού.....     | 39        |
| 6.2 Θεωρητική Πρόταση μεθόδων συμπλοκοποίησης βιταμινών σε μόρια κυκλοδεξτρινών.....  | 40        |
| 6.3 Χαρακτηρισμός σωματιδίων συμπλόκων εγκλεισμού βιταμινών-κυκλοδεξτρινών .....  | 41        |
| □ Θερμική ανάλυση με DSC Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης.....   | 41        |
| 6.4 Ενσωμάτωση των συμπλόκων στο τελικό προϊόν μελιού.....  | 41        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΕΛΙΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΠΟΛΥΒΙΤΑΜΙΝΙΚΑ ΣΥΜΠΛΟΚΑ ΚΥΚΛΟΔΕΞΤΡΙΝΩΝ</b> ..... | <b>43</b> |
| 7.1 Ανάλυση της αγοράς.....   | 43        |

|                              |  |           |
|------------------------------|--|-----------|
| 7.2                          | Παραγωγή και αγορά μελιού στην Ελλάδα και τις χώρες της Ευρώπης .....  | 44        |
| 7.3                          | Περιγραφή του προϊόντος.....   | 46        |
| 7.4                          | Παραγωγή Προϊόντος.....  | 47        |
| 7.5                          | Προσωπικό.....   | 47        |
| 7.6                          | Εξοπλισμός .....   | 47        |
| 7.7                          | Ανταγωνισμός .....   | 48        |
| 7.8                          | Ομάδες καταναλωτών .....   | 49        |
| 7.9                          | Κανάλια προώθησης και προβολής του προϊόντος.....  | 50        |
| 7.8                          | Κανάλια Διανομής-Πώλησης.....  | 52        |
| 7.9                          | Ανάλυση SWOT .....   | 54        |
|                              | Πίνακας 1 Ανάλυση SWOT.....  | 54        |
| <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>    |  | <b>55</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>       |  | <b>57</b> |
|                              | Πίνακας 2 Παραδείγματα ενθυλάκωσης βιοδραστικών μορίων σε κυκλοδεξτρίνες για χρήση σε τρόφιμα .                          | 57        |
|                              | Πίνακας 3 Γενική σύσταση μελιού (Ahmed et al., 2018) .....   | 58        |
|                              | Πίνακας 4 Συνιστώμενα ημερήσια όρια πρόσληψης βιταμινών στην Ελλάδα (ΦΕΚ Β΄395/27.02.2004<br>Παράρτημα ΙΙΙ).....         | 58        |
|                              | Πίνακας 5 Βιταμινούχα συμπληρώματα διατροφής που κυκλοφορούν ευρέως στο εμπόριο .....                                    | 59        |
|                              | Πίνακας 6 Προϊόντα πρωίνου της ελληνικής και παγκόσμιας αγοράς εμπλουτισμένα με βιταμίνες.....                           | 60        |
|                              | Πίνακας 7 Προϊόντα μελιού εμπλουτισμένα με βότανα, φρούτα, καρπούς στην εγχώρια αγορά.....                               | 62        |
|                              | Πίνακας 8 Η παγκόσμια αγορά λειτουργικών τροφίμων, και μελλοντικές εκτιμήσεις (%) .....                                  | 64        |
|                              | Πίνακας 9. Παραδείγματα τροφίμων που περιέχουν κυκλοδεξτρίνες στο εμπόριο (Szente, L., & Szejtli, J.<br>(2004)).....     | 64        |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>    |  | <b>65</b> |
| <br><b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> |  |           |
|                              | <b>Εικόνα 1</b> Είδη συστημάτων μεταφοράς με εφαρμογές στα τρόφιμα (Joye et al., 2014).....                              | 16        |
|                              | <b>Εικόνα 2</b> Δομές της κυκλοδεξτρινών α-,β- και γ-(López-Nicolás, Rodríguez-Bonilla, & García- Carmona,<br>2014)..... | 20        |

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η έρευνα και μελέτη του κλάδου της ναυτεχνολογίας και η εφαρμογή των καινοτομιών που προσφέρει στην βελτίωση ενός παραδοσιακού ελληνικού προϊόντος. Το θεωρητικό μέρος εστιάζει στον ορισμό της ναυτεχνολογίας, δηλαδή στην οριοθέτηση της συγκεκριμένης επιστήμης, στη δυναμική και στις εφαρμογές που έχει στην βιομηχανία τροφίμων σήμερα. Στον αντίποδα, το τεχνικό μέρος αποτελείται από δυο μέρη: στο πρώτο μέρος θα γίνει μια αναφορά στη παρασκευή ενός νέου προϊόντος με βάση το μέλι ενώ στο δεύτερο μέρος θα γίνει μελέτη σκοπιμότητας του νέου προϊόντος.

Βάσει της ανάπτυξης της ναυτεχνολογίας στη βιομηχανία τροφίμων και της συνεισφοράς της στην συσκευασία, την επεξεργασία και την συντήρηση τροφίμων, έχει διασφαλιστεί ότι η χρήση ναυομεταφορέων δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης και παραγωγής πιο υγιεινών τροφίμων, εστιάζοντας στα εμπλουτισμένα τρόφιμα με συνδυαστικές ιδιότητες. Τα συστήματα μεταφοράς είναι εκείνα που δύνανται να μεταφέρουν μικροθρεπτικά συστατικά τα οποία υπολείπονται από την σύγχρονη διατροφή και πολλές φορές δεν λαμβάνονται σε επαρκείς ποσότητες. Προτείνεται και μελετάται η ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος με βάση το μέλι, εμπλουτισμένο με τις λιπόφιλες βιταμίνες D,E και την υδρόφιλη βιταμίνη C, οι οποίες θα εισαχθούν στο προϊόν με κυκλοδεξτρίνες. Η χρήση των κυκλοδεξτρινών σαν μεταφορέων ωφέλιμων συστατικών σε τρόφιμα και φάρμακα έχει επιφέρει μεγάλες αλλαγές στην ποιότητα των τροφίμων αλλά και στην δυνατότητα παροχής λειτουργικών τροφίμων, όπως εν προκειμένω το μέλι που θα εμπλουτιστεί με βιταμίνες οι οποίες λόγω της υψηλής τους ευαισθησίας σε φυσικοχημικές αλλαγές κατά την επεξεργασία τροφίμων, συνήθως καταστρέφονται σε μεγάλο ποσοστό.

Τέλος θα γίνει μια προσέγγιση ανάλυσης της μελισσοκομικής αγοράς και της αγοράς λειτουργικών τροφίμων σε εγχώριο και ευρωπαϊκό επίπεδο. Παράλληλα θα πραγματοποιηθεί προμελέτη σκοπιμότητας παρουσιάζοντας το καταναλωτικό κοινό-στόχο, πώς αναμένεται να γίνει η προσέγγιση του, τι προσφέρει το προτεινόμενο προϊόν, και ποιοί πόροι και συνεργασίες θα αναζητηθούν. Επιπλέον γίνεται αναφορά σε πιθανούς κινδύνους που ενδέχεται να αντιμετωπίσει η είσοδος του προϊόντος στην αγορά

**Λέξεις κλειδιά:** ενθυλάκωση, ναυοδόμηση, κυκλοδεξτρίνες, μέλι, βιταμίνη D, βιταμίνη E, βιταμίνη C

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή στην εργασία

## 1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιείται στο πλαίσιο της νανοτεχνολογίας και της διερεύνησης του εύρους των δυνατοτήτων που αυτή προσφέρει για την ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων στον τομέα των τροφίμων. Η ανάπτυξη του θέματος εστιάζεται στην κατανόηση της δυναμικής που έχει η νανοτεχνολογία σήμερα στη σύγχρονη αγορά, σε επίπεδο παρασκευής και συσκευασίας τροφίμων. Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά στη νανοτεχνολογία και στις ιδιότητες της. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι της νανο-τεχνολογίας εστιάζοντας στις εφαρμογές της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας στους κλάδους και των τροφίμων. Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετώνται οι κυκλοδεξτρίνες καθώς αποτελούν το προτεινόμενο σύστημα μεταφοράς των βιταμινών που προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή καινοτόμου εμπλουτισμένου προϊόντος μελιού. Προχωρώντας στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται επισταμένη αναφορά στις ευεργετικές ιδιότητες βιταμινών και μελιού, δεδομένου ότι αποτελούν τα βασικά συστατικά του προϊόντος. Στο έκτο κεφάλαιο αναπτύσσεται προμελέτη σκοπιμότητας αναφορικά με το προϊόν μελιού στο οποίο η παραγωγή βασίζεται στην επιστήμη της νανοτεχνολογίας και συγκεκριμένα στην χρήση κυκλοδεξτρινών. Η εργασία ολοκληρώνεται με συμπεράσματα από το σύνολο της μελέτης σχετικά με το εξεταζόμενο θέμα.

## 1.2 Σκοπός και στόχοι

Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση πληροφοριών σχετικών με τον κλάδο της νανοτεχνολογίας και τις προβλεπόμενες εφαρμογές στον τομέα των τροφίμων καθώς και η ανάπτυξη μελέτης σκοπιμότητας σχετικής με τη παραγωγή εμπλουτισμένου προϊόντος μελιού με βάση τη νανοενθυλάκωση βιταμινών σε κυκλοδεξτρίνες. Θα γίνει εκτενής αναφορά στην επιστήμη πίσω από την ιδέα, και τις κύριες εφαρμογές της νέας αυτής τεχνολογίας στο πεδίο των τροφίμων. Παράλληλα θα αναφερθούν οι κανονισμοί και οι κίνδυνοι σχετικοί με το θέμα και την εξεταζόμενη αγορά. Τέλος θα παρουσιαστεί ο ανταγωνισμός στον κλάδο και θα υπολογιστούν οι οικονομικοί παράμετροι που αφορούν προϊόν ελληνικού μελιού το οποίο έχει ενισχυθεί με βιταμίνες που του προσδίδουν επιπλέον διατροφική αξία.



## **Κεφάλαιο 2° Εισαγωγή στη Νανοτεχνολογία και οι ιδιότητες της**

### **2.1 Εννοιολογικός προσδιορισμός, ορισμός Νανοτεχνολογίας**

Ο όρος νανοτεχνολογία επικεντρώνεται σε τεχνολογίες που δημιουργούν, μελετούν και χρησιμοποιούν νέα υλικά και λειτουργικές δομές μεγέθους 1 έως και 100 νανόμετρα (nm). Τα νανοϋλικά μπορεί να έχουν διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες σε σχέση με τα ίδια υλικά σε κανονική κλίμακα και έχουν τη δυνατότητα να συμπεριφέρονται διαφορετικά με πολλούς χρήσιμους τρόπους.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2011) ως νανοϋλικό ορίζεται «Ένα φυσικό, τυχαίο ή κατασκευασμένο υλικό που περιέχει σωματίδια σε αδέσμευτη κατάσταση ή ως συσσωμάτωμα, από τα οποία το 50% τουλάχιστον έχει μια ή περισσότερες διαστάσεις στην περιοχή μεγέθους 1 nm - 100 nm»

Λόγω του αυξημένου ειδικού εμβαδού κατ' όγκο, τα χαρακτηριστικά των νανοϋλικών ενδέχεται να είναι διαφορετικά συγκριτικά με το ίδιο υλικό χωρίς χαρακτηριστικά νανο-κλίμακας (Pal'tsev, Kiselev, & Sveshnikov, 2009)

Μερικοί από τους τομείς που βρίσκουν εφαρμογές τα νανοϋλικά είναι οι εξής: Βιοτεχνολογία, Ιατρική, Φαρμακολογία, Κοσμητολογία, Μικροηλεκτρονική, Τηλεπικοινωνίες και Τρόφιμα. Οι ταχύτερες εξελίξεις στις νάνο-επιστήμες και τις νανοτεχνολογίες τα τελευταία χρόνια έχουν ανοίξει νέες προοπτικές σε πολλούς βιομηχανικούς και καταναλωτικούς τομείς ώστε να θεωρούνται η εστία μιας νέας βιομηχανικής επανάστασης.

### **2.2 Εννοιολογικός προσδιορισμός νάνο-τρόφιμου**

Ως νάνο-τρόφιμο ορίζεται το τρόφιμο που έχει καλλιεργηθεί, παραχθεί, επεξεργαστεί ή συσκευαστεί με χρήση νανοτεχνολογίας ή περιέχει στη σύστασή του συνθετικά νανοϋλικά (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011). Τα νάνο-τρόφιμα μπορούν να βελτιώσουν την πρόσληψη, την απορρόφηση και τη βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών και των μικρό-θρεπτικών συστατικών στον οργανισμό σε σύγκριση με τα συμβατικά τρόφιμα.

### **2.3 Εφαρμογές την Νανοτεχνολογίας στον κλάδο των τροφίμων**

Ο κύριος στόχος των νέων εφαρμογών φαίνεται να είναι η συσκευασία των τροφίμων καθώς και τα προϊόντα διατροφής για την προαγωγή της υγείας, για τα οποία όμως υπάρχουν λίγα γνωστά παραδείγματα στους κύριους τομείς τροφίμων και ποτών (Rashidi & Khosravi-Darani, 2011). Για παράδειγμα, σαν διατροφικά πρόσθετα αλλά και σαν αντιμικροβιακοί παράγοντες στην συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιούνται ο ψευδάργυρος και το οξειδίο ψευδαργύρου, ενώ ο λευκόχρυσος και ο

χρυσός χρησιμοποιούνται σαν βιοαισθητήρες προκειμένου να βελτιώσουν την ανάλυση τροφίμων.

#### **2.4 Νανο-προϊόντα τροφίμων που προσφέρονται στην αγορά**

Οι απαιτήσεις των καταναλωτών επικεντρώνονται κυρίως σε θέματα γεύσης, φρεσκάδας και υγιεινής των τροφίμων ενώ η αντίστοιχη αγορά τροφίμων απαιτεί τεχνολογίες που στοχεύουν επίσης σε παραγωγή αυθεντικών, πρακτικών και γευστικών προϊόντων. Η παράταση της διάρκειας ζωής και της φρεσκάδας των προϊόντων με παράλληλη βελτίωση της ποιότητας του τροφίμου είναι βασικοί στόχοι. Η ανίχνευση πολύ μικρών ποσοτήτων χημικών επιμολυντών, ιών και βακτηρίων αποτελούν βασική εφαρμογή της νανοτεχνολογίας (Shefer & Shefer, 2003). Νάνο-τρόφιμα τα οποία περιέχουν συνθετικά υλικά σε μέγεθος νάνο-κλίμακας βρίσκονται ήδη στα ράφια των σουπερμάρκετ με σημαντικά παραδείγματα μεγάλων εταιριών να έχουν ενσωματώσει ήδη στην παραγωγή τους νανοτεχνολογίες. Εταιρίες κολοσσοί όπως η Nestle και η Unilever έχουν εργαστεί στην ανάπτυξη παγωτού με χρήση νανογαλακτωμάτων προκειμένου να επιτύχουν περιεχόμενο χαμηλότερων λιπαρών το οποίο διατηρεί παρόλα αυτά την υφή και γεύση του (Saransh Wales Maurya, 2018).

Η Aquanova, μια Γερμανική εταιρεία που δραστηριοποιείται στο χώρο των συμπληρωμάτων, έχει αναπτύξει μια νανοτεχνολογία η οποία βασίζεται σε ένα σύστημα μεταφοράς με βάση τα μικύλλια με διάμετρο 30nm προκειμένου να ενθυλακωθούν ενεργά συστατικά όπως βιταμίνες, συνένζυμα, φλαβονοειδή, καροτενοειδή χρωστικές καθώς και λιπαρά οξέα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν συντηρητικά τροφίμων. Ενεργά συστατικά όπως βιταμίνες, συντηρητικά και ένζυμα έχουν προστεθεί πρόσφατα με μορφή μικροκάψουλας σε τρόφιμα. Για παράδειγμα πολλά από τα κοινώς χρησιμοποιούμενα πρόσθετα τροφίμων ωμέγα-3 έχουν ενθυλακωθεί σε έλαιο τόνου που χρησιμοποιείται από την Nu-Mega Driphorm για να ενισχυθούν αρτοσκευάσματα στην Αυστραλία (Rai, Ribeiro, Mattoso, & Duran, 2015)

Η εταιρεία Nutralase Ltd Company ανέπτυξε ένα καινοτόμο φορέα για φαρμακοδιατροφικά σκευάσματα (nutraceuticals) προκειμένου να ενσωματωθεί σε διάφορα τρόφιμα ή καλλυντικά, αυξάνοντας τη βιοδιαθεσιμότητα βιοδραστικών συστατικών. Κάποια από τα βιοδραστικά συστατικά που ενσωματώθηκαν σε φορείς περιλαμβάνουν το λυκοπένιο, β-καροτένιο και φυτοστερόλες. Τα φαρμακοδιατροφικά σκευάσματα που παρασκευάστηκαν, χρησιμοποιούνται σαν βελτιωμένα τρόφιμα προκειμένου να αποτρέψουν την συσσώρευση χοληστερόλης (Mozafari et al., 2006)

Η παραγωγή λειτουργικών προϊόντων όπως αναψυκτικών, παγωτού, σοκολάτας και τσιπς πατάτας λανσάρονται ως υγιεινά τρόφιμα είτε μειώνοντας τα περιεχόμενα λιπαρά, τους υδατάνθρακες και τις περιεχόμενες θερμίδες είτε αυξάνοντας τα περιεχόμενα πρωτεϊνών, ινών ή βιταμινών.

Η ανάπτυξη τροφίμων τα οποία μπορούν να επιδεχθούν οποιαδήποτε τροποποίηση γεύσης ή διατροφικών ιδιοτήτων ανάλογα με τις ατομικές διατροφικές ανάγκες, αλλεργίες ή γευστικές προτιμήσεις των καταναλωτών με ταυτόχρονη μείωση του κόστους παραγωγής τους και με

αντίστοιχη μείωση των επιπέδων χρήσης πρόσθετων, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις βιομηχανίες τροφίμων διεθνώς.

Ήδη στις ΗΠΑ έχει συνταχθεί ευρεία λίστα η οποία καταγράφει προϊόντα που κυκλοφορούν και για τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί νανοτεχνολογίες ή νανοϋλικά και παρέχεται στον καταναλωτή διαρκής ενημέρωση (Vance et al., 2015).

## **2.5 Προβλεπόμενα οφέλη από τη χρήση της νανοτεχνολογίας στα τρόφιμα**

Οι νέες εξελίξεις που προέρχονται από τις νανοτεχνολογίες προσφέρουν πολλά οφέλη στον τομέα των τροφίμων τόσο στις αναπτυσσόμενες όσο και , στις ανεπτυγμένες χώρες. Οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν:

- Περισσότερο αποτελεσματικές μεθόδους παραγωγής τροφίμων και μικρότερη χρήση αγροχημικών προϊόντων
- Υγιεινή επεξεργασία τροφίμων/ζωοτροφών (π.χ καλύτερη ασφάλεια και ποιότητα τροφίμων και ζωοτροφών, μείωση των ασθενειών που οφείλονται στις τροφές στις αναπτυσσόμενες χώρες κ.α)
- Νέα προϊόντα διατροφής με βελτιωμένες γεύσεις και υφές (υγιεινά/θρεπτικά/προϊόντα διατροφής)
- Μεγαλύτερη διάρκεια συντήρησης των τροφίμων
- Καινοτόμες, ελαφριές, πιο ανθεκτικές και λειτουργικότερες συσκευασίες (μείωση του κόστους μεταφοράς και των υλικών συσκευασίας στο περιβάλλον)
- «Έξυπνες» ετικέτες για την εξασφάλιση της γνησιότητας, της περιεκτικότητας και της ασφάλειας των τροφίμων (Chaudhry, Castle, & Watkins, 2017)

## **2.6 Πιθανοί κίνδυνοι από τη χρήση των νανοϋλικών στα τρόφιμα**

Η ραγδαία ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας έχει επιφέρει μία σειρά ανησυχιών για την ασφάλεια των προϊόντων αλλά και για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η EFSA εξέδωσε έγγραφο καθοδήγησης σχετικά με τον τρόπο αξιολόγησης των δυνητικών κινδύνων που σχετίζονται με ορισμένες χρήσεις της νανοτεχνολογίας στον τομέα των τροφίμων και ανέπτυξε μια πρακτική προσέγγιση για την αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων που προκύπτουν από εφαρμογές της νανοεπιστήμης και των νανοτεχνολογιών στην αλυσίδα τροφίμων (EFSA Journal;9(5):2140). Οι ανησυχίες προέρχονται από την έλλειψη επαρκούς γνώσης σχετικά με τις πιθανές δυσμενείς επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον καθώς οι φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες των νανοϋλικών είναι πιθανόν να διαφέρουν κατά πολύ από αυτές των συμβατικών μορφών τους, Για παράδειγμα υπάρχει σοβαρός προβληματισμός σχετικά με τη χρήση

νανοσωματιδίων λόγω του ότι μπορούν να διαπεράσουν τους βιολογικούς φραγμούς και να προσεγγίσουν μέρη του σώματος τα οποία προστατεύονται από την είσοδο (μεγαλύτερων) σωματιδιακών υλικών. Τα νανοϋλικά διακρίνονται σε «επίμονα υλικά», δυνητικά επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό και σε «φυσικά υλικά», τα οποία πέπτονται και μεταβολίζονται κανονικά, όπως τα συστατικά τροφίμων και είναι αυτά που κυρίως παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην νανοτεχνολογική προσέγγιση σχεδιασμού και ανάπτυξης τροφίμων.

Τα προϊόντα που περιέχουν φυσικά νανοϋλικά που μπορεί να υποστούν πέψη στην γαστρεντερική οδό ενδέχεται να μην απαιτούν λεπτομερή αξιολόγηση σε σύγκριση με τα προϊόντα που περιέχουν μη διαλυτά και βιοανθεκτικά νανοϋλικά. Το προφίλ ADME (απορρόφηση, κατανομή, μεταβολισμός και απέκκριση) και των τοξικολογικών ιδιοτήτων δεν είναι πλήρως γνωστά σήμερα. Οι επιπλοκές στα ζητήματα ασφαλείας των καταναλωτών που αφορούν την νάνο-τεχνολογία στα τρόφιμα, συνδέονται με την φυσικοχημική φύση των νανοσωματιδίων και την πιθανότητα να επεκταθούν στον άνθρωπο μέσα από την κατανάλωση των νανोटροφίμων. Οι πιθανοί τρόποι έκθεσης του ανθρώπου σε νανοσωματίδια είναι μέσω της δερματικής επαφής, κατάποσης ή εισπνοής.

Όσον αφορά στην εκτίμηση του κινδύνου των εφαρμογών νανοτεχνολογίας, πρέπει να σημειωθεί ότι τα υλικά με έντονη τοξικότητα δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στα τρόφιμα. Συνεπώς, τυχόν προβληματισμοί σχετικά με την ασφάλεια των καταναλωτών αφορούν κυρίως σε μακροπρόθεσμες ή απρόβλεπτες επιβλαβείς επιπτώσεις της έκθεσης στα νανοϋλικά (Llorens, Lloret, Picouet, Trbojevič, & Fernandez, 2012).

## **2.7 Υπάρχοντα κενά στην γνώση**

Λόγω των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της χρήσης νανοϋλικών στα τρόφιμα, υπάρχουν ορισμένα κενά σε επίπεδο γνώσεων που χρειάζονται περαιτέρω έρευνα. Αυτά περιλαμβάνουν (Sekhon, 2010):

- Απαιτήση για σαφή και κατάλληλο ορισμό των νανοϋλικών και των νανοτεχνολογιών. Αυτό εξετάζεται επί του παρόντος στο πλαίσιο της αναδιατύπωσης των νόμων για τα τρόφιμα στην Ευρώπη. Επιπλέον, έχουν υιοθετηθεί ορισμένοι (αλλά όχι τελικοί) ορισμοί για διάφορους όρους που σχετίζονται με τις νανοτεχνολογίες για τους σκοπούς των συζητήσεων των φορέων FAO / WHO / CODEX.
- Απαιτήση για διαθέσιμες επικυρωμένες μεθόδους ανίχνευσης και χαρακτηρισμού των νανοϋλικών σε μήτρες τροφίμων. Σήμερα, λίγα ερευνητικά προγράμματα αντιμετωπίζουν αυτήν την ανάγκη. Για παράδειγμα, το έργο «Nanolysse» της ΕΕ ([www.nanolysse.eu](http://www.nanolysse.eu)) και τα σχετικά έργα στο USDA / NIFA.
- Απαιτήση για τοξικολογική έρευνα σχετικά με την ασφάλεια των νανοϋλικών.

- Τα προφίλ ADME των νανοϋλικών μπορεί να διαφέρει και δεν είναι γνωστό πώς συμπεριφέρονται τα νάνο-σωματίδια στον οργανισμό.
- Οι πιθανές μακροπρόθεσμες συνέπειες για την υγεία λόγω της πρόσληψης μη διαλυτών και βιοανθεκτικών (σκληρών) νανοσωματιδίων μέσω των τροφίμων, δεν είναι γνωστές σήμερα.
- Οι οδηγίες σχετικά με τις μεθοδολογίες αξιολόγησης κινδύνου είναι αποσπασματικές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> Νανοδομές και Χρήσεις της Νανοτεχνολογίας στη βιομηχανία τροφίμων

### 3.1 Νανοδόμηση και νανοενθυλάκωση

Ο κύριος και πιο βασικός ρόλος της νανοτεχνολογίας στον τομέα της επεξεργασίας στην βιομηχανία τροφίμων είναι η βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος αλλά και η καλύτερη διάθεση και διασπορά των θρεπτικών του συστατικών.

**Νανοδόμηση** είναι η τεχνολογία εισαγωγής κατάλληλων νανοϋλικών στα συστατικά ενός τροφίμου. Η νανοδόμηση των φυσικών συστατικών των τροφίμων μπορεί επί παραδείγματι να επιτρέψει τη μείωση των λιπαρών σε ένα τρόφιμο χωρίς να επηρεάζει τις οργανοληπτικές του ιδιότητες. Σύμφωνα με έρευνες η νανοδόμηση μπορεί δυνητικά να επιτρέψει την παραγωγή τροφίμων με ικανοποιητική γεύση και υφή που όμως περιέχουν σημαντικά λιγότερα λιπαρά (Chaudhry, Watkins, & Castle, 2017).

**Νανοενθυλάκωση** είναι η τεχνολογία που περιλαμβάνει την ενσωμάτωση ενός δραστικού συστατικού μέσα σε μια συγκεκριμένη δομή στη νανοκλίμακα. Η νανοενθυλάκωση εφαρμόζεται στην τεχνολογία τροφίμων για να καλύψει ανεπιθύμητες οσμές και γεύσεις, να ελέγξει τις αλληλεπιδράσεις των ενεργών συστατικών στο τρόφιμο και την αποδέσμευση των ενεργών παραγόντων στον οργανισμό. Επιπλέον, διασφαλίζει την διαθεσιμότητα του συστατικού σε συγκεκριμένο χρόνο και με καθορισμένο ρυθμό, προστατεύοντας από συνθήκες υγρασίας, θερμότητας, χημικής και βιολογικής υποβάθμισης κατά την επεξεργασία, χρήση και αποθήκευση των προϊόντων. Παράλληλα επιτρέπει στις βιοδραστικές ουσίες να διασπείρονται σε περιβάλλοντα αντίθετης πολικότητας μέσω της ενθυλάκωσης τους στα νανοσυστήματα μεταφοράς.

Παρατηρείται μεγάλο ενδιαφέρον στην ενσωμάτωση διαφόρων ειδών μικροθρεπτικών συστατικών (ιχνοστοιχεία, βιταμίνες, λιπαρά οξέα, φλαβονοειδή και καροτενοειδή) σε λειτουργικά τρόφιμα και ποτά προκειμένου να βελτιωθεί η ανθρώπινη υγεία μέσω της διατροφής (Joye, Davidon-Pardo, & McClements, 2014). Τα λειτουργικά τρόφιμα παίζουν πλέον ένα ισχυρό ρόλο στην επιλογή των καταναλωτών. Το Διεθνές Ινστιτούτο Βιοεπισημών έχει ορίσει τα λειτουργικά τρόφιμα ως “τρόφιμα τα οποία έχουν ευεργετικές επιδράσεις σε μια ή περισσότερες λειτουργίες-στόχους του σώματος, πέρα από τις συνήθεις επιδράσεις των τροφίμων, όπως τη βελτίωση της κατάστασης της υγείας ή μειώνοντας το ρίσκο για ασθένεια”. Παραδείγματα τέτοιων τύπων τροφίμων περιλαμβάνουν την προσθήκη φολικού οξέος σε δημητριακά, το οποίο μειώνει το ρίσκο νευρολογικών ελαττωμάτων κατά την ανάπτυξη εμβρύων. Επιπλέον γίνεται ενίσχυση του γάλακτος με ασβέστιο ώστε να καταπολεμηθεί η οστεοπόρωση καθώς και η προσθήκη ωμέγα-3 λιπαρών οξέων σε ψωμί για να λειτουργήσει βοηθητικά στην καταπολέμηση ασθενειών της καρδιάς.

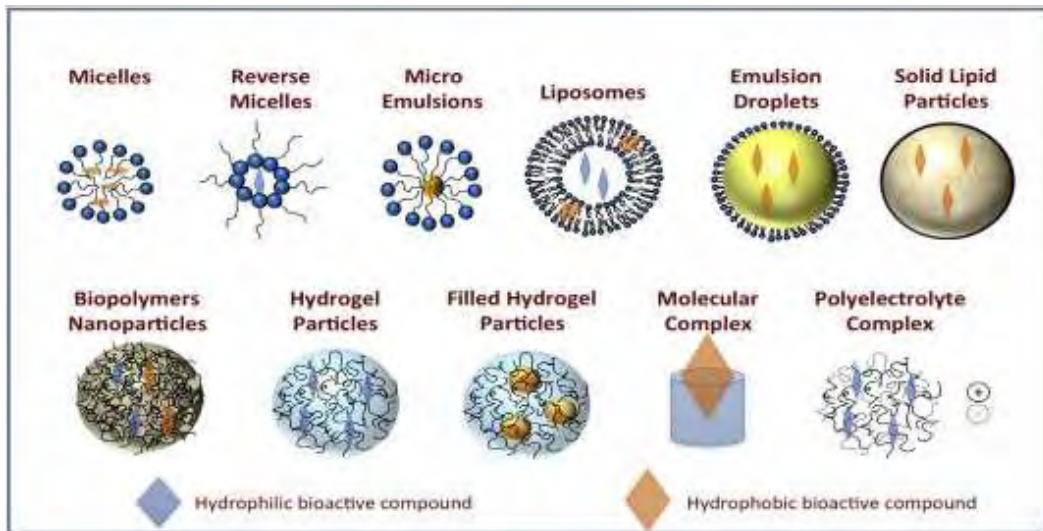
Κάποια από τα θρεπτικά συστατικά είναι βασικά για την λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (όπως οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία) ενώ άλλες βιοδραστικές ουσίες προέρχονται από

τρόφιμα και παρέχουν επιπρόσθετα οφέλη υγείας (πχ φαρμακοδιατροφικά σκευάσματα-nutraceuticals). Πολλά μικροθρεπτικά στοιχεία δεν είναι δυνατό να ενσωματωθούν στην αρχική τους μορφή στα προϊόντα τροφίμων εξαιτίας διαφόρων φυσικοχημικών και βιολογικών φραγμών. Ενδέχεται να έχουν χαμηλή διαλυτότητα σε λάδι ή/και σε νερό και να απαιτείται η ενσωμάτωση έπειτα από τροποποίηση της αρχικής τους μορφής. Πολλές φυσικές, χημικές ή ενζυμικές αντιδράσεις υποβαθμίζουν τα τρόφιμα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, αποθήκευσης, μεταφοράς ή προετοιμασίας τους και πρέπει αυτά να προστατευθούν. Η ευπάθεια των μικροθρεπτικών συστατικών στην υποβάθμιση των τροφίμων εξαρτάται κυρίως από τα μοριακά και φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά όπως επίσης και από τη φύση του τροφίμου αλλά και τις συνθήκες αποθήκευσης. Η χημική αστάθεια περιλαμβάνει αλλαγές στην μοριακή δομή των μικροθρεπτικών συστατικών που μπορεί να οδηγήσουν σε αισθητές αλλαγές στις φυσικοχημικές τους ιδιότητες αλλά και στα θρεπτικά τους χαρακτηριστικά. Τυπικά παραδείγματα χημικής υποβάθμισης αυτού του είδους είναι η οξειδωση, υδρόλυση και ισομερίωση. Αυτές οι αντιδράσεις μπορούν να καταλυθούν από ένζυμα που υπάρχουν στο τρόφιμο. Η φυσική αστάθεια οφείλεται στις αλλαγές οργάνωσης των μορίων του θρεπτικού συστατικού στο σύστημα όπως αλλαγές φάσης (πχ κρυστάλλωση). Ένας συνήθης λόγος που επιλέγεται η χρήση νανοτεχνολογικών μεθόδων και κυρίως η ενθυλάκωση, είναι η αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας τους που είναι συνήθως μικρή σε χορήγηση από το στόμα (McClements, 2014).

Για όλους τους παραπάνω λόγους κατά τα τελευταία χρόνια οι ερευνητές έχουν εκφράσει το ενδιαφέρον τους για την ανάπτυξη εφαρμογών στον τομέα της παραγωγής και επεξεργασίας των τροφίμων χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο εύρος νανοϋλικών. Για παράδειγμα, νανοσωματίδια που παρασκευάζονται από βιοσυμβατά και ασφαλή συστατικά όπως λιπίδια, πρωτεΐνες, ιχνοστοιχεία και πολυσακχαρίτες. Σε αυτά ενθυλακώνονται ουσίες όπως λυκοπένιο, το βενζοϊκό οξύ, κιτρικό οξύ, ασκορβικό οξύ όπως και βιταμίνες Α και Ε, ισοφλαβόνες και τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και χρησιμοποιούνται για να αυξηθεί η βιοδιαθεσιμότητά τους (Joye et al., 2014).

### **3.2 Νανοϋλικά**

Τα νανοϋλικά ορίζονται ως τα υλικά στα οποία περιέχονται σωματίδια με διαστάσεις στην νανοκλίμακα 1nm-100nm (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011). Θεωρούνται ιδανικά για χρήσεις σε πολλά πεδία εφαρμογών από τα αγροχημικά προϊόντα μέχρι την ιατρική. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα νανοϋλικά που συναντούμε στον τομέα των τροφίμων είναι: (α) νάνο-σωματίδια (nanoparticles), (β) νάνοσωλήνες (nanotubes), (γ) νανοδιασπορές (nanodispersions), (δ) νανολιποσώματα και (ε) νανο-συσκευές (nanodevices)



Εικόνα 1 Είδη συστημάτων μεταφοράς με εφαρμογές στα τρόφιμα (Joye et al., 2014).

### 3.3 Συστήματα Μεταφοράς

Τα συστήματα μεταφοράς στη νανοκλίμακα (νανοφορείς) αποτελούν πεδίο ενδιαφέροντος πολλών ερευνητικών ομάδων και φαίνεται να παρέχουν έναν αποδοτικό τρόπο μεταφοράς θρεπτικών συστατικών. Σύμφωνα με τους Oehlke et al., 2014 παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όπως :

- εξαιρετικά μικρό μέγεθος
- βελτίωση της διαλυτότητας του περιεχόμενου υλικού
- ενίσχυση της παραμονής στο γαστρεντερικό σύστημα
- ενίσχυση της φυσικοχημικής σταθερότητας
- αυξημένη εντερική διαπερατότητα
- ελεγχόμενη αποδέσμευση στην περιοχή του γαστρεντερικού συστήματος
- ενδοκυτταρική/εξωκυτταρική μεταφορά ουσιών.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος μεταφοράς για μια συγκεκριμένη εφαρμογή απαιτεί την κατανόηση των ιδιοτήτων του καθώς επίσης και την φύση του τροφίμου στο οποίο θα ενσωματωθεί. Για να ελεγχθεί αποτελεσματικά η σταθερότητα του ενθυλακωμένου συστατικού -είτε χημική, είτε φυσική είτε σταθερότητα παρουσία ενζύμων- είναι κρίσιμης σημασίας να ταυτοποιηθούν οι μηχανισμοί υποβάθμισης που κυριαρχούν και να μελετηθούν οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την υποβάθμιση (pH, θερμοκρασία, οξυγόνο, φως και ενεργότητα νερού). Οι νανοφορείς απαιτείται να είναι σταθεροί, μη τοξικοί, και βιοσυμβατοί. Οι πολυσακχαρίτες, οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τα χαμηλού μοριακού βάρους επιφανειοενεργά είναι τα πιο διαδεδομένα υλικά-φορείς ιδιαίτερα στον τομέα των τροφίμων και χαρακτηρίζονται γενικά ασφαλή (Augustin & Hemar, 2009).



### **3.4 Νανοϋλικά στα τρόφιμα**

#### **3.4.1 Νανογαλακτώματα**

Τα εδώδιμα νανογαλακτώματα έχουν εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών καθώς ενθυλακώνουν, προστατεύουν και μεταφέρουν τόσο υδρόφιλα όσο και λιπόφιλα συστατικά με λειτουργικές ιδιότητες όπως τα καρτενοειδή, τα φλαβονοειδή, οι φυτοστερόλες, οι λιποδιαλυτές ή υδατοδιαλυτές βιταμίνες και διάφορα αντιοξειδωτικά. Είναι κολλοειδείς διασπορές αποτελούμενες από δύο μη αναμίξιμα υγρά (συνήθως νερό και λάδι) και επιφανειοενεργές ουσίες. Τα νανογαλακτώματα κατηγοριοποιούνται σε νανογαλακτώματα τύπου έλαιο-σε νερό (O/W) και νερό-σε-έλαιο (W/O) ανάλογα με την φύση της διεσπαρμένης φάσης στο σύστημα. Είναι διαυγή ή ελαφρώς θολά. Η μια φάση διασπείρεται στην άλλη με μορφή σταγονιδίων μεγέθους συνήθως 50-200 nm. Παρόλο που τα νανογαλακτώματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως η ευκολία παρασκευής τους, ο έλεγχος του μεγέθους του νανοσταγονιδίου, η δυνατότητα παραγωγής σε βιομηχανική κλίμακα, η γρήγορη απορρόφηση σε λήψη δια στόματος και η άμεση διείσδυση στο δέρμα, συνήθως απαιτούν μεγάλες ποσότητες επιφανειοενεργών που ενδέχεται να οδηγήσουν σε πιθανούς περιορισμούς όσον αφορά τη σύστασή τους (McClements, 2013). Σε γενικότερο πλαίσιο όμως θεωρούνται κινητικά σταθερά συστήματα και οι ευέλικτες ιδιότητες τους τα θέτουν αποδεκτά για χρήση σε τρόφιμα. Στην βιομηχανία τροφίμων υπάρχει πληθώρα εφαρμογών μακρογαλακτωμάτων με πιο γνωστά, στον καταναλωτή, τη μαγιονέζα (παράδειγμα γαλακτώματος τύπου έλαιο-σε-νερό (o/w)), τη μαργαρίνη και το βούτυρο (παράδειγμα γαλακτώματος τύπου νερό-σε-έλαιο (w/o)).

#### **3.4.2 Νανολιποσώματα**

Τα λιποσώματα ανήκουν στις κολλοειδείς διασπορές συστημάτων μεταφοράς βιοδραστικών μορίων τα οποία έχουν την ικανότητα μεταφοράς τους, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητά τους. Οι διαστάσεις των λιποσωμάτων ανάλογα με την μέθοδο παρασκευής τους και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δομικών τους μονάδων είναι της τάξεως των νανομέτρων μέχρι της τάξεως μερικών μικρομέτρων.

Τα νανολιποσώματα είναι κλειστές, συνεχείς, διστρωματικές δομές οι οποίες δομούνται κυρίως από λιπιδικά ή φωσφολιπιδικά μόρια, με δομές μορφής «κρεμμυδιού» σε υδάτινα περιβάλλοντα και μπορούν να παρασκευαστούν με θέρμανση χωρίς τη χρήση επιβλαβών χημικών ή κάποιας πολύπλοκης διαδικασίας (Mozafari & Khosravi-Darani, 2007). Τα υδρόφιλα υλικά μπορούν να ενθυλακωθούν στην εσωτερική υδάτινη περιοχή τους ενώ τα λιπόφιλα υλικά μπορούν να ενσωματωθούν ανάμεσα στις λιπιδικές στοιβάδες. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης λιποσωμάτων στην βιομηχανία τροφίμων είναι ότι μπορούν να σχηματιστούν από φυσικά συστατικά όπως φυσικά λιπίδια, και κυρίως φωσφολιπίδια και στερόλες. Παρόλο που έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, έχουν δείξει περιορισμούς όπως χαμηλά ποσοστά απόδοσης κατά την

ενθυλάκωση, μικρή σταθερότητα σε συνθήκες αποθήκευσης, ευαισθησία σε συνθήκες οξείδωσης και μικρό χρόνο αποδέσμευσης της βιοδραστικής ουσίας (Kamaly, Xiao, Valencia, Radovic-Moreno, & Farokhzad, 2012).

### 3.4.3 Νανοσωματίδια SLN (Solid lipid nanoparticles)

Τα νανοσωματίδια SLN (Solid lipid nanoparticles) έχουν αναφερθεί ως καινοτόμα συστήματα μεταφοράς και αποτελούν μια εναλλακτική επιλογή έναντι των νανογαλακτωμάτων και των νανολιποσωμάτων. Τα νανοσωματίδια έχουν παρόμοια δομή με τα νανογαλακτώματα με τη διαφορά ότι η υγρή ελαιώδης φάση των νανογαλακτωμάτων έχει αντικατασταθεί από λιπαρά συστατικά, στερεά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος όπως κερί ή παραφίνη (Pardeshi et al., 2012). Τα SLN και οι νανοδομημένοι λιπιδικοί φορείς είναι επί της ουσίας γαλακτώματα τύπου ελαίου-σε-νερό στα οποία η λιπαρή φάση έχει επιμερώς ή εξ'ολοκλήρου στερεοποιηθεί (McClements & Li, 2010). Έχουν πληθώρα πλεονεκτημάτων όπως ελεγχόμενη και στοχευμένη αποδέσμευση, σταθερότητα, βιοσυμβατότητα και χαμηλότερο κόστος σε σύγκριση με νανοφορείς που βασίζονται σε βιοπολυμερή ή επιφανειενεργές ουσίες. Τα SLN έχουν την δυνατότητα να προστατεύουν τα ενθυλακωμένα λιπόφιλα συστατικά από χημική υποβάθμιση λόγω της ικανότητας της λιπιδικής φάσης να αποτρέπει τις διαδικασίες μοριακής διάχυσης (Weiss et al., 2008).

### 3.4.4 Χιτοζάνη

Η χιτοζάνη είναι ο δεύτερος, μετά την κυτταρίνη, πιο διαδεδομένος, φυσικός κατιοντικός πολυσακχαρίτης που προέρχεται από ακετυλίωση της χιτίνης. Είναι μη τοξική, βιοσυμβατή, αντιβακτηριακή και βιοαποδομήσιμη, εγκεκριμένη από τον FDA για χρήση σε τρόφιμα (Dutta, Tripathi, Mehrotra, & Dutta, 2009). Χρησιμοποιείται κυρίως σαν σύστημα μεταφοράς με πλήθος εφαρμογών στην βιομηχανία φαρμάκων, καλλυντικών, τροφίμων και γεωργίας. Πρόκειται για μια ουσία με χαμηλή τοξικότητα και έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη συστημάτων μεταφοράς φαρμάκων για λήψη από το στόμα. Παρουσιάζει υψηλή αντιμικροβιακή δράση ενάντια σε παθογόνους μικροοργανισμούς που προκαλούν αλλοιώσεις, όπως μύκητες, Gram+ και Gram- βακτήρια.

Η ενθυλάκωση των συστατικών των τροφίμων όπως βιταμίνες, αρωματικές ύλες, λιπαρά, έλαια και αιθέρια έλαια στη μήτρα που σχηματίζει το πολυμερές της χιτοζάνης, δίνει τη δυνατότητα σύστασης αποτελεσματικού φορέα των ουσιών αυτών. Οι εφαρμογές των βιοπολυμερών όπως η χιτοζάνη αυξάνονται διαρκώς και το μικρό μέγεθος των φορέων που αναπτύσσονται με αυτά, τους καθιστά ιδανικούς, γιατί είναι ικανοί να μεταφέρουν ουσίες σε σημεία-στόχους, μέσα από διάφορους βιολογικούς φραγμούς, ενισχύοντας την αποδοτικότητά τους. Την συναντάμε συχνά στον κόσμο της νανοτεχνολογίας με τη μορφή μικροσφαιριδίων, νανοσωματιδίων, νανοϊνών, νανοσύνθετων κτλ και χρησιμοποιείται κυρίως σαν σύστημα μεταφοράς φαρμάκων (A. Ali & Ahmed, 2017). Είναι μη διαλυτή στους περισσότερους οργανικούς διαλύτες όπως και στο νερό σε ουδέτερο pH, αλλά είναι διαλυτή τόσο σε αραιά διαλύματα οργανικών οξέων όπως οξικό, τρυγικό, γλυκολικό και κιτρικό οξύ

όσο και σε αραιά διαλύματα ανόργανων οξέων όπως υδροχλωρικό και θειϊκό οξύ. Αυτός ο περιορισμός στην διαλυτότητα, που εμφανίζει, την θέτει ακατάλληλη για ευρεία εφαρμογή.

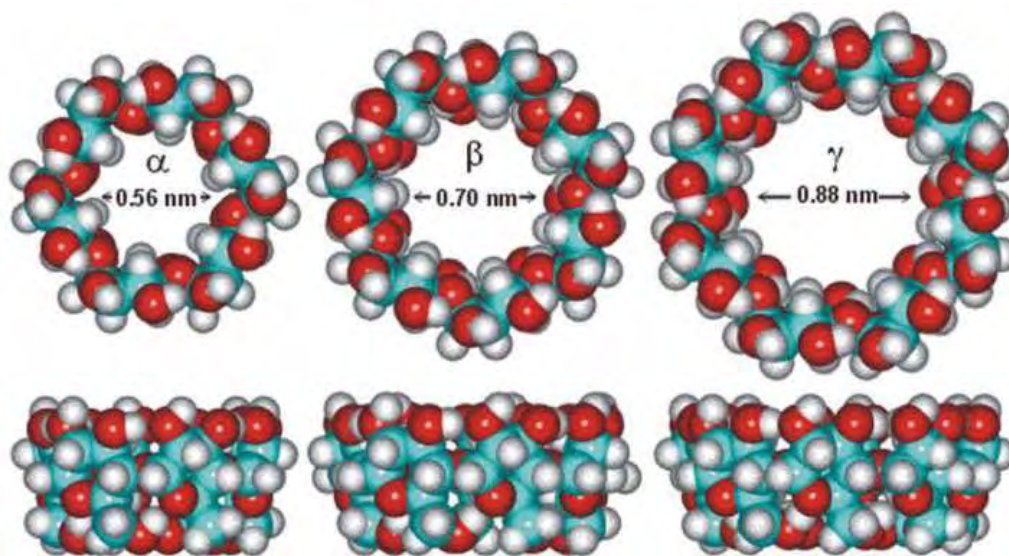
### **3.4.5 Κυκλοδεξτρίνες**

Οι κυκλοδεξτρίνες αποτελούν το επιλεγμένο σύστημα μεταφοράς για την παρασκευή του προϊόντος μελιού το οποίο θα ενισχυθεί με βιταμίνες και για τον λόγο αυτό αναλύονται σε ξεχωριστό κεφάλαιο.

## Κεφαλαίο 4° Οι κυκλοδεξτρίνες και η εφαρμογή τους

### 4.1 Χαρακτηριστικά κυκλοδεξτρινών

Οι κυκλοδεξτρίνες είναι μια οικογένεια από κυκλικούς πολυσακχαρίτες που παράγονται από το άμυλο με ενζυμική αντίδραση και αποτελούνται από μονομερή σακχάρων ( $\alpha$ -D-γλυκοπυρανόζη) τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με  $\alpha$ -(1,4) δεσμούς και αναπτύσσουν μοριακές αλληλεπιδράσεις με μια ποικιλία μορίων (Li et al., 2007). Οι κυκλοδεξτρίνες είναι άοσμες, άγευστες, και συμβάλλουν στην μείωση της πέψης των υδατανθράκων και λιπιδίων. Η εσωτερική διάμετρος των κυκλοδεξτρινών σε όλες τις περιπτώσεις είναι μικρότερη από 1nm. Το γεγονός αυτό ενδέχεται να παρουσιάζει περιορισμούς όσον αφορά το μέγεθος των βιοδραστικών ουσιών που θα ενθυλακωθούν (Εικόνα 2). Το σχήμα τους δεν είναι κυκλικό αλλά μοιάζει αρκετά με κόλουρο κώνο και οφείλεται στην έλλειψη ελεύθερης περιστροφής των δεσμών που συνδέουν τις μονάδες γλυκοπυρανόζης. Πέπτονται και μεταβολίζονται από την εντερική μικροχλωρίδα αλλά δεν απορροφώνται από το γαστρεντερικό σύστημα (Del Valle, 2004).



**Εικόνα 2** Δομές της κυκλοδεξτρινών  $\alpha$ -, $\beta$ - και  $\gamma$ -(López-Nicolás, Rodríguez-Bonilla, & García- Carmona, 2014)

Με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά πολύ συχνά χρησιμοποιούνται σαν φαρμακοδιατροφικά σκευάσματα αλλά και σαν συμπληρώματα διατροφής.

Μια ιδιότητά που τις χαρακτηρίζει είναι η ικανότητα ενθυλάκωσης. Η εσωτερική κοιλότητα του κώνου είναι υδρόφοβη (συγκρίσιμη με ένα αιθανολικό διάλυμα) και τα άκρα (εξωτερική επιφάνεια) υδρόφιλα. Εξαιτίας της ελαφρώς υδρόφοβης επιφάνειας τους μπορούν να σχηματίζουν συμπλέγματα με υδρόφοβα μόρια σε κατάλληλο γεωμετρικό μέγεθος, ενώ η εξωτερική τους επιφάνεια είναι απολύτως υδρόφιλη λόγω της παρουσίας των υδροξυλομάδων. Οι υδροξυλομάδες των γλυκοπυρανοζών, οι οποίες εντοπίζονται στους άνθρακες 2 και 3 (δευτερεύουσες) και η πρωτεύουσα στη θέση 6, είναι υπεύθυνες για την μεγάλη διαλυτότητα των κυκλοδεξτρινών στο νερό. Το σημείο τήξης των κυκλοδεξτρινών δεν έχει καθοριστεί πλήρως αλλά τα μόρια φαίνεται να ξεκινούν να αποσυντίθενται σε θερμοκρασίες 270°C. Πολλές βιταμίνες που έχουν χαμηλό σημείο τήξης (η βιταμίνη C έχει ψηλότερο) είναι ευαίσθητες σε δομική αστάθεια και υποβάθμιση όταν η θερμοκρασία αυξάνεται ή εκτίθενται σε πτητικά περιβάλλοντα. Τα μόρια-φορείς που συνδέονται με τις βιταμίνες, βελτιώνουν τις θερμικές τους ιδιότητες επιλύοντας το πρόβλημα αυτό.

#### 4.1.1 Μορφές Κυκλοδεξτρινών

Οι κυκλοδεξτρίνες έχουν τρεις βασικές μορφές, την α-, β- και γ- κυκλοδεξτρίνη (CD), οι οποίες αποτελούνται από μονάδες 6,7, ή 8 γλυκοπυρανοζών που διαφέρουν σε μέγεθος και διάμετρο από 0,5-0,9nm και καθορίζεται ανάλογα με αυτή και το γεωμετρικό προφίλ των μορίων που θα δεχθούν στην εσωτερική τους κοιλότητα. Η α-κυκλοδεξτρίνη αποτελείται από έξι υπολειμματικά μόρια γλυκόζης, η β-κυκλοδεξτρίνη από επτά και η γ-κυκλοδεξτρίνη από οκτώ. Η πιο ευρέως διαδεδομένη, χαμηλού κόστους και μη τοξική για λήψη δια στόματος είναι η β-κυκλοδεξτρίνη (Redenti, Szente, & Szejtli, 2001).

Η υποκατάσταση είναι εφικτή αν μεταβληθούν οι συνθήκες αντίδρασης και μπορεί να κατευθυνθεί προς συγκεκριμένη πορεία. Δεδομένου ότι κάθε μονάδα γλυκοπυρανόζης διαθέτει 3 ελεύθερες υδροξυλομάδες ισχύουν τα παρακάτω:

- Η α-κυκλοδεξτρίνη έχει 18 ελεύθερες υδροξυλομάδες προς υποκατάσταση
- Η β-κυκλοδεξτρίνη έχει 21 ελεύθερες υδροξυλομάδες
- Η γ-κυκλοδεξτρίνη έχει 24 ελεύθερες υδροξυλομάδες (González-Barreiro et al., 2012)

Οι α- και β- κυκλοδεξτρίνες χρησιμοποιούνται για συμπλοκοποίηση διάφορων βιταμινών της Β ομάδας (Zielenkiewicz, Terekhova, Marcinowicz, Koźbial, & Poznanski, 2008). Σε σχέση με τις υπόλοιπες κυκλοδεξτρίνες η β-κυκλοδεξτρίνη παρουσιάζει τη μικρότερη διαλυτότητα όμως για να βελτιωθεί η ιδιότητά της αυτή συνήθως τροποποιείται με μεθόδους όπως αλκυλίωση ή υδροξυαλκυλίωση (Πατέλου, 2015)

Από τη βιβλιογραφία έχει ήδη αποδειχθεί ότι η εύπεπτη γ-κυκλοδεξτρίνη είναι το κατάλληλο σύμπλοκο που μπορεί να δεχθεί πολλά βιοενεργά στοιχεία όπως αντιοξειδωτικά, βιταμίνες, φλαβονοειδή και καροτενοειδή. Εφαρμογές της γ-κυκλοδεξτρίνης σε λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να βελτιώσουν την πρόσληψη αυτών των σημαντικών στοιχείων και έτσι να περιοριστούν επιτυχώς ασθένειες οι οποίες έχουν σαν αίτιο τις διατροφικές συνήθειες (Marques, 2010).

#### **4.2 Ενθυλάκωση σε κυκλοδεξτρίνες**

Διαφορετικού μεγέθους και σχήματος μόρια προς ενθυλάκωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να φιλοξενηθούν στην κοιλότητα των κυκλοδεξτρινών. Η επιτυχία της διαδικασίας σχηματισμού συμπλόκων εγκλεισμού εξαρτάται κυρίως από τη στερεοχημεία και την πολικότητα του μορίου. Συνήθως όσο μικρότερου μεγέθους είναι το μόριο προς ενθυλάκωση, τόσο πιο εύκολη είναι η διαδικασία συμπλοκοποίησης του και με μεγαλύτερες πιθανότητες λήψης επιτυχούς αποτελέσματος (Dodziuk, 2006). Άλλοι παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν εξίσου την διαδικασία ενθυλάκωσης είναι ο τύπος της κυκλοδεξτρίνης, το pH, το μέγεθος της κοιλότητας, η μέθοδος προετοιμασίας, η σταθερά συμπλοκοποίησης, η αναλογία στερεού/νερού και η στοιχειομετρική αναλογία των συστατικών που έχουν προστεθεί.

Βασικό ρόλο φαίνεται να παίζουν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της επιλεγόμενης κυκλοδεξτρίνης με το βιοδραστικό μόριο που θα ενθυλακωθεί. Σύμφωνα με τους (Liu & Guo, 2004) οι δυνάμεις που εμπλέκονται στη διαδικασία αυτή περιλαμβάνουν:

- Υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις
- Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις
- Δυνάμεις Van der Waals
- Αλληλεπιδράσεις μεταφοράς φορτίου
- Δεσμούς Υδρογόνου

Είναι σημαντικό να τονιστεί πως κατά το σχηματισμό των συμπλόκων εγκλεισμού δεν σχηματίζονται ομοιοπολικοί δεσμοί. Βάση της διαδικασίας ενθυλάκωσης, στην κοιλότητα της κυκλοδεξτρίνης εισέρχονται μόρια διαλύτη, συνήθως νερού τα οποία έχουν υψηλή ενέργεια. Αμέσως έπειτα ο διαλύτης απομακρύνεται και αντικαθίσταται από τα μόρια της ουσίας προς ενθυλάκωση στην υδρόφοβη κοιλότητα της κυκλοδεξτρίνης. Η αποδέσμευση των βιοδραστικών συστατικών συνδέεται άμεσα με τις συνθήκες υγρασίας του τροφίμου ιδιότητα που η τεχνολογία τροφίμων εκμεταλλεύεται, καθώς τις θέτει ιδανικές για χρήση σε τρόφιμα.

##### **4.2.1 Τεχνικές Εγκλεισμού**

Κατά την διαδικασία ενθυλάκωσης βιοδραστικών μορίων σε κυκλοδεξτρίνες υπάρχει πληθώρα μεθόδων:

- *Φυσική Ανάμιξη:* Φυσικά μίγματα κυκλοδεξτρινών και βιοδραστικών μορίων παρασκευάζονται με μηχανική πολτοποίηση, που σε βιομηχανική κλίμακα πραγματοποιείται με μηχανικό κοκκοποιητή.
- *Μέθοδος Ζύμωσης:* Παρασκευάζεται μια πάστα η οποία αποτελείται από την κυκλοδεξτρίνη, νερό ή μίγμα νερού-αλκοόλης, συνήθως σε κάποιο μηχάνημα ζύμωσης. Το βιοδραστικό μόριο προστίθεται στην πάστα και συνεχίζεται η διαδικασία τελικής ανάμιξης για συγκεκριμένο χρόνο. Τέλος το μίγμα δέχεται ξήρανση υπό κενό.
- *Μέθοδος Συγκαταβύθισης-Συνιζηματοποίησης:* Το βιοδραστικό συστατικό διαλύεται σε κατάλληλο διαλύτη και το μίγμα προστίθεται σε υδατικό διάλυμα κυκλοδεξτρίνης υπό ανάδευση. Το διάλυμα ψύχεται και οι κρύσταλλοι που λαμβάνονται ξεπλένονται με οργανικό διαλύτη ή φιλτράρονται και δέχονται ξήρανση σχηματίζοντας σύμπλοκα σε μορφή πούδρας. Η μέθοδος συνήθως επιλέγεται για μη υδατοδιαλυτές ουσίες. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας η μέθοδος συγκαταβύθισης-συνιζηματοποίησης προτείνεται για την ενθυλάκωση λιπόφιλων βιταμινών σε κυκλοδεξτρίνες προκειμένου να παραχθεί εμπλουτισμένο προϊόν μελιού.
- *Τεχνική άλεσης:* Σύμπλοκα σε στερεή μορφή μπορούν να ληφθούν με άλεση των ενεργών συστατικών και μεγαλύτερες ποσότητες κυκλοδεξτρινών σε μηχανικούς μύλους ανάδευσης.
- *Μέθοδος Ξήρανσης με ψεκασμό (Spray Drying):* Η κυκλοδεξτρίνη και το διάλυμα που περιέχει το βιοδραστικό συστατικό προστίθενται σε θάλαμο ξήρανσης και ψεκάζονται για συγκεκριμένο χρόνο με χρήση ακροφύσιου. Δεν είναι κατάλληλη για θερμοευαίσθητα μόρια καθώς οι θερμοκρασίες φθάνουν τους 70°C. Είναι μια διαδομένη τεχνική η οποία οδηγεί στην παραγωγή συμπλόκων σε μορφή πούδρας.
- *Λυοφιλοποίηση (Freeze Drying):* Το προς ενθυλάκωση μόριο και η κυκλοδεξτρίνη βρίσκονται διαλυμένα σε νερό παρουσία αμμωνίας αφού έχει προηγηθεί ανάδευση και πλήρης διαλυτοποίηση. Το διάλυμα λυοφιλοποιείται. Το τελικό προϊόν έχει μορφή άμορφης πορώδους πούδρας η οποία ενισχύει την διαλυτότητα των ενθυλακούμενων μορίων. Θεωρείται κατάλληλη για υδατοδιαλυτά, θερμοευαίσθητα μόρια (βιταμίνη C). Αποτέλεσμα είναι η υψηλή απόδοση σχηματισμού συμπλόκων και η καταλληλότητα για διεργασίες μεγάλης κλίμακας. Είναι η επιλεγόμενη μέθοδος που προτείνεται για την ενθυλάκωση υδρόφιλων βιταμινών σε κυκλοδεξτρίνες σε προϊόν μελιού.
- *Τεχνολογία Υπερκρίσιμων ρευστών (Supercritical Fluid Technology):* Χρησιμοποιείται μίγμα CO<sub>2</sub> και αιθανόλης σαν εναλλακτικό διαλύτη στον συνήθως χρησιμοποιούμενο οργανικό διαλύτη. Χρησιμοποιεί τις ιδιότητες των υπερκρίσιμων ρευστών σαν διαλύτες, καθώς στο κρίσιμο σημείο έχουν πυκνότητα αντίστοιχη με την πυκνότητα των υγρών.

#### 4.2.2 Τεχνικές Χαρακτηρισμού

Η τεχνική χαρακτηρισμού που επιλέγεται, εξαρτάται από το υπό εξέταση υλικό. Οι παρακάτω τεχνικές επικρατούν στον τομέα του χαρακτηρισμού και προτείνονται για τη δομική μελέτη κατά την ενθυλάκωση βιταμινών σε κυκλοδεξτρίνες. Οι βασικές αναλυτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στον χαρακτηρισμό μορίων-κυκλοδεξτρινών σε στερεά συστήματα περιλαμβάνουν:

- **Τεχνικές Θερμικής Ανάλυσης:** Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (DSC), Θερμική Βαρυμετρική Ανάλυση (TGA), Μικροσκοπία Θερμού Σταδίου (HSM), Περίθλαση Ακτίνων Χ-Ray, Περίθλαση Ακτίνων Χ-Ray Μονού Κρυστάλλου (SCXRD), Περίθλαση Ακτίνων Χ-Ray πούδρας (PXRD)
- **Φασματοσκοπικές Τεχνικές:** Φασματοσκοπία FT-IR, Φασματοσκοπία Raman, Φασματοσκοπίας Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού (NMR), Φασματοσκοπίας απορρόφησης Υπεριώδους – Ορατού (UV-Vis), Φασματοσκοπία Μάζας (MS)
- **Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης SEM** (Mura, 2015).

Πιο συγκεκριμένα, η Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης και η Θερμοβαρυμετρική ανάλυση αποτελούν τις πιο διαδομένες αναλυτικές προσεγγίσεις στον χαρακτηρισμό στερεής κατάστασης, σε πολυσυστατικά συστήματα, γιατί αποτελούν μεθόδους με αξιοπιστία, απλότητα και σχετική ταχύτητα στην λήψη αποτελεσμάτων. Μια προσεκτική αναλυτική τεχνική χαρακτηρισμού συμπλόκων κυκλοδεξτρινών - βιοδραστικών μορίων αντιπροσωπεύει το βασικότερο βήμα στην εκμετάλλευση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, των δυνατοτήτων που προσφέρονται από την συμπλοκοποίηση και βελτιώνουν τις πιθανές εφαρμογές τους.

Η ολοκληρωμένη και λεπτομερής περιγραφή των διαμορφώσεων των συμπλόκων σε ένα διάλυμα δεν αποδεικνύει αυτόματα και το ίδιο αποτέλεσμα σε στερεή κατάσταση. Επιπροσθέτως, οι διαφορετικές δυνατές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ληφθούν τα σύμπλοκα, μπορεί να έχουν επίδραση στα χαρακτηριστικά και την απόδοση του τελικού προϊόντος. Για τον λόγο αυτό, η διερεύνηση των διαφορετικών στερεών συστημάτων μπορεί να προσφέρει σημαντική βοήθεια στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου προετοιμασίας με σκοπό να μεγιστοποιήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ του βιοδραστικού μορίου και της κυκλοδεξτρίνης.

#### **Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (DSC)**

Η μέθοδος DSC αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο στον χαρακτηρισμό στερεής κατάστασης των



ουσιών, εξαιτίας της ικανότητας της να προσφέρει πληροφορία σχετικά με τις φυσικές και ενεργειακές ιδιότητες τους (Rudrangi, 2015). Παρέχει ποσοτικές πληροφορίες που επικεντρώνονται στις ενδόθερμες και εξώθερμες μεταβολές στο υπόστρωμα σε συνάρτηση με αλλαγές στη θερμοκρασία ή τον χρόνο. Είναι μια τεχνική ακριβής, απαιτεί ποσότητες της τάξης των mg (milligram) και παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα. Χρησιμοποιεί τις διαφορές στην θερμοκρασία που αναπτύσσονται μεταξύ του δείγματος και ενός στοιχείου αναφοράς (πρότυπο) προκειμένου να υπολογιστεί η ροή θερμότητας.

Η σύγκριση της θερμικής καμπύλης των διαφορετικών μεμονωμένων συστατικών, του φυσικού μίγματος και του συμπλόκου δίνουν μια ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τις τροποποιήσεις και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία και κατά συνέπεια και την πορεία της διαδικασίας που έχει χρησιμοποιηθεί για την προετοιμασία του συμπλόκου και του σχηματισμού που έχει λάβει. Η σύγκριση των καμπυλών του φυσικού μίγματος και του σχηματιζόμενου συμπλόκου μπορούν να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν τον σχηματισμό του (Reading, M., & Hourston, D. J., 2006).

Πλέον αποτελεί μια τεχνική ρουτίνας στα εργαστήρια καθώς το όργανο που πραγματοποιεί χημικό χαρακτηρισμό, έχει σχετικά χαμηλό κόστος. Τα τελευταία τεχνολογίας όργανα είναι συνδεδεμένα με υπολογιστή, εφοδιασμένο με συμβατό πρόγραμμα ώστε η λήψη και επεξεργασία των αποτελεσμάτων να γίνεται άμεσα (Biltonen, R. L., & Lichtenberg, D, 1993)

### **Φασματοσκοπία FT-IR**

Αυτή η τεχνική φασματοσκοπίας χρησιμοποιείται τόσο στις ποιοτικές όσο και στις ποσοτικές αναλύσεις. Η αρχή στην οποία βασίζεται στο γεγονός ότι τα μόρια απορροφούν σε συγκεκριμένες συχνότητες, υποδηλώνοντας πληροφορίες για την δομή τους (Menczel & Prime, 2014). Ο συντονισμός των δεσμών με την συχνότητα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που απορροφάται δίνουν την απαιτούμενη πληροφορία ενώ οι κορυφές απορρόφησης στο φάσμα υπέρυθρου είναι χαρακτηριστικές και δείχνουν τις συχνότητες δονήσεων ανάμεσα σε δεσμούς ατόμων των εξεταζόμενων υλικών. Προκειμένου ένα μόριο να ανιχνευθεί πρέπει η διπολική ροπή του να αλληλεπιδρά με την ακτινοβολία IR προκαλώντας δόνηση. Διαφορετικά άτομα, σε διαφορετικά υλικά, με διαφορετικούς συνδυασμούς, μπορούν να αποδώσουν κορυφές των χαρακτηριστικών ομάδων των μορίων τους. Χρησιμεύει στην ταυτοποίηση των δονήσεων βιοδραστικής ουσίας-κυκλοδεξτρίνης, οι οποίες έχουν επηρεαστεί κατά την διαδικασία και υποδηλώνουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα μόρια της στερεής φάσης. Η ευρεία διάδοση της μεθόδου, το μειωμένο κόστος, η υψηλή ευαισθησία και εκλεκτικότητα της αναλυτικής τεχνικής σε συνδυασμό με την σχετικά γρήγορη λήψη φασμάτων αποτελούν τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου.

Στην κλασική τεχνική περιλαμβάνεται η διάλυτοποίηση του δείγματος σε πούδρα KBr και η εφαρμογή πίεσης στο μίγμα προκειμένου να σχηματιστεί στερεό σφαιρίδιο (pellet). Η δυσκολία

υφίσταται στην λήψη αποδεκτών σφαιριδίων, που κάνει την τεχνική λιγότερο χρήσιμη για ποσοτικές μετρήσεις. Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν υπόψη πιθανές φυσικές και χημικές αλλαγές στο δείγμα που μπορεί να συμβούν κατά τη διαδικασία παρασκευής όπως επίσης και η υψηλή υγροσκοπικότητα του. Άλλος ένας παράγοντας που περιορίζει την χρησιμότητα της τεχνικής είναι η επικάλυψη ή και η απόκρυψη των κορυφών των ενθυλακούμενων μορίων από εκείνα του φορέα (Menezes et al., 2012).

#### **4.3 Οι κυκλοδεξτρίνες στην τεχνολογία τροφίμων**

Όσο αφορά την χρήση τους στην τεχνολογία τροφίμων, χρησιμοποιούνται κυρίως σαν φορείς λιπόφιλων συστατικών. Οι κυκλοδεξτρίνες προστατεύουν τις βιοδραστικές ενώσεις που μεταφέρουν από υποβάθμιση και πιθανή μετουσίωση λόγω θερμότητας, οξειδωσης, μεταβολές φωτός κ.α. Έτσι βελτιώνουν τη φυσική και χημική σταθερότητά τους εξασφαλίζοντας παράταση στην διάρκεια ζωής των προϊόντων στα οποία έχουν προστεθεί ως νανοφορείς. Επιπλέον προσδίδουν ιδιότητες στο τρόφιμο όπως:

- Τη μείωση του αφρισμού
- Την σταθεροποίηση των γαλακτωμάτων
- Τη μείωση της ενζυμικής αμαύρωσης

Επιπροσθέτως τα πλεονεκτήματα χρήσης τους στη βιομηχανία τροφίμων σχετίζονται με τον απλό χειρισμό που απαιτεί η μορφή πούδρας, το μειωμένο κόστος υλικών συσκευασίας και αποθήκευσης καθώς και πιο οικονομικές, τεχνολογικές διαδικασίες και τον περιορισμό του ανθρώπινου δυναμικού. Τοξικολογικές μελέτες που σχετίζονται με την ασφάλεια των κυκλοδεξτρινών, έχουν ήδη ολοκληρωθεί και αποδεικνύουν ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θεραπευτικούς σκοπούς, αναδεικνύοντας το ενδιαφέρον της έρευνας. Οι δημοσιεύσεις σύμφωνα με την CycloLab ξεπερνά τις 33.000 (Szejtli, 2004) (Fenyvesi, Vikmon, & Szenté, 2016)

Τα συμπληρώματα διατροφής με αποδεδειγμένες ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία είναι τα φαρμακοδιατροφικά σκευάσματα. Οι κυκλοδεξτρίνες αλληλεπιδρούν με αυτά προκειμένου να ενισχυθεί η σταθερότητα και διαλυτότητά τους και να μειωθεί η πικρή τους γεύση (Mazzobre, Elizalde, dos Santos, Cevallos, & Buera, 2010).

Το πεδίο εκείνο, το οποίο φαίνεται να συγκεντρώνει το ενδιαφέρον της έρευνας όσο αφορά τη χρήση κυκλοδεξτρινών σε τρόφιμα, είναι η σταθεροποίηση αρωματικών υλών και πρόσθετων γεύσης με 780 καταγραφές. Όμως στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος αρχίζει να έρχεται και η μελέτη των λιπαρών οξέων, καροτενοειδών και βιταμινών καθώς η χρήση κυκλοδεξτρινών φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα στην σταθερότητα και αύξηση της διαλυτότητας τους αλλά και στην μείωση της επίγευσης που ενδεχομένως διαθέτουν μαζί με τυχόν δυσάρεστες οσμές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 (βλ. Παράρτημα), όπου μπορούμε να

δούμε εφαρμοσμένα παραδείγματα κυκλοδεξτρινών στα οποία έχει γίνει εγκλεισμός αρωματικών υλών.

#### **4.4 Κυκλοδεξτρίνες στα προϊόντα τροφίμων**

Οι καταναλωτές πιθανώς δεν γνωρίζουν πόσα προϊόντα στα ράφια περιέχουν πλέον Κυκλοδεξτρίνες (Πίνακας 9): σοκολάτες και τσίχλες που είναι ενισχυμένες με συμπλέγματα αρωματικών υλών/κυκλοδεξτρινών προκειμένου να επιτυγχάνεται η αργή αποδέσμευση των αρωμάτων τους, αναψυκτικά εμπλουτισμένα με συμπλέγματα σταθεροποιημένων βιταμινών και κυκλοδεξτρινών, θαλασσινά και προϊόντα σόγιας για την κάλυψη δυσάρεστων οσμών κτλ. Χρησιμοποιούνται επίσης βοηθητικά προκειμένου να αφαιρεθεί η χοληστερόλη από τα προϊόντα γάλακτος, αυγά και βούτυρο ενώ έχουν αναφερθεί θετικές επιδράσεις στην βελτίωση της υφής των γλυκών αλλά και των προϊόντων κρέατος (József Szejtli, 2004).

Ένας βασικός παράγοντας υποβάθμισης των τροφίμων είναι η αλλαγή του χρώματος που μπορεί να μειώσει επίσης την διάρκεια ζωής στο ράφι ενός προϊόντος καθώς τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και η θρεπτικές ιδιότητες ενός τροφίμου μπορούν να αλλάξουν αν οι ανεπιθύμητες αντιδράσεις δεν ελεγχθούν και περιοριστούν. Οι κυκλοδεξτρίνες δρουν σαν αναστολείς των διεργασιών αυτών και η ιδιότητα αυτή βρίσκει εφαρμογή στα φρέσκα προϊόντα (López-Nicolás et al., 2014).

#### **4.5 Η αγορά των κυκλοδεξτρινών**

Η παγκόσμια αγορά που αφορά τις κυκλοδεξτρίνες διαρκώς αυξάνεται και η παραγωγή τους στην Ιαπωνία αναμένεται να φτάσει τους 250.000 τόνους/χρόνο αποτελώντας το 40% της συνολικής αγοράς κυκλοδεξτρινών. Γνωστές παραγωγές κυκλοδεξτρινών είναι ενεργές αυτή τη στιγμή στην Κίνα, τη Νότια Κορέα και την Ινδία, ενώ μόνο στην Κίνα υπάρχουν 50 εταιρίες που παράγουν διάφορων ειδών κυκλοδεξτρίνες, όπου 20 από αυτές παράγουν 1.000 τόνους/έτος. Στην Ιαπωνία σχεδόν το 90% των κυκλοδεξτρινών χρησιμοποιούνται για τρόφιμα ήδη από το 1988 (Hashimoto, 1988) ενώ στις ΗΠΑ το 14% της παραγωγής κυκλοδεξτρινών χρησιμοποιούνταν το 2008 αποκλειστικά στην βιομηχανία (Fenyvesi, Vikmon, & Szente, 2016). Οι κυκλοδεξτρίνες αυτή τη στιγμή πωλούνται σε χαμηλότερη τιμή (βCD: 4–5 €/kg) σε σύγκριση με την αντίστοιχη τιμή που κυμαινόταν το 1973 σε 2000\$/kg και επιπλέον διαθέτουν ένα καλώς καταγεγραμμένο προφίλ ασφάλειας που ανοίγει τον δρόμο σε όλο και περισσότερες εφαρμογές σε τρόφιμα.

#### **4.6 Εγκεκριμένες κυκλοδεξτρίνες και κανονιστικά πλαίσια**

Πραγματοποιήθηκαν εκτεταμένες τοξικολογικές μελέτες και η α- και γ- κυκλοδεξτρίνη εγκρίθηκαν για χρήση σε τρόφιμα παγκοσμίως. Οι φορείς FAO/WHO έκριναν ότι οι κυκλοδεξτρίνες δεν μπορούν να λάβουν ακόμα συγκεκριμένη οδηγία που να υποδηλώνει το όριο που αφορά την Ημερήσια Συνιστώμενη Δόση, που σημαίνει ότι και οι δυο κυκλοδεξτρίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τρόφιμα σε οποιαδήποτε συγκέντρωση ή ποσότητα.

Οι κυκλοδεξτρίνες έχουν πρόσφατα εγκριθεί ως πρόσθετα από την Ευρωπαϊκή Ένωση και περιλαμβάνονται πλέον σε λίστες πρόσθετων για διατροφική χρήση με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά γράμματα E όπως E-457, E-459 και E-458 που αντιστοιχούν στις α-,β- και γ-κυκλοδεξτρίνες αντίστοιχα (Del Valle, 2004). Το 2000-2004 οι φυσικές κυκλοδεξτρίνες χαρακτηρίστηκαν ως Γενικώς Θεωρούμενες Ασφαλείς σαν υλικά («GRAS», Generally Regarded as Safe) στην λίστα της FDA για χρήση σαν πρόσθετα. Η β-κυκλοδεξτρίνη εγκρίθηκε στην Ευρώπη (E-459) με Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη 5mg/kg (Elder, Kuentz, & Holm, 2016) Η έγκριση αυτή έχει ήδη ανοίξει τον δρόμο για πιο ευρεία χρήση τους καθώς φαίνεται ότι το ενδιαφέρον των καταναλωτών έχει στραφεί προς τα φυσικά αντιοξειδωτικά τα οποία συνήθως μειώνονται σε ποσότητα αφού τα προϊόντα περάσουν από διάφορα στάδια επεξεργασίας. Παράλληλα, έχουν κατατεθεί πατέντες οι οποίες περιγράφουν προϊόντα με φυτοστερόλες, εστέρες φυτοστερολών, ισοφλαβόνες, βιταμίνες D,E,K οι οποίες έχουν σταθεροποιηθεί με γ-κυκλοδεξτρίνη, φυτικές στερόλες, καροτενοειδή και άλλα αντιοξειδωτικά ενθυλακωμένα σε κυκλοδεξτρίνες (Fenyvesi et al., 2016).

#### **4.7 Βιταμίνες και κυκλοδεξτρίνες**

Οι βιταμίνες είναι ευαίσθητα βιοδραστικά μακρομόρια τα οποία λειτουργούν σαν σημαντικοί συμπαραγόντες σε μια σειρά ζωτικών κυτταρικών διαδικασιών. Δίδονται σε στοχευμένες δόσεις όμως είναι εξαιρετικά ευαίσθητες σε υποβάθμιση, έχουν χαμηλή βιοδιαθεσιμότητα και υπολείπονται ανθεκτικότητας στην καθαρή τους μορφή (Gonnet, Lethuaut, & Boury, 2010). Για τους λόγους αυτούς, η έρευνα έχει στραφεί σε τροποποίηση της μορφολογίας τους προκειμένου να ενισχύσει τη δράση τους και να χειριστεί τις φυσικοχημικές ιδιότητες τους, προκειμένου να έχουν βοηθητική δράση σε συμπληρωματικές προσεγγίσεις σε θεραπείες ασθενειών.

Το ενδιαφέρον των ερευνητικών ομάδων έχουν προσελκύσει τα συστήματα μεταφοράς που επιλύουν εν μέρει τα προβλήματα διαλυτότητας και σταθερότητας. Γνωρίζοντας τις ιδιότητες των κυκλοδεξτρινών που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες φαρμάκων, συμπληρωμάτων διατροφής και φαρμακοδιατροφικών σκευασμάτων, τα προβλήματα βιοδιαθεσιμότητας, διαλυτότητας, σταθερότητας, διείσδυτικότητας μπορούν πλέον να ξεπεραστούν (Del Valle, 2004).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> Το μέλι και οι βιταμίνες

### 5.1. Η ιδέα πίσω από την επιλογή του μελιού

Στη παρούσα ενότητα πραγματοποιείται ανάλυση της σύστασης αλλά και των ιδιοτήτων του παραδοσιακού μελιού, ενώ γίνεται αναφορά στους λόγους που προτείνεται ο εμπλουτισμός του σε βιταμίνες, προκειμένου να αποτελέσει ένα καινοτόμο προϊόν. Η καινοτομία αναφέρεται στη παραγωγή προϊόντος μελιού το οποίο ενισχύεται με βιταμίνες D, E, C, οι οποίες θα το καταστήσουν ιδανικό συμπλήρωμα διατροφής για τους καταναλωτές. Η ιδέα της χρήσης του μελιού σαν τροφοφάρμακο ξεκίνησε τουλάχιστον έξι χιλιάδες χρόνια πριν ήδη από καταγραφές στα γραπτά του Αριστοτέλη (384-322 πΧ) που αναφέρει την χρήση του μελιού σαν κρέμα για θεραπεία στα μάτια και στις πληγές, ενώ οι Έλληνες το χρησιμοποιούν σαν ιατρικό προϊόν για τα καψίματα, τον βήχα, τις φλεγμονές στον λαιμό και τις αμυγδαλές αλλά και για την κούραση.

Πιο πρόσφατα βρέθηκε ότι το μέλι έχει επιδράσεις αντιοξειδωτικές, αντιβακτηριακές, αντιμυκητιακές και προστατευτικές για τον οργανισμό (Khalil & Sulaiman, 2010). Θεωρείται πλούσιο συμπλήρωμα για την υγεία του σύγχρονου ανθρώπου, κάτι το οποίο είναι ήδη γνωστό και στον Έλληνα καταναλωτή, καθώς συναντάται στο καθημερινό του διαιτολόγιο σε διάφορες μορφές προκειμένου να ενισχύσει το ανοσοποιητικό. Οι μητέρες το προσφέρουν σε παιδιά μέσα σε γάλα ή απλωμένο πάνω σε ψωμί, αποτελεί την πιο εύκολη επιλογή για να λάβει ένας ηλικιωμένος θρεπτικές ουσίες και πολλοί εργαζόμενοι το καταναλώνουν σε μικρογεύματα γιαουρτιού.

Σύμφωνα με την Νομοθεσία (Οδηγία 2001/110 / ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 20ής Δεκεμβρίου 2001): *“Μέλι είναι η φυσική γλυκιά ουσία που παράγεται από τις μέλισσες του είδους *Apis Mellifera* από φυτικό νέκταρ ή εκκρίσεις από ζώντα μέρη φυτών ή εκκρίματα εντόμων απομυζούντων φυτά ευρισκόμενα πάνω στα ζώντα μέρη των φυτών, τα οποία οι μέλισσες συλλέγουν, μετατρέπουν αναμειγνύοντας με ειδικές ύλες του σώματός τους, αποθέτουν, αφυδατώνουν, εναποθηκεύουν και φυλάσσουν στις κηρήθρες της κυψέλης, προκειμένου να ωριμάσουν”*

Το μέλι, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό και τη διατροφή, ρυθμίζει την οξύτητα του στομάχου, έχει αντισηπτικές ιδιότητες, είναι τονωτικό. Λόγω της αυξημένης τάσης για φαινόμενα παχυσαρκίας, διαβήτη αλλά ακόμα και για τον έλεγχο των γλυκαντικών που λαμβάνει ένα άτομο σε οποιαδήποτε μορφή δίαιτας, σημαντικό είναι να υπογραμμιστεί ότι η διατροφική αξία του μελιού είναι εξαιρετικά υψηλή καθώς τα 100g φυσικού προϊόντος αντιστοιχούν σε 350 kcal. Από την άλλη πλευρά διαφόρων ειδών διαταραχές οι οποίες έχουν σημειωθεί και σχετίζονται με τη διατροφή, όπως η αυξανόμενη ανησυχία ανορεξία ή νευρική

ανορεξία που πλήττει και νεαρές ηλικίες, φαίνεται να μπορούν να ομαλοποιηθούν με την κατανάλωση μελιού (Mijanur Rahman, Gan, & Khalil, 2014) .

Στην σύγχρονη ιατρική, παρά την μακρά ιστορία του ως τροφή με φαρμακευτική δράση, δεν ήταν αναγνωρισμένο ως θεραπευτικό μέσο μέχρι πρόσφατα. Αυτό συνέβη κυρίως λόγω της ανεπαρκούς γνώσης που αφορούσε τον μηχανισμό δράσης του καθώς και το εύρος χρήσεων του. Πλέον μεγάλο κύμα ενδιαφέροντος έχει προκύψει και με γοργούς ρυθμούς ενσωματώνεται στην μοντέρνα ιατρική (Meo et al., 2017). Η αντίσταση των μικροβίων στα μοντέρνα αντιμικροβιακά φάρμακα αποτελεί παγκοσμίως ένα πρόβλημα μείζονος σημασίας. Οι επιστήμονες προσπαθούν να ξεπεράσουν το θέμα αυτό αναπτύσσοντας φάρμακα και αγωγές, στα οποία τα μικρόβια θα εμφανίζουν χαμηλή ανθεκτικότητα και αντοχή. Οι αντιμικροβιακές ιδιότητες του μελιού δείχνουν να έχουν υποσχόμενες προοπτικές και συμβολή στην δημιουργία αντιμικροβιακών φαρμάκων.

Ιδιαίτερο ρόλο φαίνεται να παίζει το μέλι στην βελτίωση του αναπαραγωγικού συστήματος, στην συγκέντρωση τεστοστερόνης και στην γονιμότητα (Muhammad et al., 2016). Μόνο το μέλι αποτελεί μια φυσική τροφή η οποία συγκεντρώνει όλες αυτές τις ιδιότητες. Έχει προταθεί από πολλούς ερευνητές ότι είναι ικανό να αποτρέψει την βακτηριακή ανάπτυξη για πολλούς διαφορετικούς λόγους. Η υψηλή συγκέντρωση σακχάρων, το όξινο pH, η παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου, τα φαινολικά σύμπλοκα και άλλα μη ταυτοποιημένα συστατικά που βρίσκονται στο μέλι, παρέχουν αντιμικροβιακή δράση.

Έχουν μελετηθεί οι θεραπευτικές και προστατευτικές δράσεις του μελιού σε διαταραχές στο ήπαρ και η EFSA έχει εκδώσει άρθρο σχετικό με την επιστημονική γνώμη που αφορά την τεκμηρίωση των ισχυρισμών υγείας που σχετίζονται με το μέλι. Συγκεκριμένα όσον αφορά τους ισχυρισμούς που αφορούν την αναπνευστική υγεία, την ενέργεια που προσδίδει στο σώμα αλλά και την ενεργοποίηση του μεταβολισμού και του ανοσοποιητικού συστήματος (EFSA Journal 2010;8(2):1484). Άλλες μελέτες δείχνουν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συστατικό στα σιρόπια για τον βήχα. Το μέλι αποτελεί παράγοντα μείωσης του ρίσκου για καρδιαγγειακά νοσήματα και παράλληλα επιδρά στον μεταβολισμό. Δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα απλό τρόφιμο αλλά είναι ένας συνδυασμός από πολλά χημικά στοιχεία, των οποίων η προέλευσή είναι είτε από το φυτό είτε από την μέλισσα. Σύμφωνα δε με πρόσφατες έρευνες έγιναν ισχυρισμοί ότι μπορεί να προκαλέσει απόπτωση σε διάφορων ειδών καρκινικά κύτταρα δρώντας προληπτικά σε μορφές καρκίνου όπως τον καρκίνο του στήθους, του παχέος εντέρου και του τραχήλου (Fauzi, Norazmi, & Yaacob, 2011).

Με βάση την πληθώρα των ευεργετικών ιδιοτήτων, που δεν προσφέρονται από σχεδόν κανένα άλλο τρόφιμο, το μέλι μπορεί, ειδικά στην Ελλάδα, να εμπλουτισθεί και να λειτουργήσει ως ένα πλήρες διατροφικό συμπλήρωμα καλύπτοντας τις ανάγκες που έχουν δημιουργηθεί στην αγορά. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου προϊόντος, θα μπορούσε δυνητικά να περιορίσει την λήψη φαρμάκων και συμπληρωμάτων δίνοντας πρόσβαση σε μεγαλύτερη μερίδα καταναλωτών και

προάγοντας τη μείωση λήψης σκευασμάτων και την οικολογική ισορροπία με το περιβάλλον.

## 5.2 Σύσταση και ιδιότητες του παραδοσιακού μελιού

Το μέλι είναι ένα παχύρρευστο, αρωματικό προϊόν που παράγεται από τις μέλισσες, κυρίως από το νέκταρ των λουλουδιών ή από μελιτώματα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι αναλογίες συστατικών του μελιού μεταβάλλονται. Τα είδη μελιού που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο, διαφέρουν σε ποιότητα, η οποία σχετίζεται με τις γεωγραφικές και εποχιακές συνθήκες, όπως επίσης και με την πηγή λουλουδιών, την συσκευασία αλλά και την περίοδο αποθήκευσης.

Η χημεία του μελιού διαφοροποιείται ανάλογα με την προέλευση και την καθαρότητα του δείγματος. Δεν υπάρχουν σταθερά και συγκεκριμένα πρότυπα παγκοσμίως. Γενικά στο μέλι περιέχονται (Miguel, Antunes, & Faleiro, 2017) 80-85% υδατάνθρακες, 15-17% νερό, 0,3% πρωτεΐνες, 0,2% τέφρα, ελάχιστες ποσότητες αμινοξέων, φαινολών και βιταμινών.

Πιο αναλυτικά τα στοιχεία που καθορίζουν τη χημική σύσταση του μελιού είναι τα ακόλουθα:

- **Υδατάνθρακες:** Το μέλι αποτελεί επί της ουσίας ένα συγκεντρωμένο διάλυμα από διάφορα σάκχαρα. Οι περιεχόμενοι υδατάνθρακες στο μέλι περιέχουν διάφορους τύπους μόνο- και δι-σακχάρων όπως 38,5% φρουκτόζη, 31% γλυκόζη, 1,31% σουκρόζη (Pasupuleti et al,2017). Η φρουκτόζη και η γλυκόζη είναι τα σάκχαρα που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της σύστασης του μελιού. Ανεξάρτητα από την προέλευση ή την ποικιλία του μελιού, η αναλογία φρουκτόζης/γλυκόζης παραμένει ίδια. Το άθροισμα των δύο αυτών σακχάρων σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 60% κατά βάρος στα ανθόμελα και άνω του 45% στα μέλια που προκύπτουν από εκκρίσεις φυτών. Η φρουκτόζη αποθηκεύεται στο ήπαρ με την μορφή γλυκογόνου και τέλος μετατρέπεται σε γλυκόζη όταν παραστεί ανάγκη και απαιτείται η χρήση της. Το μέλι επομένως δεν επιβαρύνει το συκώτι και δεν επηρεάζει άλλα όργανα (Yusof et al,2018). Είναι ένα φυσικό γλυκαντικό με υψηλή γλυκαντική δύναμη λόγω της φρουκτόζης και μετατρέπεται άμεσα σε ενέργεια μέσω της γλυκόζης, ενισχύοντας και διεγείροντας το σώμα σε περίπτωση σωματικής ή πνευματικής κόπωσης, ανάπτυξης και ανάκαμψης. Είναι ένα πλούσιο και άμεσο ενεργειακό τρόφιμο για παιδιά, έγκυες γυναίκες, αθλητές, ασθενείς σε ανάρρωση και άτομα με υψηλό σωματικό ή πνευματικό έργο (Οικονόμου, Κ. (2013)).

### **Το μέλι σε αντικατάσταση της ζάχαρης**

Δεδομένων των καταγεγραμμένων προβλημάτων που προκύπτουν από την υπερβολική κατανάλωση ζάχαρης και επηρεάζουν την υγεία όπως διαταραχές του μεταβολισμού, προβλήματα στα δόντια, παχυσαρκία και καρδιολογικά προβλήματα, πολλές χώρες ακολουθώντας τις οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας WHO, εξετάζουν μέτρα με στόχο τη μείωση της ημερήσιας πρόσληψης ζάχαρης στον πληθυσμό με επίκεντρο τα παιδιά. Η μείωση της κατανάλωσης της

ζάχαρης είναι μια καλή στρατηγική προκειμένου να μειωθεί η υπερβολική ενεργειακή πρόσληψη που συνδέεται με επιδημικές διαστάσεις της παχυσαρκίας. Η βασική προσέγγιση που έχει προταθεί αφορά την πρόσληψη ελεύθερων σακχάρων δηλαδή μονοσακχαριτών και δισακχαριτών που μπορούν να προστεθούν σε σκευάσματα αλλά υπάρχουν σε φυσικά προϊόντα όπως το μέλι, οι φυσικοί χυμοί φρούτων και τα σιρόπια. Ο Οργανισμός Παγκόσμιας Υγείας WHO προτείνει η πρόσληψη για παιδιά και ενήλικες να μην υπερβαίνει το 10% της ολικής ενεργειακής πρόσληψης.

Το μέλι μπορεί να ενταχθεί σε μια ισορροπημένη διατροφή και είναι εξίσου δημοφιλές ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες όλων των ηλικιών. Χρησιμοποιείται σαν φυσικό γλυκαντικό καθώς έχει υψηλό ποσοστό φρουκτόζης και είναι 25% πιο γλυκό από τη ζάχαρη. Πέρα από όλες τις άλλες ιδιότητες του, το μέλι είναι ανθεκτικό σε αλλοιώσεις λόγω του υψηλού ποσοστού σακχάρων που περιέχει. Για τον λόγο αυτό πολύ συχνά χρησιμοποιείται σαν συντηρητικό άλλων τροφίμων. Σε σύγκριση με την ζάχαρη που περιέχει 49 χιλιοθερμίδες ανά κουταλιά, το μέλι έχει 64. Παρ'όλα αυτά η γλυκιά γεύση του είναι πιο αισθητή, με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερη ποσότητα για να καλύψει την επιθυμία για γλυκό.

Μπορεί εύκολα να διαπιστώσει κανείς ότι το μέλι υπερέχει σε διατροφική αξία αν αναλογιστεί ότι η ζάχαρη αποτελείται από 100% σουκρόζη ενώ το μέλι περιέχει μόνο 1.31% σουκρόζη. Ειδικότερα λοιπόν στους αθλητές μπορεί να προσφέρει άμεση και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα διατηρήσιμη ενέργεια, ακόμα και όταν καταναλώνεται σε μικρές ποσότητες, λόγω των σακχάρων γλυκόζης και φρουκτόζης που απορροφώνται πιο αργά. Είναι φανερό λοιπόν ότι η κατανάλωση μελιού υπερέχει σε σύγκριση με εκείνη της ζάχαρης. Παρόλα αυτά, η κατανάλωση του μελιού επίσης πρέπει να γίνεται με μέτρο, γιατί υπερβολική κατανάλωση με βάση τις θερμίδες του, μπορεί να οδηγήσει σε αντίθετα αποτελέσματα όπως διαβήτη και αύξηση του βάρους.

- **Οργανικά οξέα:** Οι White και Doner, (White & Doner, 1980) αναφέρουν ότι το pH του μελιού κυμαίνεται ανάμεσα σε 3.2 - 4.5 υποδηλώνοντας την όξινη φύση του προϊόντος. Το κύριο όξινο συστατικό που συναντάμε στο μέλι είναι το γλουκονικό οξύ το οποίο είναι παρόν σε όλους τους τύπους μελιού και παράγεται ενζυμικά με διάσπαση της γλυκόζης. Στο μέλι εμπεριέχονται 18 οξέα, τα οποία εντοπίζονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στα δασόμελα παρά στα ανθόμελα.
- **Ένζυμα:** Τα βασικά ένζυμα προστίθενται στο νέκταρ από τις μέλισσες και βοηθούν στη μετατροπή του μελιού. Η ιμβέρταση είναι αυτή που βοηθά στη διάσπαση της σουκρόζης σε απλά σάκχαρα. Η αμύλαση και η ιμπερταση καθορίζουν τη ποιότητα του μελιού. Η οξειδάση της γλυκόζης όπως και η καταλάση είναι δυο ένζυμα που προστίθενται από τις μέλισσες, και ρυθμίζουν την παραγωγή του υπεροξειδίου  $H_2O_2$  στο οποίο αποδίδονται και αντιβακτηριακές ιδιότητες του μελιού.
- **Βιταμίνες:** Το μέλι, στα βασικά του συστατικά, υπολείπεται βιταμινών και οι μικρές ποσότητες βιταμινών που περιέχει ανήκουν στο σύμπλεγμα B, οι οποίες όμως δεν



δύνανται να καλύψουν τις ημερήσιες ανάγκες ενός μέσου ενήλικα. Αν και η περιεχόμενη ποσότητα είναι μικρή, αποτελούν σημαντικό μέρος των συστατικών του μελιού καθώς συμβάλλουν στην απορρόφηση και αφομοίωση των σακχάρων. Επιπλέον οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β σε συνδυασμό με τις πρόδρομες ουσίες τους, μπορούν να έχουν συνεργιστική δράση έναντι της κατάθλιψης, της αντιμετώπισης του στρες, της ανακούφισης από μυϊκούς πόνους ακόμα και στα προβλήματα που προκύπτουν από τον εθισμό στο αλκοόλ. Πληροφορίες σχετικά με την γενική σύσταση του μελιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 του Παραρτήματος.

Τα λειτουργικά τρόφιμα, αναφέρονται σε προϊόντα που έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν την υγεία σε σύγκριση με τα παραδοσιακά σκευάσματα και τις θρεπτικές τροφές. Συνοψίζοντας το μέλι έχει ήδη συστατικά τα οποία λειτουργούν θεραπευτικά στον άνθρωπο, άρα είναι ένα προϊόν το οποίο μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω για φαρμακευτικούς λόγους. Η ελάχιστη περιεκτικότητα σε βιταμίνες υποδηλώνει ότι, αν η έλλειψη αυτή μπορεί να αποκατασταθεί, το προϊόν αυτό δύναται να καλύψει πολλές, διαφορετικές ανάγκες του σύγχρονου ατόμου.

### **5.3 Επιλογή βιταμινών για τον εμπλουτισμό του μελιού**

Το προϊόν μελιού που προτείνεται, αποτελεί μια καινοτόμα ιδέα η οποία βασίζεται σε παρατήρηση των ανθρώπινων αναγκών στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Ολοένα και περισσότερες ασθένειες που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής και διατροφής, έχουν κάνει την εμφάνισή τους. Το στρες, η κακή διατροφή, όπως και η έλλειψη άσκησης που επιφέρει η έλλειψη χρόνου που χαρακτηρίζει τον εργαζόμενο σε μια σύγχρονη κοινωνία, είναι οι βασικοί επιβαρυντικοί παράγοντες και το κατάλληλο υπόστρωμα στο οποίο ευδοκμεί η εμφάνιση νοσογόνων καταστάσεων. Η παχυσαρκία και η παρατεταμένη κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε κορεσμένα λιπαρά, αναψυκτικών με υπερβολικά ποσοστά ζάχαρης και η κατανάλωση κόκκινου κρέατος έχουν αναγνωριστεί ως παράγοντες ρίσκου για χρόνιες παθήσεις όπως διαβήτη τύπου II, καρδιαγγειακών και εγκεφαλικών ασθενειών.

Ευρέως διαδομένη λύση μέχρι τώρα αποτελούσε η λήψη συμπληρωμάτων διατροφής προκειμένου να ληφθούν τα ευεργετικά συστατικά τα οποία βοηθούν και θωρακίζουν την υγεία και υπολείπονται από την διατροφή του σήμερα, η οποία στερείται σε μεγάλο βαθμό τροφίμων πλούσιων σε αυτά. Έχει παρατηρηθεί όμως ότι ακόμα και η λήψη συμπληρωμάτων είναι μια διαδικασία που συχνά αμελείται ιδιαίτερα μετά από το πέρας του χρόνου. Μελέτες μιλούν για μείωση των ποσοστών χρόνιων ασθενειών αν αποκατασταθεί το ημερήσιο διαιτολόγιο και υπάρξει στροφή προς σωστά διατροφικά πρότυπα, με κύριο εκπρόσωπο την μεσογειακή διατροφή. Η σύνθεση της μεσογειακής διατροφής χαρακτηρίζεται αφενός από χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά και χοληστερόλη και αφετέρου υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και ίνες, με αποτέλεσμα να έχει σοβαρά οφέλη στην υγεία και να δρα προστατευτικά έναντι σοβαρών

ασθενειών (Schwingshackl, Schwedhelm, Galbete, & Hoffmann, 2017; Vernieri et al., 2018).

Μελέτες υποδεικνύουν ότι ο προληπτικός ρόλος των τροφίμων τα οποία είναι πλούσια σε βιταμίνες εξετάζεται, με τελικό στόχο την απόδειξη της επίδρασης τους στη μείωση του ρίσκου διαφόρων τύπων καρκίνου περιλαμβάνοντας εκείνο του προστάτη, των πνευμόνων και του παχέος εντέρου (Cauley et al., 2013). Σε κάθε περίπτωση η ιατρική επιστήμη δεν μπορεί να αντικατασταθεί, όταν μιλάμε για περιπτώσεις επιβεβαιωμένης ασθένειας. Κύριος σκοπός των εμπλουτισμένων τροφίμων είναι η πρόληψη και ενίσχυση της άμυνας του οργανισμού (Vernieri et al., 2018).

Οι ευεργετικές δράσεις του μελιού προέρχονται από το σύνολο των συστατικών του και όχι από τις περιεχόμενες βιταμίνες, καθώς τα ποσοστά τους είναι ιδιαίτερα χαμηλά. Ο εμπλουτισμός με βιταμίνες ενός τροφίμου με αποδεδειγμένες βιολογικές δράσεις, θα είχε ως αποτέλεσμα ένα προϊόν υψηλότερης διατροφικής αξίας, το οποίο είναι ήδη ενταγμένο στο διαιτολόγιο των περισσότερων Μεσογειακών λαών.

#### **5.4 Χαρακτηριστικά Βιταμινών**

Οι βιταμίνες είναι ευαίσθητα βιοδραστικά μακρομόρια τα οποία λειτουργούν ως σημαντικοί συμπαράγοντες σε μια σειρά κυτταρικών διεργασιών. Η κατανάλωσή τους είναι ουσιώδης για την διατήρηση της ανθρώπινης υγείας ενώ τα φαρμακοδιατροφικά σκευάσματα θεωρούνται ότι διαθέτουν οφέλη πέραν της διατροφικής τους αξίας. Οι ουσίες αυτές είτε παράγονται σε σχεδόν αμελητέες ποσότητες είτε δεν παράγονται καν από το ανθρώπινο σώμα και η λήψη τους βασίζεται αποκλειστικά στη διατροφή. Η φτωχή ή υπερβολική πρόσληψη βιταμινών συνδέεται με νοσολογικά σύνδρομα γνωστά με τους όρους υποβιταμίνωση ή υπερβιταμίνωση. Υποβιταμίνώσεις παρατηρούνται σε άτομα με αυξημένες απαιτήσεις όπως έγκυες, εφήβους, αθλητές, άτομα με μακροχρόνιο περιορισμό στην λήψη τροφής όπως σε υποβληθέντες σε χειρουργικές επεμβάσεις, σε νευρική ανορεξία, σε καταστροφή της εντερικής χλωρίδας από λήψη αντιβιοτικών. Επίσης υποβιταμίνωση μπορεί να προκύψει από αλληλεπίδραση μεταξύ βιταμινών και άλλων φαρμάκων ενώ ομάδες με αυξημένες απαιτήσεις αποτελούν οι ηλικιωμένοι, οι φυτοφάγοι αλλά ακόμα και εκείνοι που υποφέρουν από αλκοολισμό.

Στον Πίνακα 4 του παραρτήματος παρουσιάζονται τα όρια πρόσληψης βιταμινών όπως αυτά έχουν οριστεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως αρ. φύλλου 395 της 27ης Φεβρουαρίου 2004.

Οι βιταμίνες διαχωρίζονται σε υδατοδιαλυτές και λιπόφιλες ανάλογα με τη διαλυτότητά τους σε νερό ή σε λιπίδια. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες του συμπλέγματος Β και η βιταμίνη C δεν αποθηκεύονται στον ανθρώπινο οργανισμό για μεγάλο διάστημα και χρειάζεται ημερήσια καθημερινή πρόσληψη ενώ η απορρόφηση και μεταφορά των λιπόφιλων βιταμινών Α, D, Ε, Κ σχετίζεται με την μεταφορά και απορρόφηση λιπιδίων και μπορούν να αποθηκευτούν στον οργανισμό σε διαφορετικά ποσοστά. Οι βιταμίνες Α, D, Ε, Κ καθώς και τα καροτενοειδή είναι λιπόφιλα μόρια που συναντώνται σε τρόφιμα. Η έλλειψη σε αυτού του είδους βιταμίνες, παρατηρείται :

- Όταν το ημερήσιο διαιτολόγιο στερείται αυτών για μεγάλο χρονικό διάστημα
- Όταν διαλύονται σε λίπος που δεν απορροφάται και αποβάλλονται μέσω του εντερικού σωλήνα
- Όταν η διατροφή στερείται λιπαρών
- Λόγω παθολογικών καταστάσεων ή κατανάλωσης φαρμάκων

Το προϊόν μελιού προτείνεται να ενισχυθεί με σύμπλοκα κυκλοδεξτρινών-βιταμινών, τα οποία θα ενισχύσουν τον ανθρώπινο οργανισμό με επιπλέον ποσότητες βιταμινών D, E, C δεδομένου ότι το μέλι ως προϊόν υπολείπεται ουσιαστικού θρεπτικού περιεχομένου σε βιταμίνες.

#### **5.4.1 Η βιταμίνη D: Τα οφέλη και τα χαρακτηριστικά της**

Η **βιταμίνη D** είναι μια ομάδα λιποδιαλυτών προ-ορμονών, η οποία έχει δύο κύριες χημικές μορφές: την βιταμίνη D2 ή εργοκαλσιφερόλη και την βιταμίνη D3 ή χοληκαλσιφερόλη. Η σύνθεσή της συνδέεται με δύο βασικούς παράγοντες: την υπεριώδη ακτινοβολία και την χοληστερόλη (Holick, 2007) . Η βιταμίνη D2 είναι φυτικής προέλευσης ενώ η βιταμίνη D3 είναι ζωϊκής αν και δεν συναντώνται άμεσα σε αυτή τη μορφή στα τρόφιμα. Για τον λόγο αυτό στην βιομηχανία τροφίμων γίνεται συχνός εμπλουτισμός προϊόντων όπως το γάλα , η μαργαρίνη και τα δημητριακά. Η βιταμίνη D μπορεί να παραχθεί μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων, πράγμα που σημαίνει ότι κατά κανόνα δε χρειάζεται επιπλέον λήψη της σε χώρες στις οποίες το ηλιακό φως είναι επαρκές.

Η ποσότητα πρόσληψης της βιταμίνης D συνδέεται με την ποσότητα της χοληκαλσιφερόλης που παράγεται από την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία και η οποία εξαρτάται από παράγοντες όπως το χρώμα του δέρματος, τη διάρκεια έκθεσης σε ηλιακό φως, το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, την επιφάνεια του δέρματος που εκτίθεται και την ηλικία του ατόμου. Τα μεγαλύτερης ηλικίας άτομα δεν διαθέτουν μεγάλη ικανότητα σύνθεσης. Περιοριστικοί παράγοντες στην λήψη ηλιακής ακτινοβολίας με τελικό σκοπό την μετατροπή σε βιταμίνη αποτελούν τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, ο τόπος διαμονής και διαβίωσης καθώς οι κάτοικοι του βορείου ή νοτίου ημισφαιρίου δεν λαμβάνουν την απαιτούμενη ποσότητα καθώς η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη και απαιτείται η λήψη με μορφή συμπληρωμάτων. Αποθηκεύεται στον λιπώδη ιστό, τους σκελετικούς μύες καθώς και στο ήπαρ, τους πνεύμονες, το δέρμα και τα οστά.

Η βιταμίνη D έχει άμεση σύνδεση με την απορρόφηση ασβεστίου, εξαιτίας της οποίας έλαβε και το όνομα καλσιφερόλη. Βοηθά άμεσα στην διατήρηση συγκέντρωσης του ασβεστίου στο πλάσμα και ρυθμίζει τον μεταβολισμό του. Προστατεύει τα οστά από κατάγματα και τέλος έχουν σημειωθεί ευεργετικές αντικαρκινικές ιδιότητες στην πρόληψη διαφόρων τύπων καρκίνου όπως του παχέος εντέρου αλλά και του μαστού. Έλλειψη της βιταμίνης D οδηγεί επαγωγικά σε έλλειψη ασβεστίου προκαλώντας σε νεαρά κυρίως άτομα ανωμαλίες των οστών καθώς γίνονται εύθραυστα και αδύναμα, οδηγώντας σε ραχίτιδες, οστεώσεις του σκελετού και παραμορφώσεις της σπονδυλικής στήλης καθώς και σε βλάβες στο κεντρικό νευρικό και μυϊκό σύστημα ενώ άτομα

μεγαλύτερης ηλικίας υποφέρουν από οστεοπόρωση (Holick, 2007). Συνολικά συμβάλλει στην βέλτιστη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος καθώς και επίσης και στην αύξηση ινσουλίνης και συστατικότητας του μυοκαρδίου ενώ τα χαμηλά επίπεδα που παρατηρούνται στον πληθυσμό έχουν συνδεθεί με ανάπτυξη καρδιαγγειακών νοσημάτων, υπέρταση, σκλήρυνση κατά πλάκας και σακχαρώδη διαβήτη τύπου I, II. Στον δυτικό κόσμο πολύ σημαντική φαίνεται να είναι η συμβολή της σε ψυχιατρικές ασθένειες όπως κατάθλιψη και σχιζοφρένεια (Holick, Chen, Lu, & Sauter, 2007). Ισχυρισμοί για ανοσορρυθμιστικές ιδιότητες φαίνεται να την συσχετίζουν επίσης με θεραπεία ψωρίασης και παθήσεων του δέρματος. Η λήψη ποσότητας βιταμίνης D ικανής να καλύψει τις ανάγκες ενός ατόμου, ενδέχεται να είναι δύσκολη καθώς λαμβάνεται αποκλειστικά από φυσικές πηγές. Πολλές φορές απαιτείται η χορήγησή της με μορφή συμπληρώματος καθώς ο μόνος τρόπος να διατηρηθεί σε ασφαλή και υγιή επίπεδα είναι η κατανάλωση τροφίμων εμπλουτισμένων με βιταμίνη D ή η έκθεση στο ηλιακό φως. Υπολογίζεται ότι 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι εκδηλώνουν ανεπάρκεια καθώς ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να συνθέσει μόλις το 10% μέσω της τροφής.

#### **5.4.2 Η βιταμίνη E: Τα οφέλη και τα χαρακτηριστικά της**

Η **βιταμίνη E** απαρτίζεται από τέσσερις τοκοφερόλες (α, β, γ και δ) και τέσσερις τοκοτριενόλες (α, β, γ και δ). Ένα μόριο α-τοκοφερόλης μπορεί να «παγιδεύσει» δύο ελεύθερες ρίζες υπεύθυνες για την έναρξη οξειδώσεων, ιδιότητα με μεγάλο ενδιαφέρον για τον εμπλουτισμό του προϊόντος μελιού. Το μόριο αυτό είναι ικανό να προστατεύσει τις λιπιδικές μεμβράνες από την οξειδωσή αλλά και λόγω των δυνάμεων Van der Waals που σταθεροποιούν μηχανικά τις μεμβράνες (Jiang, 2014). Η α- και γ-τοκοφερόλη έχουν αντιφλεγμονώδη δράση. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι η α-τοκοφερόλη αναστέλλει την παραγωγή ελεύθερων ριζών ενώ η γ-τοκοφερόλη παγιδεύει και τις εξουδετερώνει τις ήδη υπάρχουσες στον οργανισμό (Reiter, Jiang, & Christen, 2007).

Πολλά τρόφιμα αποτελούν πλούσια πηγή τοκοφερόλης ιδιαίτερα εκείνα με αυξημένο ποσοστό φυτικών λιπών όπως οι ξηροί καρποί, οι σπόροι σιτηρών και δημητριακών, οι γαρίδες και το φυτικό βούτυρο. Θεωρείται αντιοξειδωτική ουσία, προστατεύοντας τα κύτταρα από την οξειδωση των πολυακόρεστων λιπών που οδηγεί σε τοξικές ενώσεις, είναι απαραίτητη για την κυτταρική αναπνοή, προστατεύει τα ερυθρά αιμοσφαίρια ενώ καθυστερεί το τάγγισμα στα λίπη (Ji, Sun, & Shen, 2014).

Επιπλέον προλαμβάνει και μειώνει συγκεκριμένες ασθένειες που συνδέονται με τις ελεύθερες ρίζες όπως χρόνιες φλεγμονές και καρκίνο ενώ παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του ανοσοποιητικού συστήματος σε νεογέννητα. Ισχυρισμοί έχουν γίνει επιπλέον σχετικά με καθυστέρηση εμφάνισης παθογόνων καταστάσεων όπως καρδιαγγειακών παθήσεων, καρκίνου, νευρολογικών διαταραχών, αρθρίτιδας, καταρράκτη και κυτταρικού εκφυλισμού που συνδέεται με την ηλικία. Είναι λοιπόν βασική για την ομαλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος ειδικότερα σε ευαίσθητες ομάδες όπως οι ηλικιωμένοι. Για να απορροφηθεί σωστά από τον

οργανισμό απαιτείται η παρουσία χολής και λιπών και λαμβάνει χώρα στο λεπτό έντερο. Η σχέση ολικών λιπιδίων-ολικής τοκοφερόλης κρίνεται ως ενδεικτική για την επάρκεια της βιταμίνης στον οργανισμό. Αποθηκεύεται στον λιπώδη ιστό, σε μύες και ήπαρ και χρησιμοποιεί το λίπος των ιστών ώστε να μεταβολιστεί (Rizvi et al., 2014).

Η αρτηριοσκλήρωση ενδέχεται να μπορεί να προληφθεί με την πρόσληψη βιταμίνης E γιατί βοηθά στην μείωση της παραγωγής προσταγλαδινών που προκαλούν συσσώρευση αιμοπεταλίων. Έχει βρεθεί ότι είναι εξαιρετικά αποδοτική στην πρόληψη και αναστροφή πολλών επιπλοκών που επιφέρουν ασθένειες, κυρίως λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης, του ρόλου της ως αντιφλεγμονώδες και την ανοσοενισχυτική της δράση. Αβιταμίνωση μπορεί να προκληθεί σε περίπτωση ατόμων με κληρονομικές ή επίκτητες ασθένειες που περιορίζουν την ικανότητα να απορροφήσουν την βιταμίνη για παράδειγμα ασθενείς με κυστική ίνωση. Τα συμπτώματα της αβιταμίνωσης περιλαμβάνουν μυϊκή αδυναμία προβλήματα όρασης, αλλαγές στο ανοσοποιητικό σύστημα, μούδιασμα, δυσκολία στο βάδισμα όπως και έλλειψη αίσθησης της ισορροπίας. Πέρα από τα συμπτώματα αυτά, ελοχεύει ο κίνδυνος για εμφάνιση νευρομυϊκών προβλημάτων όπως μυοπάθειες και αναιμία λόγω της οξειδωτικής καταστροφής των κόκκινων κυττάρων του αίματος.

#### **5.4.3 Η βιταμίνη C: Τα οφέλη και τα χαρακτηριστικά της**

Η **βιταμίνη C** αποτελεί την μόνη υδατοδιαλυτή βιταμίνη που προτείνεται να ενθυλακωθεί στο τελικό προϊόν. Ανήκει στην κατηγορία των υδατανθράκων και συχνά παρατηρούνται ελλείψεις στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς λόγω έλλειψης της L-γουλονολακτονικής οξειδάσης δεν μπορεί να συντεθεί και είναι αναγκαίο να ληφθεί μέσω της διατροφής. Έρευνες έχουν αποδείξει τις ωφέλιμες δράσεις της και ενώ η λίστα με τις βιολογικά πλεονεκτήματα συνεχίζει και μεγαλώνει. Περιέχεται σε τροφές όπως τα φρούτα και τα λαχανικά τα οποία αναμφισβήτητα αποτελούν μια από τις πιο σημαντικές πηγές πρόσληψης. Η βιταμίνη C:

- Είναι απαραίτητη για τη σύνθεση και διατήρηση του κολλαγόνου, στην λειτουργία των αιμοφόρων αγγείων και την επούλωση των πληγών.
- Είναι αντιοξειδωτικός παράγοντας, βοηθά στην προστασία από την αρτηριοσκλήρωση και τον καρκίνο.
- Έχει συσχετισθεί με μείωση εμφάνισης χρόνιων ασθενειών όπως νόσο του Parkinson, άσθματος, δρεπανοκυτταρικής αναιμίας και μείωση πίεσης του αίματος.
- Προστατεύει την ακεραιότητα της βιταμίνης E και αντίστροφα.

Η ανεπάρκεια πρόσληψης μπορεί να προκαλέσει μειωμένη αντίσταση του οργανισμού σε κοινές λοιμώξεις ή να οδηγήσει σε εκδήλωση σκορβούτου. Οι καπνιστές αποτελούν μια ομάδα στην οποία συνήθως συνίσταται η επιπλέον λήψη της βιταμίνης C, καθώς οξειδώνεται με το κάπνισμα, με αποτέλεσμα να αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης αρτηριοσκλήρυνσης και καρδιακών νοσημάτων. Επιτακτική ανάγκη για εξασφάλιση των απαιτούμενων ποσών βιταμίνης C συναντάται σε ειδικές

ομάδες πληθυσμού. Για παράδειγμα σε παιδιά καθώς κατά την παιδική ηλικία σχηματίζονται και αναπτύσσονται τα δόντια και τα οστά, σε ασθενείς που πάσχουν από διαβήτη καθώς και σε ηλικιωμένους υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για εμφάνιση έλλειψης βιταμίνης C.

Η ασταθής φύση του ασκορβικού οξέος έχει καταγραφεί πολλάκις δείχνοντας ότι η βιταμίνη εκδηλώνει μεγάλη ευπάθεια σε θερμότητα, φως, έκθεση σε οξυγόνο, pH και υδάτινα περιβάλλοντα. Σε περίπτωση που υπάρξει θέμα κατανάλωσης υψηλότερης συγκέντρωσης από την απαιτούμενη, απεκκρίνεται μέσω των ούρων και δεν προξενεί κινδύνους τοξικότητας όπως οι λιπόφιλες βιταμίνες. Το ανώτατο όριο σε περιπτώσεις λήψης διατροφικών συμπληρωμάτων είναι 2.000 mg ημερησίως. Σε κάθε περίπτωση συνίσταται πάντα η τήρηση των συνιστώμενων δόσεων προκειμένου να μην οδηγηθεί το ανθρώπινο σώμα σε τοξική συσσώρευση (Padayatty & Levine, 2016).

## Κεφάλαιο 6° Προτάσεις και Προβληματισμοί στην ανάπτυξη του προϊόντος

### 6.1 Μελέτη ανάπτυξης συμπλόκου κυκλοδεξτρίνης-βιταμίνης καθώς και έλεγχος επιτυχούς ενσωμάτωσης στο τελικό προϊόν μελιού

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται θεωρητική μελέτη ανάπτυξης προϊόντος μελιού ενισχυμένου με σύμπλοκο πολυβιταμινών και κυκλοδεξτρίνης. Έχει προβλεφθεί ότι στα πλαίσια υλοποίησης της ιδέας, θα πραγματοποιηθεί συνεργασία με εταιρεία παραγωγής μελιού καθώς και με διαπιστευμένο εργαστήριο που θα διεξάγει τις κατάλληλες αναλύσεις.

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία έχουν διεξαχθεί ολιγάριθμες υπολογιστικές προσομοιώσεις μοριακών μοντέλων βιταμινών και κυκλοδεξτρινών, ωστόσο έχει διεξαχθεί μελέτη σχετικά με τον εγκλεισμό του προπιονικού εστέρα της βιταμίνης Α σε β-κυκλοδεξτρίνη (Malle, Khatmi, Azzouz, Benghodbane, & Yahia, 2012). Πρόσφατα έχει εκδηλωθεί ενδιαφέρον για την χοληκαλσιφερόλη και τους ενεργούς μεταβολίτες της καθώς και τους τρόπους με τους οποίους θα μπορούσε να επιτευχθεί βελτιωμένη μεταφορά της (Szejtli, 2013). Η γνώση σχετικά με τα οφέλη των κυκλοδεξτρινών ως ναυοφορείς μεταφοράς δραστικών ουσιών αναμένεται να προαχθεί με έμφαση σε ότι αφορά την ενθυλάκωση βιταμινών.

Πρόσφατα, ο Braithwaite και οι συνεργάτες (Braithwaite et al., 2017) διεξήγαν μελέτη in silico για να παρέχουν μηχανιστική περιγραφή στοχεύοντας στην κατανόηση της σύνθεσης, χαρακτηρισμού και τα φαινόμενα διαλυτότητας των βιταμινικών συμπλόκων με κυκλοδεξτρίνες με στόχο να διερευνηθεί η δυνατότητα ενίσχυσης της διαλυτότητας τους. Εξετάσθηκαν διάφορα μόρια κυκλοδεξτρινών (α-,β-,γ- και υδροξυτρώπουλ β-) τα οποία συμπλοκοποιήθηκαν με μόρια τριών προς εξέταση βιταμινών: χοληκαλσιφερόλη, α-τοκοφερόλη και βιταμίνη C. Σαν αποτέλεσμα της έρευνας τους διαπιστώθηκε η βελτίωση διαλυτότητας, ακόμα και στην υδρόφιλη βιταμίνη C, υποδεικνύοντας ότι τα προφίλ αποδέσμευσης βιταμινών για χρήση δια στόματος, μπορούν να εξετασθούν σε υδατικά διαλύματα τόσο για υδρόφοβες, όσο και για υδρόφιλες βιταμίνες. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η ενθυλάκωση μιας βιταμίνης σε κυκλοδεξτρίνη είναι μια υποσχόμενη στρατηγική για να δημιουργηθούν βιταμινικά σύμπλοκα.

Ιδιαίτερης σημασίας είναι η μελέτη η οποία θα καθορίσει τον τύπο κυκλοδεξτρίνης ή παραγώγου της, το οποίο θα παρουσιαστεί ως το καταλληλότερο για την ενθυλάκωση των βιταμινών. Επιτυχημένα παραδείγματα έχουν ήδη παρουσιαστεί καθώς οι ερευνητές προσπαθούν να καθορίσουν ποια από τις φυσικές ή τροποποιημένες κυκλοδεξτρίνες είναι καταλληλότερη ανά περίπτωση και ανά προϊόν. Συνηθέστερα συναντήσαμε την α-,β-,γ-κυκλοδεξτρίνη αλλά επίσης και το παράγωγο Υδροξυτρώπουλ-β-κυκλοδεξτρίνη το οποίο φαίνεται να είναι αποτελεσματικός φορέας

των βιταμινών. Στη συνέχεια τίθεται προς διερεύνηση η αναλογία κυκλοδεξτρίνης-βιταμίνης, καθώς διαφορετικής σύστασης διαλύματα δίνουν διαφορετικών ιδιοτήτων σύμπλοκα σε αρκετές μελέτες ενθυλάκωσης. Δεν έχει καταγραφεί ως σήμερα μελέτη με αντικείμενο την εισαγωγή κυκλοδεξτρίνης σε μέλι. Επειδή η επίδραση των συστατικών του προϊόντος ενδέχεται να επηρεάσει την σταθερότητα του σχηματιζόμενου συμπλόκου είναι απαραίτητος ο έλεγχος με αναλυτικές μεθόδους χαρακτηρισμού.

Προβλέπεται επίσης να γίνει έλεγχος σχετικά με την συμπεριφορά και τις αλλαγές που υφίστανται τα συστατικά του μελιού και τα σύμπλοκα που θα παρασκευαστούν, σε αλλαγές pH, αλλαγές θερμοκρασίας και έλεγχος των θερμοδυναμικών παραμέτρων που εμπλέκονται στον σχηματισμό των συμπλόκων (μεταβολή ενθαλπίας και εντροπίας) καθώς και προσδιορισμός διαλυτότητας τους, ενώ ο υπολογισμός της σταθεράς συμπλοκοποίησης θα προσδιορίσει και την στοιχειομετρία των σχηματιζόμενων συμπλόκων. Όλες αυτές οι πληροφορίες θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να γίνει μια πρώτη εκτίμηση της διάρκειας ζωής που θα έχει το τελικό προϊόν.

Η πιθανή συνεργασία με ερευνητικό εργαστήριο Δημόσιου Φορέα ενδέχεται να μειώσει αισθητά το υψηλό κόστος το οποίο απαιτείται να επενδύσει μια εταιρεία προκειμένου να λάβει τα απαιτούμενα αποτελέσματα για την έρευνα και ανάπτυξη του καινοτόμου προϊόντος. Η επένδυση στην παραπάνω ερευνητική διαδικασία αποτελεί κόστος το οποίο παρέχεται εφάπαξ, ενώ ενδεχόμενη επιτυχία της διαδικασίας εξασφαλίζει στην εταιρεία άμεσα κέρδη με την εισαγωγή του προϊόντος στην εγχώρια αλλά και διεθνή αγορά.

## **6.2 Θεωρητική Πρόταση μεθόδων συμπλοκοποίησης βιταμινών σε μόρια κυκλοδεξτρινών**

Για τη δημιουργία των συμπλόκων, προτείνεται η χρήση της β-κυκλοδεξτρίνης (β-CD) η οποία συναντάται συχνότερα στις πειραματικές μελέτες που έχουν δημοσιευθεί, χωρίς να αποκλείεται η δυνατότητα χρήσης άλλου τύπου κυκλοδεξτρινών. Για τον σχηματισμό συμπλόκων εγκλεισμού βιταμινών-κυκλοδεξτρινών προτείνεται να χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι που έχουν εφαρμοσθεί από τους (Braithwaite et al., 2017; Vilanova & Solans, 2015) με μικρές παραλλαγές καθώς έχουν διεξάγει με επιτυχία μελέτη ενθυλάκωσης βιταμινών σε κυκλοδεξτρίνες. Για την ανάπτυξη του προϊόντος μελιού προτείνεται η μέθοδος της συγκαταβύθισης. Η διαδικασία παρασκευής συμπλόκου για την ενθυλάκωση λιπόφιλων βιταμινών διαφέρει ελάχιστα από εκείνη των υδρόφιλων κυρίως στην χρήση διαλυτών.

Η προτεινόμενη διαδικασία περιλαμβάνει ζύγιση των βιταμινών και κυκλοδεξτρινών πριν προστεθούν στο διάλυμα. Για την λιπόφιλη βιταμίνη D προτείνεται ως διαλύτης αιθανόλη, για την βιταμίνη E ακετόνη ενώ για την υδρόφιλη βιταμίνη C θα προστεθεί δις-απιονισμένο νερό. Στην περίπτωση των λιπόφιλων βιταμινών, οι βιταμίνες θα διαλυθούν αρχικά στον οργανικό διαλύτη και η



κυκλοδεξτρίνη σε νερό. Στη συνέχεια, τα δυο διαλύματα θα αναμιχθούν. Όλα τα μίγματα συνήθως απαιτούν ανάδευση για ένα βράδυ σε θερμοκρασία δωματίου. Ακολουθεί φιλτράρισμα των αιωρημάτων και λυοφιλοποίηση με freeze dryer συνήθως για 2-3 ώρες. Το ίζημα που προκύπτει ξηραίνεται υπό κενό σε 40 °C για 3h προκειμένου να ληφθούν τα σωματίδια σε μορφή ξηρής πούδρας, αφού έχουν απομακρυνθεί οι διαλύτες. Η ποσότητα συμπλόκου που τελικά λαμβάνεται φυλάσσεται σε συνθήκες κατάψυξης.

### **6.3 Χαρακτηρισμός σωματιδίων συμπλόκων εγκλεισμού βιταμινών-κυκλοδεξτρινών**

Το τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου της συνεργαζόμενης εταιρείας θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο προκειμένου να πραγματοποιεί τακτικούς ελέγχους επιτυχίας της διαδικασίας, καταγραφής και επιβεβαίωσης των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται κατά τη συμπλοκοποίηση. Είναι δεδομένο ότι η συνεργαζόμενη εταιρεία έχει ήδη εξοπλισμένες εγκαταστάσεις που αφορούν τις διαδικασίες παραγωγής, τυποποίησης, συσκευασίας και διανομής. Ως εκ τούτου με βάση τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή και τον χαρακτηρισμό των αποτελεσμάτων θα γίνει και ο υπολογισμός κόστους διαμόρφωσης και εγκατάστασης του εργαστηρίου παρασκευής συμπλόκων.

- **Έλεγχος σταθερότητας χημικής δομής συμπλόκου με χρήση Φασματοσκοπίας FT-IR**

Η σταθερότητα της χημικής δομής θα ελεγχθεί με χρήση Φασματοσκοπίας FT-IR. Η διαδικασία περιλαμβάνει ανάμιξη των στερεών συμπλόκων CD-Βιταμινών με KBr προκειμένου να ληφθεί το φάσμα.

- **Θερμική ανάλυση με DSC Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης**

Η μέθοδος δίνει πληροφορίες που αφορούν τις αλληλεπιδράσεις σχετικά με τα σύμπλοκα κυκλοδεξτρίνης-βιταμινών. Τα δείγματα θερμαίνονται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από τη θερμοκρασία δωματίου έως τους 250°C, σε χοάνη αλουμινίου υπό ροή αζώτου. Ο ρυθμός θέρμανσης είναι 10°C/min και οι θερμοκρασία έχει εύρος από 10-300°C.

### **6.4 Ενσωμάτωση των συμπλόκων στο τελικό προϊόν μελιού**

Βασικό στάδιο στην παραγωγή του προϊόντος μελιού είναι η ανάμιξη και διασπορά των κυκλοδεξτρινών με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν θα επηρεαστούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Η ενσωμάτωση των κυκλοδεξτρινών ως σύμπλοκο με βιταμίνες επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωσή τους και ομογενοποίησή τους στο μέλι.

Το μέλι το οποίο επιλέγεται προς ενίσχυση, πρέπει να έχει υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας προκειμένου να προστεθεί το σύμπλοκο κυκλοδεξτρίνης-βιταμινών και να επιτευχθεί η διασπορά στην μάζα του, λόγω του υδρόφιλου χαρακτήρα της κυκλοδεξτρίνης. Η αρχική πρόταση αφορά την διαλυτοποίηση των κυκλοδεξτρινών με χρήση θέρμανσης του μελιού, προκειμένου να μειωθεί το ιξώδες του και να γίνει ομογενοποίηση του μίγματος. Η διαδικασία αυτή (θέρμανση στους 35-37°C)

δεν επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του μελιού καθώς πραγματοποιείται κατά τη διαδικασία παραγωγής του όπου κρίνεται αναγκαίο αντ'αυτού αυξάνει τη ρευστότητα.

Το μέλι αποτελεί υπέρκορο διάλυμα γλυκόζης, η οποία έχει την τάση να κρυσταλλώνει αυθόρμητα, σε θερμοκρασία δωματίου. Η κρυστάλλωση του μελιού, είναι ανεπιθύμητη διαδικασία γιατί επηρεάζει τις ιδιότητες υφής του, θέτοντας το λιγότερο ελκυστικό στον καταναλωτή. Η περιεχόμενη υγρασία είναι κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα και τη διατηρησιμότητα του μελιού και στα ελληνικά μέλια κυμαίνεται από 13-18.9/100 g και η τιμές ενεργότητας ύδατος  $a_w$  0.528-0.663 αντίστοιχα. Η υγρασία είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας που αφορά την σταθερότητα και ανθεκτικότητά του. Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας τυπικά κυμαίνεται από 13-20% (Jaafar et al., 2017); White Jr, 1978). Όπως και άλλα νευτώνια υγρά, το ιξώδες του μελιού εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία αλλά και τη θερμότητα. Στους 24°C με 18,9% υγρασία, το ιξώδες του μελιού είναι περίπου 9.9 (Yanniotis, Skaltsi, & Karaburnioti, 2006).

Η περιεχόμενη υγρασία στο μέλι σχετίζεται με την περίοδο συλλογής και τα επίπεδα ωριμότητας του μελιού μέσα στην κυψέλη. Υψηλή υγρασία ενδέχεται να έχει σαν αποτέλεσμα την ζύμωση του μελιού κατά τη διάρκεια αποθήκευσης. Για την παρασκευή του εμπλουτισμένου προϊόντος θα χρειαστεί η ομογενοποίηση των ενθυλακωμένων σε κυκλοδεξτρίνες βιταμινών, οι οποίες βάσει βιβλιογραφίας διαλύονται με ευκολία στο περιεχόμενο νερό των τροφίμων. Για περισσότερες πιθανότητες επιτυχίας της διαδικασίας, προτείνεται ένας τύπος μελιού με περιεχόμενη υγρασία τέτοια που να επιτρέπει την διάλυση της πούδρας που θα παραχθεί και αναμένεται βάσει της θεωρίας της νανοτεχνολογίας να κυμαίνεται σε μεγέθη mg/kg. Ιδανική επιλογή φαίνεται να αποτελεί το *μέλι ελάτης βανίλια* το οποίο διαθέτει 18,5% υγρασία και σύνολο σακχάρων γλυκόζης-φρουκτόζης 36,2% ποσοστό το οποίο δεν κρίνεται ιδιαίτερος υψηλό και δεν θα θέσει σε κίνδυνο κρυστάλλωσης το τελικό προϊόν. Ανήκει στις κατηγορίες εκείνες μελιών με καλή γεύση και χαρακτηριστική εμφάνιση και είναι το μόνο το οποίο έχει αναγνωρισθεί ως μέλι με Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης.

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> Μελέτη Σκοπιμότητας Ανάπτυξης Μελιού Εμπλουτισμένου με Πολυβιταμινικά σύμπλοκα Κυκλοδεξτρινών

### 7.1 Ανάλυση της αγοράς

Ο ερευνητικός τομέας δραστηριοποιείται ενεργά συμβαδίζοντας με τις παγκόσμιες εξελίξεις και καινοτομίες σε διάφορους κλάδους, εξελίσσοντας υφιστάμενα προϊόντα και ωθώντας στην δημιουργία νέων.

Παρατηρώντας τις ελλείψεις σε μικροθρεπτικά συστατικά που σημειώνονται στον πληθυσμό ως απόρροια των σύγχρονων διατροφικών συμπεριφορών, δημιουργήθηκε η ιδέα που αφορά την ανάπτυξη ενός καινοτόμου προϊόντος μελιού, το οποίο θα εμπλουτιστεί χρησιμοποιώντας νανοτεχνολογική μέθοδο κατά την παρασκευή του, με τις βιταμίνες που κρίνονται απαραίτητες. Το ενδιαφέρον στην παρούσα μελέτη στράφηκε στις κυκλοδεξτρίνες ως νανομεταφορέα ικανού να υποστηρίξει αυτό το εγχείρημα. Για την εισαγωγή του προϊόντος μελιού στην αγορά, προτείνεται να πραγματοποιηθεί συνεργασία σε μια μελισσοκομική εταιρεία, η οποία συλλέγει, τυποποιεί και διανέμει τα προϊόντα της στην ελληνική αγορά αλλά με δυνατότητα εξαγωγικής δραστηριότητας.

Τις τελευταίες δεκαετίες οι απαιτήσεις των καταναλωτών για προϊόντα τα οποία ενισχύουν την καλή υγεία, όπως τα λειτουργικά ή τα εμπλουτισμένα τρόφιμα έχουν αυξητική τάση. Η ανάγκη αυτή έχει προκύψει λόγω των κοινωνικό-οικονομικών αλλαγών, όπως η αύξηση του προσδόκιμου ζωής, η άνοδος του κόστους υγειονομικής περίθαλψης και η γενικότερη θέληση για καλύτερη ποιότητα ζωής.

Πλήθος ειδικών έχουν παρατηρήσει την παγκόσμια αγορά των λειτουργικών τροφίμων και δίνουν προσεγγίσεις που αφορούν το μέλλον της. Το 2010, η Euromonitor εκτίμησε την αξία της παγκόσμιας αγοράς λειτουργικών τροφίμων σε 168 δισεκατομμύρια δολάρια, 2.5 φορές πάνω από την αγορά των διατροφικών συμπληρωμάτων και βιταμινών (Euromonitor, 2010a). Το 2015 η αγορά άγγιξε τα 129.39 δισεκατομμύρια δολάρια καθώς αυξάνεται διαρκώς η ανησυχία των καταναλωτών σχετικά με την υγεία και τη διατροφή τους. Παρόλα αυτά το διαρκές ενδιαφέρον των καταναλωτών για κατανάλωση τροφίμων που βοηθούν στον περιορισμό εμφάνισης χρόνιων ασθενειών, έχει οδηγήσει στην ταχύτατη ανάπτυξη της βιομηχανίας τροφίμων, με σταθερό ρυθμό αύξησης 8.6% στα τελευταία 10 χρόνια σε μελέτη που διεξήχθη το 2012 (Euromonitor, 2010b).

Η Ευρώπη, οι ΗΠΑ, και η Ιαπωνία βρίσκονται στο επίκεντρο της αγοράς λειτουργικών τροφίμων υποδεικνύοντας μια κερδοφόρα τάση που θα επηρεάσει την παγκόσμια αγορά κατά τρόπο θετικό. Στην παρούσα αγορά η Γερμανία, Γαλλία και Ολλανδία αντιπροσωπεύουν τις χώρες με τα περισσότερα χρησιμοποιούμενα λειτουργικά τρόφιμα στην Ευρώπη. Ανερχόμενη αγορά που αφορά τα εμπλουτισμένα τρόφιμα αποτελεί και η Ρωσία της οποίας η αγορά σε λειτουργικά τρόφιμα, ανήλθε το 2004 σε 75 δισεκατομμύρια δολάρια με ετήσια αύξηση της τάσης του 20% αποδεικνύοντας ότι το ενδιαφέρον για τέτοιου είδους τρόφιμα είναι έντονο και στην Κεντρική και

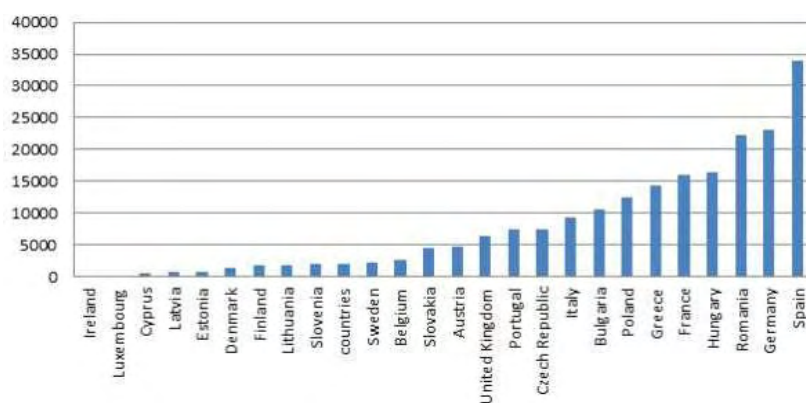
Βόρεια Ευρώπη, ίσως ακόμα υψηλότερο από τις Μεσογειακές χώρες που οι καταναλωτές επιζητούν το φυσικό προϊόν.

Οι εταιρίες τροφίμων, ενδιαφέρονται για επενδύσεις με δυνατότητες ανάπτυξης και μεγάλα περιθώρια κέρδους και τείνουν να επενδύουν στην έρευνα και ανάπτυξη λειτουργικών και εμπλουτισμένων τροφίμων. Αυτά τα εγχειρήματα ενέχουν υψηλούς κινδύνους που σχετίζονται με πιθανή αποτυχία του προϊόντος καθώς 70-90% των προϊόντων με ιδιότητες ενισχυτικές για την υγεία, βγαίνουν από την αγορά τα 2 πρώτα χρόνια μετά την εισαγωγή τους στην αγορά (Khan, Grigor, Win, & Boland, 2014; Stein & Rodríguez-Cerezo, 2008).

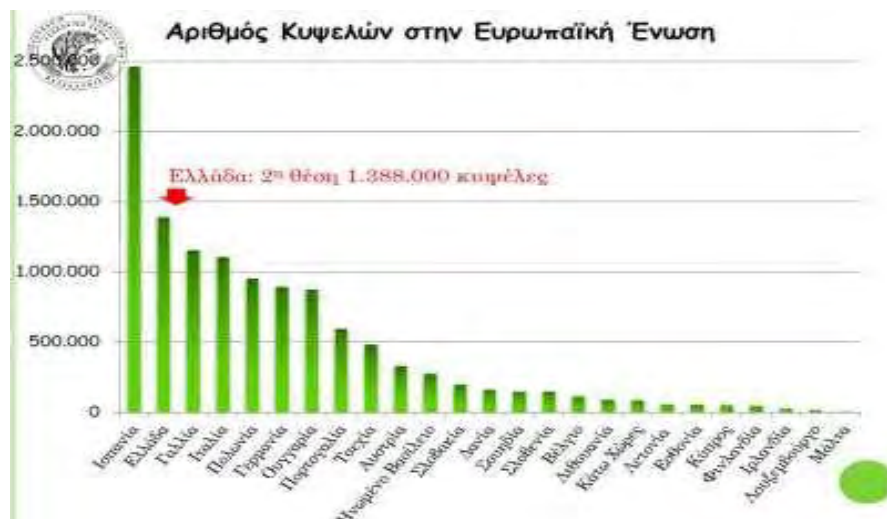
Η αύξηση των χρόνιων ασθενειών στις οικονομικά ανερχόμενες χώρες δημιούργησε μια τάση προς την γενικότερη επίγνωση σχετικά με την υγεία και ωθεί την αγορά προς την εδραίωση των λειτουργικών προϊόντων και την διαρκή επιλογή τους από καταναλωτές και εταιρείες. Η ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων με εξελιγμένες τεχνολογίες και η τεράστια ζήτησή τους από το καταναλωτικό κοινό κινητοποιεί την αγορά Ευρώπης και Αμερικής προς αυτή την κατεύθυνση (Πίνακας 8). Παρόλα αυτά τα ρυθμιστικά πλαίσια έχουν μεγάλη επίδραση στην γοργή ανάπτυξη του κλάδου.

## 7.2 Παραγωγή και αγορά μελιού στην Ελλάδα και τις χώρες της Ευρώπης

Η Ελλάδα κατατάχθηκε στην έκτη θέση το 2010 ανάμεσα στις χώρες παραγωγής μελιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ το 2013 ανήλθε στην τρίτη θέση για την παραγωγή μελιού εκείνο το έτος.



**Σχήμα 1** Παραγωγή μελιού σε τόνους στην Ευρωπαϊκή Ένωση (FAOSTAT, 2010)



**Σχήμα 2** Αριθμός κυψελών στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2013 (Χ.Τανακάκης, Α.Θρασυβούλου (2013))

Σύμφωνα με το τμήμα Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, έχει σημειωθεί σταθερά αναπτυξιακή πορεία στον τομέα της μελισσοκομίας στην Ελλάδα. Το έτος 2014 οι καταγεγραμμένοι μελισσοκόμοι ήταν περίπου 24.582, αριθμός αυξημένος κατά 17% σε σύγκριση με εκείνον του 2010. Αντίστοιχη αύξηση παρατηρήθηκε στον αριθμό των μελισσοσμηνών, τα οποία συγκριτικά με το 2010, το 2014 αυξήθηκαν κατά 25%.

Η ετήσια παραγωγή μελιού το 2014 ανήλθε στους 20.000tn και το 2015 παρατηρήθηκε αύξηση καθώς η παραγωγή που καταγράφηκε ανήλθε στους 22.500tn. Όσον αφορά την εκτιμώμενη μέση απόδοση μελιού ανά κυψέλη/έτος, υπολογίστηκε σε 12-18kg, ενώ το εκτιμώμενο μέσο κόστος παραγωγής του μελιού ήταν 5,4€/kg. Η διαμόρφωση της μέσης τιμής στη λιανική πώληση ήταν 9€/kg και στη χονδρική πώληση ήταν 4,5€/kg.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταναλώνεται το 20-25% της παγκόσμιας παραγωγής μελιού, με την Ελλάδα, να κατατάσσεται στην έκτη θέση και την Αυστρία και τη Πολωνία να ακολουθούν στις επόμενες θέσεις. Η Ελλάδα κατέχοντας υψηλή θέση στην κατανάλωση μελιού, θα μπορούσε να υποστηρίξει την εισαγωγή ενός εμπλουτισμένου προϊόντος μελιού στην Ελληνική αλλά και Ευρωπαϊκή αγορά. Η παραγωγή του προϊόντος αυτού υποστηρίζεται παράλληλα από τις ευνοϊκές συνθήκες κλίματος και εδάφους που επικρατούν στην ελληνική περιφέρεια καθώς επίσης και από την τεχνογνωσία των Ελλήνων παραγωγών.

|                         | 2003    |            | 2005    |            | 2007    |            | Average annual % change in total consumption |
|-------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|--|
|                         | Total   | Per Capita | Total   | Per Capita | Total   | Per Capita |  |
| EU average <sup>1</sup> | 312,071 | 0.64       | 324,923 | 0.66       | 309,933 | 0.63       | -0.2   |
| Germany                 | 96,050  | 1.16       | 90,741  | 1.10       | 95,506  | 1.16       | -0.1   |
| United Kingdom          | 27,914  | 0.47       | 32,383  | 0.54       | 36,069  | 0.59       | 6.6  |
| France                  | 28,457  | 0.46       | 31,462  | 0.50       | 34,869  | 0.55       | 5.2  |
| Spain                   | 34,028  | 0.82       | 31,867  | 0.74       | 28,927  | 0.65       | -4.0   |
| Italy                   | 18,879  | 0.33       | 23,210  | 0.40       | 18,803  | 0.32       | -0.1   |
| Greece                  | 16,643  | 1.51       | 18,318  | 1.65       | 18,151  | 1.62       | 2.2  |
| Poland                  | 15,725  | 0.41       | 14,847  | 0.39       | 16,192  | 0.42       | 0.7  |
| Austria                 | 10,739  | 1.33       | 9,825   | 1.20       | 9,876   | 1.19       | -2.1   |
| Romania                 | 8,007   | 0.37       | 12,589  | 0.58       | 9,061   | 0.42       | 3.1  |
| Czech Republic          | 6,037   | 0.59       | 7,124   | 0.70       | n.a.    | n.a.       | n.a.   |
| The Netherlands         | 7,876   | 0.49       | 6,272   | 0.38       | 7,890   | 0.48       | 0.0  |
| Belgium                 | 5,769   | 0.56       | 5,311   | 0.51       | n.a.    | n.a.       | n.a.   |
| Portugal                | 7,513   | 0.72       | 6,319   | 0.60       | 6,234   | 0.59       | -4.6   |
| Sweden                  | 6,017   | 0.67       | 6,015   | 0.67       | 6,067   | 0.67       | 0.2  |
| Bulgaria                | 2,497   | 0.32       | 7,614   | 0.98       | 5,027   | 0.65       | 19.1   |
| Finland                 | 2,702   | 0.52       | 3,214   | 0.61       | 3,933   | 0.75       | 9.9  |
| Slovakia                | 2,012   | 0.37       | 4,349   | 0.81       | 3,709   | 0.69       | 16.5   |
| Denmark                 | 3,000   | 0.56       | 3,892   | 0.72       | 3,043   | 0.56       | 0.4  |
| Slovenia                | 1,703   | 0.85       | 2,088   | 1.05       | 2,350   | 1.17       | 8.4  |
| Ireland                 | 1,314   | 0.33       | 1,822   | 0.44       | 1,906   | 0.44       | 9.7  |
| Hungary                 | 4,000   | 0.39       | 4,300   | 0.43       | 1,800   | 0.18       | -18.1  |
| Lithuania               | 1,132   | 0.33       | 1,534   | 0.45       | 1,253   | 0.37       | 2.6  |
| Latvia                  | 696     | 0.30       | 1,258   | 0.55       | 928     | 0.41       | 7.5  |
| Estonia                 | 672     | 0.50       | 780     | 0.58       | 817     | 0.61       | 5.0  |
| Cyprus                  | 804     | 1.12       | 837     | 1.12       | n.a.    | n.a.       | n.a.   |

**Σχήμα 3 Κατανάλωση μελιού στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα έτη 2003-2007, σε χιλιάδες τόνους και σε kg, κατά κεφαλήν αντίστοιχα (EUROSTAT, 2009)**

### 7.3 Περιγραφή του προϊόντος

Τα τελευταία χρόνια στην βιομηχανία, η έρευνα έχει στραφεί προς την ανάπτυξη τροφίμων με υψηλή προστιθέμενη αξία, διατηρώντας τον παραδοσιακό χαρακτήρα. Μέχρι σήμερα οι περιορισμοί που παρουσιάζονταν ήταν η χαμηλή διαλυτότητα κάποιων συστατικών, η εύκολη οξειδωση κάποιων μορίων και η χαμηλή βιοδιαθεσιμότητα καθώς όταν χορηγούνται δια στόματος απορροφούνται από τον ανθρώπινο οργανισμό αλλά μεταβολίζονται σχεδόν άμεσα. Η εξέλιξη της νανοτεχνολογίας προσφέρει τρόπους επίλυσης, σε τομείς όπου η παραδοσιακή τεχνολογία υστερεί.

Το προτεινόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται από τις συνδυαστικές δράσεις του μελιού και των βιταμινών που έχουν προστεθεί σε αυτό. Εκτενής αναφορά σχετικά με τις ευεργετικές ιδιότητες του μελιού και των βιταμινών, έχει γίνει στα προηγούμενα κεφάλαια. Συνοπτικά, πρόκειται για ένα σκεύασμα που:

- Λόγω του μελιού ενισχύει το ανοσοποιητικό, έχει αντισηπτικές ιδιότητες και λόγω της εύκολης απορρόφησης των σακχάρων του είναι πηγή ενέργειας
- Λόγω της βιταμίνης D συμβάλλει στην ομοιοστάση και τον μεταβολισμό του ασβεστίου των οστών, περιορίζοντας τις βλάβες στο κεντρικό νευρικό και μυϊκό σύστημα
- Λόγω της βιταμίνης E παρέχει αντιοξειδωτική προστασία σε ασθένειες που συνδέονται με ελεύθερες ρίζες και βοηθά την ομαλή λειτουργία του ανοσοποιητικού
- Λόγω της βιταμίνης C ενισχύει την αντίσταση του οργανισμού σε λοιμώξεις και βοηθά στην απορρόφηση του σιδήρου

Για την αποφυγή υπερβολικής συσσώρευσης βιταμινών με τους κινδύνους τοξικότητας που έχουν καταγραφεί, προτείνεται η συσκευασία του προϊόντος να γίνει σε ατομικές μερίδες των 20γρ/τμχ. Εναλλακτικά υπάρχει δυνατότητα πώλησης σε βάζο, είτε 500γρ είτε 1 κιλού, ωστόσο θα πρέπει να αναγράφεται ξεκάθαρα επί της συσκευασίας η συνιστώμενη δόση με αναγωγή σε

γραμμάρια ή στον τρόπο χρήσης (πχ. κουταλιά). Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η χρήση του προϊόντος να συνοδεύεται από ισορροπημένη διατροφή.

#### **7.4 Παραγωγή Προϊόντος**

Η εταιρεία παραγωγής του προϊόντος σε συνεργασία με το επιλεγμένο διαπιστευμένο εργαστήριο, θα προβεί στις απαραίτητες μελέτες για την δυνατότητα παραγωγής των αναφερόμενων συμπλόκων, επαληθεύοντας και ελέγχοντας την επιτυχή ενσωμάτωσή τους στο μέλι που θα επιλεχθεί για το παρασκεύασμα. Η εταιρεία παραγωγής προτείνεται ιδανικά να ασχοληθεί με την παρασκευή του προϊόντος από το στάδιο της πρωτογενούς παραγωγής, ωστόσο για να περιοριστεί το ρίσκο της επιχειρηματικής πρότασης, προτείνεται η ανάθεση σε μια ήδη δραστηριοποιούμενη εταιρεία στο χώρο της παραγωγής μελιού, η οποία αναζητά τρόπους διεύρυνσης της δραστηριότητάς της.

#### **7.5 Προσωπικό**

Είναι απαραίτητο για την εν λόγω εταιρεία να δημιουργήσει μια παράλληλη γραμμή παραγωγής, επανδρωμένη με κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Η εκπαίδευση του προσωπικού που θα εμπλακεί στον εμπλουτισμό του προϊόντος θα πραγματοποιηθεί μέσω τακτικών σεμιναρίων. Μια παραγωγική μονάδα μελιού τυπικά ακολουθεί τις παρακάτω διαδικασίες:

- Τρύγος και αφαίρεση κηρύθρων του μελιού από την κυψέλη
- Παραλαβή μελιού με φυγοκέντρηση
- Διήθηση ή φιλτράρισμα προκειμένου να απομακρυνθούν τυχόν ξένες ύλες, όχι όμως και οι κόκκοι γύρης που ταυτοποιούν την προέλευση του μελιού
- Διαύγαση
- Ωρίμανση
- Αποθήκευση
- Συσσκευασία και τυποποίηση

Τα παραπάνω υφιστάμενα πόστα είναι ήδη επανδρωμένα με έμπειρο προσωπικό οπότε απαιτείται η πρόσληψη δύο επιπλέον ατόμων. Ένας χημικός θα διαχειρίζεται τη συμπλοκοποίηση των βιταμινών. Επιπλέον ένας εργαζόμενος θα διαχειριστεί την ανάμιξη της πούδρας που λαμβάνεται από τη συμπλοκοποίηση με το μέλι ώστε να παραδοθεί στο τμήμα που διαχειρίζεται την συσκευασία και την τυποποίησή του.

#### **7.6 Εξοπλισμός**

Στη νέα γραμμή παραγωγής είναι απαραίτητη η αγορά τόσο πρώτων υλών όσο και κατάλληλου εξοπλισμού. Όσον αφορά τις πρώτες ύλες απαιτείται η αγορά κυκλοδεξτρινών κατάλληλου τύπου, βιταμίνη D,E και C, καθώς και διάφοροι διαλύτες (αιθανόλη, ακετόνη, απιονισμένο νερό). Για την παραγωγή των συμπλόκων κυκλοδεξτρίνης-βιταμινών είναι απαραίτητη η χρήση αναδευτήρα βιομηχανικής κλίμακας. Μετά την παραλαβή του συμπλόκου γίνεται χρήση φίλτρων στο αιώρημα που προκύπτει και απαιτείται χρήση ξηραντήρα και λυοφιλοποιητή. Με τη

βοήθεια φασματογράφου FT-IR, DSC θα πραγματοποιείται έλεγχος της συμπλοκοποίησης. Επιπλέον, απαιτείται η αγορά καταψύκτη όπου θα φυλάσσεται το τελικό παρασκεύασμα, εξοπλισμένο με θερμοστάτη για να ελέγχονται οι τυχόν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Βασικός στόχος είναι ο εφοδιασμός της μονάδας παραγωγής με προηγμένης τεχνολογίας εξοπλισμό για την βέλτιστη ποιότητα παραγωγικών διαδικασιών αλλά και του τελικού προϊόντος.

## **7.7 Ανταγωνισμός**

### **7.7.1 Συμπληρώματα Διατροφής**

Τα συμπληρώματα διατροφής αποτελούν επεξεργασμένα προϊόντα που εμπεριέχουν φυσικά συστατικά και ουσίες που ιδανικά προσλαμβάνονται με την τροφή. Αποτελούν έναν από τους έμμεσους ανταγωνιστές του προτεινόμενου προϊόντος, καθώς συμπληρώνουν το ημερήσιο διαιτολόγιο προκειμένου να καλυφθούν ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά χωρίς να αποτελούν φάρμακο. Κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μορφές όπως δισκία, ταμπλέτες, κάψουλες, σκόνης, αμπούλες ή αναβράζοντα δισκία. Σύνηθες φαινόμενο για την ελληνική αγορά, αποτελεί η αλόγιστη χρήση τέτοιων σκευασμάτων, ακόμα και από ομάδες του πληθυσμού που δεν κρίνεται απαραίτητη. Βασικό λόγο αποτελεί το γεγονός ότι δεν απαιτείται συνταγογράφηση. Η χρήση των βιταμινών σε μορφή χαπιού και τα διατροφικά συμπληρώματα αποδίδει 50 δισεκατομμύρια δολάρια παγκοσμίως και ενδέχεται να σημειωθεί αύξηση της τάξης του 4% ετησίως μέσα στο 2018.

Ωστόσο, το προτεινόμενο προϊόν, παρέχει στον καταναλωτή τη δυνατότητα να το εντάξει άμεσα στο καθημερινό του διαιτολόγιο, χωρίς να απαιτείται ειδικός χειρισμός στην κατανάλωση (πχ. διάλυση σε νερό). Επιπλέον, η ευκολία χρήσης είναι εξαιρετικά σημαντική όταν ο καταναλωτής είναι μεγάλης ή μικρής ηλικίας, ακολουθεί επιβαρυνμένο πρόγραμμα φαρμακοληψίας, ή επιθυμεί να περιορίσει τη λήψη σκευασμάτων. Σε πίνακα που παρατίθεται στο παράρτημα (Πίνακας 5) έχουν συγκεντρωθεί κάποιοι από τους πιο κοινούς τύπους βιταμινούχων συμπληρωμάτων διατροφής που κυκλοφορούν ευρέως στο εμπόριο και μπορεί να τους προμηθευτεί κάποιος σε διάφορα σημεία λιανικής πώλησης.

### **7.7.2 Προϊόντα πρωϊνού εμπλουτισμένα με βιταμίνες**

Στην αγορά εντοπίζονται προϊόντα που έχουν εμπλουτιστεί με βιταμίνες και ήδη είναι γνωστά στο αγοραστικό κοινό. Σε γενικότερο πλαίσιο η αγορά των τροφίμων με ισχυρισμούς υγείας, ελέγχεται με αυστηρότητα από την αρχή EFSA (European Food Safety Authority). Τα εν λόγω προϊόντα, απευθύνονται σε συγκεκριμένες ομάδες του πληθυσμού, ενισχύοντας αντίστοιχα συγκεκριμένες λειτουργίες του οργανισμού. Επιγραμματικά, τέτοια είδη είναι: Ρόφημα γάλακτος με Βιταμίνη D, Παιδικά μπισκότα δημητριακών εμπλουτισμένα με βιταμίνες σίδηρο και ασβέστιο, προϊόντα επάλειψης κ.ά.

Ενδεικτικά στον Πίνακα 6 στο Παράρτημα παρουσιάζονται προϊόντα της ελληνικής αλλά και παγκόσμιας αγοράς που αποτελούν μέρος του πρωϊνού γεύματος και έχουν ενισχυθεί με βιταμίνες. Τα προϊόντα αυτά αποσκοπούν στο να καλύψουν τις ανάγκες σε βιταμίνες για διαφορετικές ομάδες



καταναλωτών όπως παιδιά, ενήλικες και ηλικιωμένοι. Τα προϊόντα αυτά τοποθετούνται στα ράφια των καταστημάτων λιανικής πώλησης και είναι άμεσα διαθέσιμα και σε προσιτή συνήθως τιμή.

### **7.7.3 Προϊόντα μελιού**

Άμεσος ανταγωνιστής του προτεινόμενου προϊόντος είναι τα προϊόντα μελιού που ήδη κυριαρχούν στην αγορά. Την τελευταία δεκαετία πολλοί νέοι Έλληνες παραγωγοί, στην προσπάθεια τους για εξωστρέφεια αλλά και σε αναζήτηση καινοτόμων διαφορετικών και ιδιαίτερων προϊόντων έχουν με επιτυχία κατακλύσει την εγχώρια αλλά και ευρωπαϊκή αγορά. Προϊόντα υψηλών προδιαγραφών, περιέχουν συστατικά με ιδιαίτερους συνδυασμούς και μοντέρνες συσκευασίες κερδίζοντας την εμπιστοσύνη της αγοράς. Στον Πίνακα 7. του παραρτήματος παρουσιάζονται εκτενώς προϊόντα μελιού εμπλουτισμένα με βότανα, φρούτα, καρπούς κ.α. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το προϊόν μελιού έχει εμπλουτιστεί με βότανα και καρπούς της ελληνικής γης όπως ιπποφάες και κρόκο Κοζάνης. Επιπλέον συναντώνται προϊόντα μελιού εμπλουτισμένα με παραδοσιακά ελληνικά προϊόντα όπως η μαστίχα.

Τόσο στην ελληνική όσο και την ευρωπαϊκή αγορά, δεν έχει βρεθεί προϊόν μελιού εμπλουτισμένο με βιταμίνες ή κάποιο άλλο θρεπτικό συστατικό. Το γεγονός αυτό δίνει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στο προτεινόμενο προϊόν καθώς μπορεί να κατακτήσει μερίδιο της αγοράς λόγω των ευεργετικών ιδιοτήτων του.

Οι καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν μέσα από μια μεγάλη γκάμα προϊόντων επάλειψης που καταναλώνονται συνήθως στο πρωινό γεύμα όπως η πραλίνα φουντουκιού, η μαρμελάδα και άλλα είδη που καταναλώνονται κυρίως πρωινές ώρες. Τα παραπάνω προϊόντα δεν αποτελούν κατηγορία ανταγωνισμού καθώς δεν περιλαμβάνουν το μέλι ως βασικό συστατικό αλλά ούτε έχουν εμπλουτισθεί με βιταμίνες ή άλλα θρεπτικά στοιχεία.

### **7.8 Ομάδες καταναλωτών**

Το προτεινόμενο προϊόν με βάση τις συνεργιστικές ευεργετικές δράσεις που προσφέρει το μέλι και οι βιταμίνες με τις οποίες έχει εμπλουτιστεί, θεωρείται κατάλληλο διατροφικό συμπλήρωμα για όλες τις ηλικιακές ομάδες, από παιδιά μέχρι ηλικιωμένους, με αυξημένες ενεργειακές και διατροφικές απαιτήσεις. Ενδείκνυται για τους λάτρεις της υγιεινής διατροφής, τους αθλητές αλλά και για όσους χρειάζονται τόνωση και ενέργεια. Επιπλέον προτιμάται από όσους θέλουν να ελέγξουν την πρόσληψη ζάχαρης και να ρυθμίσουν τον μεταβολισμό τους. Είναι εξίσου κατάλληλο για άνδρες και γυναίκες κάθε ηλικίας αλλά και για ομάδες με διατροφικές διαταραχές.

Παραδοσιακά, οι Έλληνες καταναλώνουν δύο κυρίως γεύματα την ημέρα, μεσημεριανό και δείπνο. Το πρωινό τείνει να είναι ελαφρύ όμως τον τελευταίο καιρό, οι διατροφικές συνήθειες πολλών Ελλήνων έχουν αλλάξει. Πλέον, μεγάλο ποσοστό Ελλήνων τείνουν να καταναλώνουν το πρωινό γεύμα, είτε στο σπίτι είτε στην εργασία τους. Προϊόντα πρωινού όπως τα δημητριακά, οι μαρμελάδες και το μέλι παραμένουν δημοφιλή. Η εταιρεία προχωρά στη παραγωγή του

συγκεκριμένου προϊόντος μελιού, δεδομένου ότι καλύπτει την ανάγκη για ένα διαφορετικό προϊόν το οποίο πέραν της γεύσης προσφέρει οφέλη υγείας. Εστιάζει σε μια κατηγορία πελατών που δεν εστιάζουν στο κόστος αλλά στην ποιότητα. Το προϊόν θα προωθηθεί στην αγορά, με δράσεις ενίσχυσης των σχέσεων με σημεία πώλησης, όπως για παράδειγμα εκθέσεις τροφίμων, ξενοδοχειακές επιχειρήσεις και εστιατόρια. Τα τμήματα πωλήσεων και μάρκετινγκ θα αναλάβουν την δημιουργία μοντέρνας συσκευασίας, την παροχή ειδικών προβολών που θα τοποθετηθούν για διαφημιστικούς λόγους.

Προκειμένου να σχεδιαστεί η βέλτιστη προσέγγιση του καταναλωτικού κοινού και η εκτίμηση των αναγκών του θα πραγματοποιηθεί έρευνα με ερωτηματολόγια που θα διανεμηθούν για να διαμορφωθεί και η αντίστοιχη πολιτική προώθησης του. Δεδομένης της φύσης του προϊόντος και της άρρηκτα συνδεδεμένης σχέσης του μελιού με την ελληνική παράδοση, θα είναι εύκολο να γίνει αποδεκτό από την μεγαλύτερη μερίδα καταναλωτών, εξασφαλίζοντας την είσοδο, αποδοχή και την εγκαθίδρυσή του στην αγορά.

Παράλληλα, όσο ο κόσμος ενημερώνεται και εκπαιδεύεται σε ζητήματα υγείας, αυξάνεται η τάση να επενδύσει χρήματα προκειμένου να διατηρήσει την υγεία του με τρόπο άνετο και προσιτό. Σήμερα, όλο και περισσότερες εταιρίες αλλά και φορείς είναι διατεθειμένοι να διεκδικήσουν ισχυρισμούς υγείας σε προϊόντα τροφίμων, με σκοπό την αύξηση των πωλήσεων. Ο καταναλωτής, ωστόσο, δεν είναι πάντα ευέλικτος και αποδεικνύεται ότι απαιτείται χρόνος ώστε να εμπιστευθεί και να αγοράσει νέα προϊόντα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αγοραστικές του συνήθειες να μην αλλάζουν με τον ίδιο ρυθμό. Παρόλο λοιπόν που ο καταναλωτής είναι ενήμερος σχετικά με την επίδραση που μπορεί να έχει η διατροφή στην υγεία του, οι βασικοί λόγοι για να αγοράσει νέα προϊόντα είναι η γεύση, η ευκολία και οι συναισθηματικές επιρροές.

### **7.9 Κανάλια προώθησης και προβολής του προϊόντος**

Στην ελληνική αγορά δεν έχει εισαχθεί μέχρι τώρα η έννοια του νανοτεχνολογικά παρασκευασμένου τροφίμου, παρόλο που ο Έλληνας καταναλωτής είναι εξοικειωμένος με την έννοια του εμπλουτισμένου προϊόντος και δείχνει να το εμπιστεύεται, κρίνοντας από τον ρυθμό με τον οποίο τέτοιου είδους προϊόντα τοποθετούνται και εγκαθιδρύονται στην αγορά. Η αγορά δείχνει να έχει ανοδική τάση και να καθοδηγείται κυρίως από τις νέες καταναλωτικές τάσεις που σχετίζονται με την διατροφή και την υγεία. Καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία του νέου προϊόντος, θα παίξει σαφώς, η προβολή και προώθησή του καθώς θα πρέπει να συνδυαστεί με εκπαίδευση και ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τα οφέλη και την τεχνολογία πίσω από την παρασκευή του.

Η εταιρεία θα έχει ήδη διαφοροποιηθεί από τον ανταγωνισμό λόγω της καινοτομίας, η οποία θα οδηγήσει πιθανώς και σε νέες σειρές προϊόντων με αξία για τους καταναλωτές. Παρά την εσωστρέφεια και τη γενικότερη έλλειψη κεφαλαίων και χρηματοδότησης που αντιμετωπίζουν σήμερα όλες οι ελληνικές επιχειρήσεις, θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο κομμάτι της διαφήμισης.

Προβλέπεται λοιπόν ότι θα υπάρχει το αναγνωρίσιμο brand name της εταιρείας μελιού με την οποία θα πραγματοποιηθεί η συνεργασία και αναμένονται αντίστοιχες δυνατότητες στο κομμάτι της διαφήμισης. Η επιτυχία του προϊόντος εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από την αποδοχή των καταναλωτών συνεπώς θα οργανωθεί μια διαφημιστική καμπάνια προκειμένου να εξοικειωθούν τα ελληνικά νοικοκυριά και να μεταβούν από την κατανάλωση του παραδοσιακού προϊόντος, στο νέο εξελιγμένο προϊόν. Το μέλι παράγεται με παραδοσιακές μεθόδους από μικρές οικογενειακές κυρίως επιχειρήσεις και ο Έλληνας καταναλωτής το έχει συνδέσει με ένα φυσικό προϊόν, γεγονός που δεν ευνοεί την εμπιστοσύνη σε οποιαδήποτε επεξεργασία του. Παρόλα αυτά, η αγορά έχει κερδίσει σημαντικό μερίδιο με τα προϊόντα που αναφέρθηκαν στον Πίνακα 7.

Έως τώρα υπήρχε πρότυπο μάρκετινγκ που χαρακτηριζόταν από τα **4P** (product, place, price, promotion) με σκοπό να δημιουργηθούν μακροχρόνιες σχέσεις με τους καταναλωτές προσφέροντας προϊόντα υψηλής αξίας, με σταθερά κανάλια διανομής και για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής προβολής μέσα από την διαφήμιση και την προώθηση πωλήσεων. Πλέον η τάση έχει διαφοροποιηθεί και έχει προσαρμοστεί με την ένταξη του μοτίβου **SAVE** (solution, access, value, education, engagement) το οποίο υποστηρίζει την λύση την οποία προσφέρει το προϊόν, την άμεση και σταθερή πρόσβαση στους καταναλωτές, την αξία του προϊόντος και τέλος την εκπαίδευση και εμπλοκή του καταναλωτή. Αποδεδειγμένα οι καταναλωτές επιθυμούν μελετημένα, λειτουργικά προϊόντα, δεν διστάζουν να αγοράσουν προϊόντα που κινούν το ενδιαφέρον τους και τέλος έχουν ανοιχτή επικοινωνία με τις παρασκευάστριες εταιρίες καθώς ζητούν πληροφόρηση και εκφράζουν άποψη για όλες τις πλευρές παραγωγής των προϊόντων, από τις πρώτες ύλες μέχρι την διαβεβαίωση ότι τηρούνται ορθές πρακτικές υγιεινής στους χώρους παραγωγής.

Η χρήση των social media και του ψηφιακού μάρκετινγκ (digital marketing) έχουν εξελιχθεί και θα χρησιμοποιηθούν από την εταιρεία προκειμένου να εδραιωθεί μια συνεχής επικοινωνία καλύπτοντας σε πρώτο στάδιο απορίες σχετικά με τη νέα τεχνολογία στο προϊόν αλλά συνεχίζοντας καθώς είναι πλέον οι αμεσότεροι τρόποι επικοινωνίας με το καταναλωτικό κοινό, αποδεκτές από όλες τις ηλικίες. Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται από τις διαφημιστικές εταιρείες για ενημέρωση και δημιουργία δεσμών με τους δυνητικούς πελάτες. Η χρήση των M.M.E βοηθά στην προβολή των μελισσοκομικών προϊόντων στην ελληνική αλλά και διεθνή αγορά. Για να γνωρίσουν το προϊόν οι καταναλωτές θα γίνουν γευστικές δοκιμές, θα γίνει διάθεση δωρεάν δειγμάτων, συμμετοχές σε εκθέσεις και ενημερωτικές καμπάνιες εντός των καταστημάτων. Μέσα από τις δράσεις προώθησης και διαφήμισης στόχος είναι να γνωρίσουν οι καταναλωτές το προϊόν και να προσελκύσει το ενδιαφέρον τους, αναγνωρίζοντας το όφελος της αξίας του και εδραιώνοντας την συνεχή επιλογή του έναντι άλλων.

Η πρώτη προσέγγιση θα γίνει με χρήση του διαδικτύου μέσω του επίσημου διαδικτυακού ιστότοπου της εταιρείας καθώς είναι το ιδανικό σημείο όπου θα μπορεί κάποιος να βρει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που το αφορούν συγκεντρωμένες, με εύκολη και γρήγορη πρόσβαση. Θα

υπάρχει αναλυτική ενημέρωση σχετικά με τις πρώτες ύλες, τη τεχνολογία που έχει χρησιμοποιηθεί καθώς και επιστημονικές έρευνες και άρθρα σχετικά με τις ευεργετικές ιδιότητες που προσφέρει. Οι περισσότερες ελληνικές επιχειρήσεις με εξαγωγική δράση, προσφέρουν επίσης την παροχή των πληροφοριών σε παραπάνω από μια γλώσσες και οι τιμές στο e-shop εμφανίζονται και σε άλλου είδους νομίσματα ώστε να γίνεται η πλοήγηση και η αγορά εύκολη για τον χρήστη. Μια συνηθισμένη πρακτική προώθησης είναι και η τοποθέτηση διαφημιστικών banners σε ιστοσελίδες οι οποίες ασχολούνται με θέματα διατροφής και υγείας, παραπέμποντας άμεσα τον καταναλωτή να επιλέξει ένα προϊόν αντίστοιχης φιλοσοφίας. Επίσης θα υπάρχει ολοκληρωμένη υπηρεσία e-shopping προκειμένου να είναι διαθέσιμο άμεσα με την άνεση της online παραγγελίας ακόμα και σε καταναλωτές που διαμένουν σε απομακρυσμένες περιοχές . Θα χρησιμοποιηθεί η υπηρεσία newsletter για να ενημερώνονται για προωθητικές ενέργειες και νέα που αφορούν το προϊόν καλύπτοντας την ανάγκη των καταναλωτών για επικοινωνία και διατηρώντας το ενδιαφέρον ενεργό. Τα στοιχεία της ιστοσελίδας και κατ'επέκταση και του e-shop θα είναι πάντα τοποθετημένα και θα αναγράφονται και στην ετικέτα της συσκευασίας, το έντυπο το οποίο θα διανεμηθεί στις προωθητικές ενέργειες και στα social media της εταιρείας. Τέλος μεγάλα συνέδρια ανά τον κόσμο με περιεχόμενο τουριστικό και με θέματα σχετικά για την υγεία αποτελούν επίσης μέσο προώθησης και διανομής.

### **7.8 Κανάλια Διανομής-Πώλησης**

Τα σημεία πώλησης αποτελούν ιδιαίτερης σημασίας τομέα καθώς πρέπει να διασφαλιστεί ότι ο καταναλωτής θα μπορεί να προμηθεύεται όλο τον χρόνο, ένα ποιοτικό προϊόν με σταθερά χαρακτηριστικά με σκοπό να αναπτυχθεί η σχέση προϊόντος-πελάτη. Η εφαρμογή ενός επιτυχημένου σχεδίου πώλησης εξασφαλίζει ότι θα καλυφθούν οι ανάγκες και απαιτήσεις των καταναλωτών χτίζοντας μια σχέση εμπιστοσύνης και θετικής στάσης. Αναμένεται το κόστος του προϊόντος να είναι υψηλότερο σε σύγκριση με των αντίστοιχων προϊόντων του ανταγωνισμού, καθώς πρόκειται για ένα προϊόν αποτέλεσμα ερευνητικής εργασίας και με ιδιαίτερες πρώτες ύλες. Για τους λόγους αυτούς δεν αποτελεί ένα προϊόν ευρείας κατανάλωσης καθώς δεν αναμένεται να επιλεγεί από καταναλωτές όλων των κοινωνικών ομάδων. Στα πλαίσια της γενικότερης στρατηγικής, θα εφαρμοσθεί ελκυστική τιμολογιακή πολιτική σε συνδυασμό με προωθητικές ενέργειες για την λήψη επιθυμητών αποτελεσμάτων. Η διανομή των προϊόντων και η μεταφορά τους από την μονάδα παραγωγής στα σημεία πώλησης (λιανικής ή χονδρικής) θα ανατεθεί σε εταιρεία που διαχειρίζεται τυπικά Logistics. Το προϊόν μπορεί να τοποθετηθεί σε καταστήματα τα οποία ειδικεύονται σε προϊόντα διατροφής και μακροζωίας, delicatessen, καταστήματα τοπικών προϊόντων ακόμα και σε μεγάλα φαρμακεία. Εναλλακτικά, θα μπορεί να πραγματοποιηθεί άμεση παράδοση στο χώρο του καταναλωτή που θα χρησιμοποιήσει το e-shop. Εφόσον εντάσσεται στην επενδυτική πολιτική της συνεργαζόμενης εταιρείας, στα πλαίσια ανάπτυξής της θα μπορεί να υποστηριχθεί ο σχεδιασμός αποκλειστικού καταστήματος με το brand name της εταιρείας.

Δεν θα μπορούσε να αμεληθεί η ομάδα καταναλωτών που αποτελούν οι τουρίστες στην

χώρα μας, οι οποίοι έχουν συνδέσει τα ελληνικά προϊόντα με την ελληνική παράδοση. Στο πλαίσιο αυτό μπορούν να πραγματοποιηθούν συνεργασίες με ξενοδοχεία εντός Αττικής αλλά και σε όλη την Ελλάδα που με επιμελημένα stand και προβολές θα διαθέτουν το προϊόν στα καταστήματα δώρων που συνήθως διαθέτουν.

## 7.9 Ανάλυση SWOT

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δυνατά σημεία, οι αδυναμίες του προϊόντος, καθώς και οι ευκαιρίες αλλά και απειλές που ενδέχεται να παρουσιαστούν κατά την εισαγωγή του στην εγχώρια αγορά, όπως αυτά προέκυψαν από την ανάλυση SWOT:

**Πίνακας 1 Ανάλυση SWOT**

|                              | ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ  | ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ   |
|------------------------------|--|---|
| <b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Αυξημένη ζήτηση από τους καταναλωτές για εμπλουτισμένα τρόφιμα</li> <li>Καινοτομία προϊόντος με ανταγωνιστικό πλεονέκτημα τον εμπλουτισμό του με νανοτεχνολογική μέθοδο</li> <li>Διαρκής εξέλιξη του κλάδου μελισσοκομίας στην Ελλάδα και έντονη επιχειρηματική δραστηριότητα</li> <li>Χρήση Μελιού Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης, αναγνωρισμένου ακόμα και στην ευρωπαϊκή αγορά</li> <li>Κατάλληλο για Ευρεία γκάμα καταναλωτών</li> <li>Θα κατοχυρωθεί με μορφή πατέντας</li> <li>Θα λανσαριστεί υπό brand name ήδη υπάρχουσας γνωστής εταιρείας μελιού</li> <li>Η συνεργαζόμενη εταιρεία διαθέτει ήδη κανάλια πώλησης και τεχνογνωσία, όπως επίσης και συνεργασίες με έλληνες μελισσοπαραγωγούς</li> <li>Ενισχυμένα και συνδυαστικά ευεργετικά χαρακτηριστικά του μελιού και των βιταμινών</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Δαπάνη χρόνου λόγω έρευνας και ανάπτυξης που θα προηγηθεί ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η μέθοδος παραγωγής του προϊόντος</li> <li>Κόστος που θα επωμιστεί η συνεργαζόμενη εταιρεία όσον αφορά τις ανάγκες έρευνας αλλά και το νέο εξοπλισμό στην παραγωγή</li> <li>Ενδεχόμενο ρίσκο καθώς αποτελεί καινοτόμο προϊόν και νέο στον έλληνα καταναλωτή, ο οποίος παρουσιάζεται σκεπτικός σε επεμβάσεις σε φυσικά τρόφιμα</li> <li>Απαιτείται προσοχή στις ποσότητες κατανάλωσης, καθώς υπερδοσολογία και πρόσληψη των βιταμινών, ενέχει κινδύνους</li> <li>Ελλειπής ενημέρωση των καταναλωτών σε ζητήματα τεχνολογικών εξελίξεων</li> <li>Ελλειπές θεσπισμένο και σαφές νομικό πλαίσιο και διαδικασίας ελέγχου από ελληνικό φορέα</li> <li>Το τελικό κόστος του προϊόντος αναμένεται μεγαλύτερο από εκείνο του κλασσικού μελιού, το οποίο από μόνο του αποτελεί υπερτροφία</li> </ul> |
| <b>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ανάγκη των καταναλωτών για νέα προϊόντα και προτίμηση σε πιο υγιεινά τρόφιμα</li> <li>Τεχνολογική πρόοδος με την χρήση πολλά υποσχόμενης νανοτεχνολογικής μεθόδου παρασκευής</li> <li>Δυνατότητα εξαγωγής</li> <li>Δυνατότητα παραγωγής σειράς προϊόντων</li> <li>Δυνατότητα χρήσης εμπλουτισμένου μελιού για παρασκευή άλλων ειδών προϊόντα πχ μπισκότα με μέλι, επιδόρπιο γιαουρτιού με μέλι</li> <li>Δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία για εμπλουτισμό του μελιού με διαφορετικά συστατικά πχ φάρμακα</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Οικονομική κρίση που πλήττει την Ελλάδα</li> <li>Κίνδυνος αντιγραφής ιδέας από ανταγωνιστή</li> <li>Ενδεχόμενη μείωση την κατανάλωσης του μελιού</li> <li>Μη αποδοχή και μη κατανόηση της χρήσης από τους καταναλωτές</li> <li>Μη ύπαρξη ενδιαφέροντος συνεργασίας από τις μελισσοκομικές εταιρείες</li> <li>Μείωση της αγοραστικής δύναμης του καταναλωτή λόγω περιορισμένου εισοδήματος</li> <li>Νομοθετικοί Περιορισμού ή δυσκολία στην λήψη εγκρίσεων και πιστοποιήσεων που θα επιτρέπουν την είσοδο του στην αγορά</li> <li>Αύξηση τιμών των πρώτων υλών από τους προμηθευτές</li> </ul>  |

## Συμπεράσματα

Απώτερος σκοπός της μελέτης υπήρξε η ανάπτυξη προϊόντος μελιού, εμπλουτισμένου με βιταμίνες C, D και E, χρησιμοποιώντας κυκλοδεξτρίνες ως σύστημα μεταφοράς και ενθυλάκωσής τους. Οι κυκλοδεξτρίνες αποτελούν φορείς ενθυλάκωσης κυρίως λιπόφιλων συστατικών αλλά ο κατάλληλος τύπος κυκλοδεξτρίνης μπορεί να ενθυλακώσει και υδατοδιαλυτά συστατικά. Το κύριο χαρακτηριστικό που προσέλκυσε το ενδιαφέρον προς αυτές, είναι ο υδρόφιλος χαρακτήρας τους, καθώς είναι εύκολα διαλυτές σε νερό και επιπλέον δεν είναι τοξικές για τον ανθρώπινο οργανισμό. Οι τεχνικές νανοενθυλάκωσης βιοδραστικών μορίων έχουν ευρύ φάσμα δυνατοτήτων εξασφαλίζοντας την προστασία τους από φυσικοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά την επεξεργασία των τροφίμων.

Η ανάπτυξη νανοφορέων με στόχο την προστασία θρεπτικών συστατικών είναι ένας ταχέως αναπτυσσόμενος και υπό συνεχή διερεύνηση τομέας. Είναι εμφανές ότι δείχνει να καταρρίπτει όλους τους περιορισμούς που συναντώνται στις παραδοσιακές μεθόδους εμπλουτισμού προϊόντων. Παρόλα αυτά μελετώντας διεξοδικά την υφιστάμενη βιβλιογραφία δεν εντοπίστηκε να έχει πραγματοποιηθεί δοκιμή σε αντίστοιχο προϊόν μελιού.

Εκτενείς έρευνες έχουν όμως πραγματοποιηθεί με στόχο την νανοενθυλάκωση και προστασία βιταμινών καθώς αποτελούν ομάδα θρεπτικών στοιχείων με σημαντικά οφέλη για την υγεία αλλά ιδιαίτερα ευαίσθητη. Με βάση προηγούμενες μελέτες ενθυλάκωσης βιταμινών σε κυκλοδεξτρίνες η διαδικασία φαίνεται να είναι εφικτή με διάλυση των λιπόφιλων βιταμινών σε οργανικούς διαλύτες και της βιταμίνης C σε δις-απιονισμένο νερό, ανάμιξη και ανάδευση τους, φιλτράρισμα των αιωρημάτων, λυοφιλοποίηση με χρήση freeze dryer και τέλος ξήρανση για την λήψη της πούδρας συμπλόκων. Η λήψη της πούδρας τέλος μπορεί να διαλυθεί σε μέλι με απλή ομογενοποίηση. Για την εξασφάλιση επιτυχίας της διαδικασίας επιλέχθηκε το μέλι Ελάτης βανίλια λόγω του ιδανικού ποσοστού υγρασίας του αλλά και του ΠΟΠ χαρακτηρισμού του.

Προκειμένου να επιτευχθεί η επιτυχής ενθυλάκωση των βιταμινών D, E και C σε επιλεγμένες κυκλοδεξτρίνες, να χαρακτηριστούν τα σύμπλοκα εγκλεισμού με φυσικοχημικές μεθόδους, να παραγματοποιηθεί η ενσωμάτωση αυτών σε παραδοσιακό μέλι και τέλος να παραγματοποιηθεί παραγωγή σε επίπεδο βιομηχανίας, απαιτείται περαιτέρω έρευνα. Για το σκοπό αυτό προβλέφθηκε η συνεργασία με διαπιστευμένο φορέα που θα αναλάβει το έργο έρευνας και ανάπτυξης. Την εποπτεία θα αναλάβει μιας από τις μεγαλύτερες εταιρείες παραγωγής μελιού με δυναμική παρουσία στον χώρο με την οποία θα γίνει συνεργασία, στοχεύοντας στην επέκταση της δραστηριότητας της και ενδυναμώνοντας τη θέση της στην αγορά με την δημιουργία ενός πρωτοποριακού προϊόντος όπως το προτεινόμενο.

Το μέλι ως αναπόσπαστο κομμάτι της Ελληνικής αλλά και παγκόσμιας διατροφής δείχνει να καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της αγοράς προϊόντων πρωινού γεύματος και διαθέτει ήδη ενισχυτικές, αντιοξειδωτικές και τονωτικές για τον οργανισμό δράσεις. Η επιπλέον αξιοποίηση και ενίσχυση του

με τις συνεργιστικές δράσεις των βιταμινών οδηγεί σε ένα ιδιαίτερο προϊόν, κατάλληλο για όλες τις ηλικίες, το οποίο θωρακίζει τον οργανισμό και εξασφαλίζει την επαρκή πρόσληψη μικροθρεπτικών στοιχείων που λόγω του σύγχρονου τρόπου ζωής συνήθως δεν επαρκούν. Η μελισσοκομία είναι άλλωστε ένας αγροτικός κλάδος με υψηλή επενδυτική αξία, στον οποίο οι ελληνικές επιχειρήσεις εξασφαλίζουν όλο και περισσότερα μερίδια αγοράς.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην προώθηση του προϊόντος στην αγορά καθώς στην Ελλάδα κυριαρχεί δυσπιστία σχετικά με τα ενισχυμένα προϊόντα. Ειδικότερα, όσον αφορά το μέλι, υπάρχει η αντίληψη του φυσικού προϊόντος καθώς παράγεται τυπικά από μικρές παραδοσιακές μελισσοκομικές μονάδες χωρίς να εμπλέκεται καμίας μορφής τεχνολογία και σαν εμπλουτισμένο προϊόν καλείται το μάρκετινγκ με σωστή προώθηση να αναλάβει την ενημέρωση του κοινού για τις επιπλέον ιδιότητες του. Σημαντικό να αναφερθεί ότι όπως ήδη παρουσιάστηκε, οι καταναλωτές αποζητούν πλέον προϊόντα τα οποία συνδέονται με ευεργετικές δράσεις θέτοντας την αγορά λειτουργικών προϊόντων εξελισσόμενη και ανερχόμενη, ιδανικό υπέδαφος για την επιτυχία της προτεινόμενης ιδέας. Πέραν της προσέλκυσης του καταναλωτικού κοινού στόχος είναι να δημιουργηθούν συνθήκες υγιούς ανταγωνισμού και εδραίωση του προϊόντος τόσο στην ελληνική όσο και την παγκόσμια αγορά.



## Παράρτημα

Πίνακας 2. Παραδείγματα ενθυλάκωσης βιοδραστικών μορίων σε κυκλοδεξτρίνες για χρήση σε τρόφιμα

| Ελεγχόμενη Ουσία                                      | Τύπος CD   | Σκοπός   | Μελέτη  |
|---|------------|--|---|
| Καφεΐνη   | α-CD, β-CD | Βελτίωση διαλυτότητας και αντιοξειδωτικής δράσης της καφεΐνης              | (Shiozawa, Inoue, Murata, & Kanamoto, 2017)                               |
| Nutraceuticals (φυτοστερόλες, βιταμίνες, φλαβονοειδή) | B-CD       | Βελτίωση της γεύσης σε προϊόντα σοκολάτας και εξάλειψη της πικρής αίσθησης | (McKee & Karwic, 2009)  |
| Γεύση λεμονιού  | B-CD       | Προστασία και διατήρηση της αρωματικής ουσίας                              | (Byun, Kim, Desai, & Park, 2010; Reineccius, Reineccius, & Peppard, 2002) |
| Αιθέριο έλαιο περγαμόντου                             | B-CD       | Προστασία και διατήρηση της αρωματικής ουσίας                              | (Shanmei & Jiaoying, 2003)  |
| Ginseng   | B-CD/γ-CD  | Απομάκρυνση της πικρής γεύσης  | (Tamamoto, Schmidt, & Lee, 2010)  |
| Q-10, Βιταμίνη E                                      | HP-B-CD    | Βελτίωση σταθερότητας  | (Encina, Vergara, Giménez, Oyarzún-Ampuero, & Robert, 2016)               |
| B-καροτένιο   | B-CD       | Βελτίωση σταθερότητας, Προστασία από περιβαλλοντικούς παράγοντες           | (Polyakov & Kispert, 2015)  |
| Αντιοξειδωτικά/Κατεχίνες τσαγιού                      | B-CD       | Βελτίωση σταθερότητας και αντιοξειδωτικής ικανότητας                       | (Gaudette & Pickering, 2012)  |

**Πίνακας 3 Γενική σύσταση μελιού (Ahmed et al., 2018)**

| Συστατικό                | Τιμή/100g  | Συστατικό          | Τιμή/100g |
|--------------------------|------------|--------------------|-----------|
| Ολικοί Υδατάνθρακες      | 82.4 g     | Τέφρα              | 0.169 g   |
| Φρουκτόζη                | 38.5 g     | Αμινοξέα/Πρωτεΐνες | 0.3 g     |
| Γλυκόζη                  | 31.28 g    | N                  | 0.041 g   |
| Σουκρόζη                 | 1.31 g     | Fe                 | 0.42 mg   |
| Μαλτόζη                  | 7.31 g     | K                  | 52 mg     |
| Ολικά οξέα ως γλουκονικό | 0.57 g     | Ca                 | 6.00 mg   |
| Περιεχόμενη Υγρασία      | 17.1 g     | P                  | 4.00 mg   |
| Mg                       | 2.00 mg    | Βιταμίνη C         | 0.5 mg    |
| Cu                       | 1–100 µg/g | Βιταμίνη Β3        | 0.21 mg   |
| Βιταμίνη Β9              | 2 µg       | Βιταμίνη Β5        | 0.068 mg  |
| Βιταμίνη Β2              | 0.038 mg   | Βιταμίνη Β6        | 0.024 mg  |




**Πίνακας 4 Συνιστώμενα ημερήσια όρια πρόσληψης βιταμινών στην Ελλάδα (ΦΕΚ Β΄395/27.02.2004 Παράρτημα ΙΙΙ)**

|                                      | A (mcg) | C (mg) | D (mcg) | E (mg) | K (mcg) | B6 (mg) | B12 (mcg) |
|--------------------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|-----------|
| <b>Συνιστώμενη Ημερήσια Ποσότητα</b> | 700     | 45     | 5       | 10     | 1,5     | 1,5     | 1,4       |
| <b>Ελάχιστη Ημερήσια Ποσότητα</b>    | 105     | 6,75   | 0,75    | 1,5    | 4,5     | 0,225   | 0,21      |
| <b>Μέγιστη Ημερήσια Ποσότητα</b>     | 1050    | 135    | 135     | 30     | 90      | 4,5     | 4,2       |

## Πίνακας 5 Βιταμινούχα συμπληρώματα διατροφής που κυκλοφορούν ευρέως στο εμπόριο

| ΕΤΑΙΡΕΙΑ | ΠΡΟΙΟΝ   | ΧΡΗΣΗ  |
|----------|--|--|
| CELLBIUM | MULTI-V A, B, C, D, E<br>               | Πολυβιταμινούχο συμπλήρωμα διατροφής για την καθημερινή στήριξη του οργανισμού που καλύπτει τις διατροφικές ελλείψεις που μπορεί να δημιουργούνται εξαιτίας του σύγχρονου τρόπου ζωής και δίνει ενέργεια και ζωντάνια στον οργανισμό   |
| Cebion   | Βιταμίνη C (20 Αναβράζοντα Δισκία)<br> | Συμπλήρωμα διατροφής βιταμίνης C. Ενισχύει την άμυνα του οργανισμού και βοηθάει στην καλύτερη απορρόφηση του σιδήρου από τον οργανισμό, ενώ χάρη στην αντιοξειδωτική της δράση προφυλάσσει την επιδερμίδα από τις ελεύθερες ρίζες που είναι υπεύθυνες για τη γήρανση του δέρματος. |
| Lanes    | Βιταμίνη E<br>                        | Προσφέρει φυσική βιταμίνη (d-alpha tocopherol) η οποία αποτελεί ιδανικό συμπλήρωμα για την κάλυψη των αναγκών του οργανισμού συμβάλλοντας στη διατήρηση της υγείας και καλής εμφάνισης της επιδερμίδας καθώς αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τη βλαβερή δράση των ελευθέρων ριζών.    |
| SOLGAR   | Βιταμίνη D<br>                        | Το σκεύασμα περιέχει Βιταμίνη D που είναι απαραίτητη για την υγεία των οστών και των δοντιών καθώς και για τη διατήρηση ενός υγιούς ανοσοποιητικού συστήματος.   |

**Πίνακας 6 Προϊόντα πρωϊνού της ελληνικής και παγκόσμιας αγοράς εμπλουτισμένα με βιταμίνες**

| ΕΤΑΙΡΕΙΑ    | ΠΡΟΙΟΝ   | ΧΡΗΣΗ  |
|-------------|--|--|
| Golden Oats | <p>Instant Golden Oats Plus Fortified Vitamin E</p>    | <p>Σειρά προϊόντων ενισχυμένων με βιταμίνες και ιχνοστοιχεία για ενίσχυση του οργανισμού</p>   |
| Nestle      | <p>NIDO®Ενισχυμένο Γάλα σε Σκόνη</p>   | <p>Κάθε κουταλιά NIDO® είναι ενισχυμένη με FortiGrow™ το οποίο αποτελεί σκόνη γάλακτος που περιέχει υψηλής ποιότητας ασβέστιο και βιταμίνη D Calcium and Vitamin D για ενίσχυση των παιδικών οστών και δοντιών και βιταμίνη C για να ενισχυθεί η γνωστική ανάπτυξή τους.</p> |
| NUTRICIA    | <p>Παιδικά Μπισκότα με 6 Δημητριακά Ενισχυμένα με Βιταμίνες, Σίδηρο και Ασβέστιο NUTRICIA BISKOTTI</p>  | <p>Ενισχυμένο προϊόν κατάλληλο για να στηρίξει την ανάπτυξη των παιδιών από 6 μηνών και άνω</p>  |

|                   |  |   |
|-------------------|--|---|
| ΑΦΟΙ<br>ΧΑΪΤΟΓΛΟΥ | Παιδικά Δημητριακά<br>  | Ενισχυμένο προϊόν, με βιταμίνες του συμπλέγματος Β, κατάλληλο για κατανάλωση από παιδιά   |
| KELLOGG'S         | Δημητριακά Ενισχυμένα με Βιταμίνη D<br>                            | Προϊόν ενισχυμένο με βιταμίνη D που σε συνδυασμό με φυτικές ίνες αποτελεί υγιεινή επιλογή πρωϊνού γέυματος  |
| ΟΛΥΜΠΟΣ           | Νέα σειρά προϊόντων ενισχυμένων με βιταμίνη D<br>                 | Κυκλοφορούν σε γάλα, σε επιδόρπιο στραγγιστού γιαουρτιού 2% και σε βούτυρο αγελάδος 80% και παράγονται ΜΟΝΟ από ελληνικό επιλεγμένο γάλα και προσθήκη βιταμίνης D |
| ΔΕΛΤΑ             | Γάλα υψηλής παστερίωσης ενισχυμένο με ασβέστιο και βιταμίνη D<br> | Προϊόν που στοχεύει στην συμβολή για ανάπτυξη και καλή υγεία των οστών  |

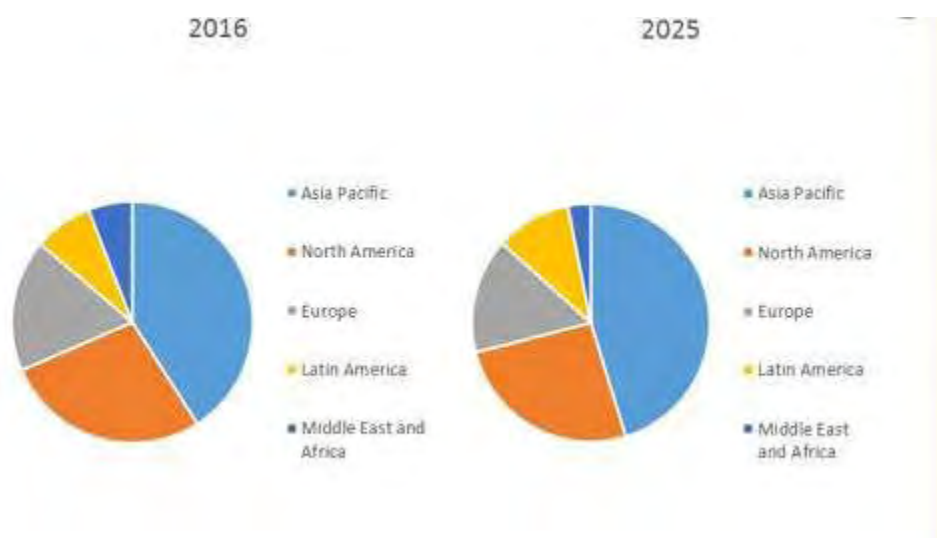
**Πίνακας 7 Προϊόντα μελιού εμπλουτισμένα με βότανα, φρούτα, καρπούς στην εγχώρια αγορά.**

| ΕΤΑΙΡΕΙΑ           | ΠΡΟΙΟΝ  |
|--------------------|---|
| <p>Stayia Farm</p> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Μέλι με φύλλα χρυσοῦ</li></ul>          |
|                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Μέλι με κρόκο Κοζάνης</li></ul>        |
|                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Μέλι με καρπούς goji berry</li></ul>  |

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <p>Si-Mel Savidakis</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέλι με ταχίνι<br/> </li> <li>• Μέλι με μαστίχα<br/> </li> </ul> |
| <p>THREPSIS</p>         | <p>Άλειμα μελιού με superfood Γκότζι μπέρι, Ιπποφαές , κανέλα Κεϋλάνης &amp; μαστίχα Χίου</p>    |
| <p>Anax Superfoods</p>  | <p>Προϊόντα μελιού ενισχυμένα με superfoods</p>   |
| <p>ΑΜΦΙΠΟΛΙΣ</p>        | <p>Μέλι με χρυσό και μαστίχα</p>    |



**Πίνακας 8 Η παγκόσμια αγορά λειτουργικών τροφίμων, και μελλοντικές εκτιμήσεις (%)**



Πηγή: <http://www.credenceresearch.com/report/nutraceutical-ingredients-market>

**Πίνακας 9. Παραδείγματα τροφίμων που περιέχουν κυκλοδεξτρίνες στο εμπόριο (Szente, L., & Szejtli, J. (2004))**

| Όνομασία Προϊόντος         | Τύπος Τροφίμου                             | Χρήση Κυκλοδεξτρίνης           |
|----------------------------|--|--------------------------------|
| <b>Natural (Γαλλία)</b>    | Τυρί με χαμηλό περιεχόμενο χοληστερόλης    | Μειώνει τη χοληστερόλη         |
| <b>Balade (Βέλγιο)</b>     | Βούτυρο με χαμηλό περιεχόμενο χοληστερόλης | Μειώνει τη χοληστερόλη         |
| <b>Choco Bar (Ιαπωνία)</b> | Σοκολάτα                                   | Για γαλακτοματοποίηση          |
| <b>Podar Tea (Ιαπωνία)</b> | Στιγμαίο Πράσινο Τσάι                      | Για σταθεροποίηση του χρώματος |



## Βιβλιογραφία

- Ahmed, S., Sulaiman, S. A., Baig, A. A., Ibrahim, M., Liaqat, S., Fatima, S., . . . Othman, N. H. (2018). Honey as a Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight into Its Molecular Mechanisms of Action. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018.
- Ali, A., & Ahmed, S. (2017). A Review on Chitosan and its Nanocomposites in Drug Delivery. *International journal of biological macromolecules*.
- Augustin, M. A., & Hemar, Y. (2009). Nano- and micro-structured assemblies for encapsulation of food ingredients. *Chemical society reviews*, 38(4), 902-912.
- Biltonen, R. L., & Lichtenberg, D. (1993). The use of differential scanning calorimetry as a tool to characterize liposome preparations. *Chemistry and physics of lipids*, 64(1-3), 129-142.
- Braithwaite, M. C., Kumar, P., Choonara, Y. E., du Toit, L. C., Tomar, L. K., Tyagi, C., & Pillay, V. (2017). A novel multi-tiered experimental approach unfolding the mechanisms behind cyclodextrin-vitamin inclusion complexes for enhanced vitamin solubility and stability. *International Journal of Pharmaceutics*, 532(1), 90-104.
- Byun, Y., Kim, Y. T., Desai, K. G. H., & Park, H. J. (2010). Microencapsulation techniques for food flavour. *The chemistry and biology of volatiles*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 307-332. Cauley, J. A., Chlebowski, R. T., Wactawski-Wende, J., Robbins, J. A., Rodabough, R. J., Chen, Z., . . . Manson, J. E. (2013). Calcium plus vitamin D supplementation and health outcomes five years after active intervention ended: the Women's Health Initiative. *Journal of women's health*, 22(11), 915-929.
- Chaudhry, Q., Castle, L., & Watkins, R. (2017). *Nanotechnologies in food*: Royal society of chemistry.
- Del Valle, E. M. (2004). Cyclodextrins and their uses: a review. *Process biochemistry*, 39(9), 1033-1046.
- Dodziuk, H. (2006). *Cyclodextrins and their complexes: chemistry, analytical methods, applications*: John Wiley & Sons.
- Dutta, P., Tripathi, S., Mehrotra, G., & Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114(4), 1173-1182.
- EFSA Scientific Committee Journal 2011;9(5):2140. Available at <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2011.2140> (Accessed 9/6/2018)
- EFSA Journal 2010;8(2):1484. Available at <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1484> (Accessed 7/6/2018)
- Elder, D. P., Kuentz, M., & Holm, R. (2016). Pharmaceutical excipients—quality, regulatory and biopharmaceutical considerations. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 87, 88-99.
- Encina, C., Vergara, C., Giménez, B., Oyarzún-Ampuero, F., & Robert, P. (2016). Conventional spray-drying and future trends for the microencapsulation of Euromonitor. 2010a. Cardiovascular health: A key area of functional food and drinks development. London, Euromonitor International.
- Euromonitor. 2010a. Cardiovascular health: A key area of functional food and drinks development. London, Euromonitor International.
- Euromonitor. 2010b. Navigating wellbeing: today and tomorrow in functional food and drinks- world. Euromonitor International. fish oil. *Trends in Food Science & Technology*, 56, 46-60.
- Fauzi, A. N., Norazmi, M. N., & Yaacob, N. S. (2011). Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, 49(4), 871-878.
- Fenyvesi, E., Vikmon, M., & Szenté, L. (2016). Cyclodextrins in food technology and human nutrition: benefits and limitations. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(12), 1981-2004.
- Flanagan, J., & Singh, H. (2006). Microemulsions: a potential delivery system for bioactives in food. *Critical reviews in food science and nutrition*, 46(3), 221-237.
- Gaudette, N. J., & Pickering, G. J. (2012). The efficacy of bitter blockers on health-relevant bitterants. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 177-184.
- Gonnet, M., Lethuaut, L., & Boury, F. (2010). New trends in encapsulation of liposoluble vitamins. *Journal of controlled release*, 146(3), 276-290.
- González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Simal-Gándara, J., Astray, G., Cid, A., Mejuto, J., . . . Morales, J. (2012).

- Starch-Derived Cyclodextrins and Their Future in the Food Biopolymer Industry. *Starch-Based Polymeric Materials and Nanocomposites Chemistry, Processing, and Applications*, 167-182.
- Hashimoto, H. (1988). *Application of cyclodextrins to foods, toiletries and other products in Japan*. Paper presented at the Proceedings of the Fourth International Symposium on Cyclodextrins.
- Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 357(3), 266-281.
- Hu, L., Jia, Y., Niu, F., Jia, Z., Yang, X., & Jiao, K. (2012). Preparation and enhancement of oral bioavailability of curcumin using microemulsions vehicle. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(29), 7137-7141.
- Intakes, I. o. M. S. C. o. t. S. E. o. D. R. (1997). *Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride*: National Academies Press (US).
- Jaafar, K., Haidar, J., Kuraydiyyah, S., Ghaddar, T., Knio, K., Ismail, B., & Toufeili, I. (2017). Physicochemical, melissopalynological and antioxidant properties of artisanal honeys from Lebanon. *Journal of food science and technology*, 54(8), 2296-2305.
- Ji, H.-F., Sun, Y., & Shen, L. (2014). Effect of vitamin E supplementation on aminotransferase levels in patients with NAFLD, NASH, and CHC: results from a meta-analysis. *Nutrition*, 30(9), 986-991.
- Jiang, Q. (2014). Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radical Biology and Medicine*, 72, 76-90.
- Joye, I. J., Davidov-Pardo, G., & McClements, D. J. (2014). Nanotechnology for increased micronutrient bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*, 40(2), 168-182.
- Kamaly, N., Xiao, Z., Valencia, P. M., Radovic-Moreno, A. F., & Farokhzad, O. C. (2012). Targeted polymeric therapeutic nanoparticles: design, development and clinical translation. *Chemical society reviews*, 41(7), 2971-3010.
- Khan, R. S., Grigor, J., Winger, R., & Win, A. (2013). Functional food product development— Opportunities and challenges for food manufacturers. *Trends in food science & technology*, 30(1), 27-37.
- Li, Z., Wang, M., Wang, F., Gu, Z., Du, G., Wu, J., & Chen, J. (2007).  $\gamma$ -Cyclodextrin: a review on enzymatic production and applications. *Applied microbiology and biotechnology*, 77(2), 245.
- Liu, L., & Guo, Q.-X. (2004). Use of quantum chemical methods to study cyclodextrin chemistry. *Journal of inclusion phenomena and macrocyclic chemistry*, 50(1-2), 95-103.
- Llorens, A., Lloret, E., Picouet, P. A., Trbojevich, R., & Fernandez, A. (2012). Metallic-based micro and nanocomposites in food contact materials and active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 24(1), 19-29.
- López-Nicolás, J. M., Rodríguez-Bonilla, P., & García-Carmona, F. (2014). Cyclodextrins and antioxidants. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(2), 251-276.
- Mallem, N., Khatmi, D., Azzouz, S., Benghodbane, S., & Yahia, O. A. (2012). Computational studies of 1: 2 complex between retinol propionate and  $\beta$  cyclodextrin. *Journal of inclusion phenomena and macrocyclic chemistry*, 73(1-4), 305-312.
- Marques, H. M. C. (2010). A review on cyclodextrin encapsulation of essential oils and volatiles. *Flavour and fragrance journal*, 25(5), 313-326.
- Mazzobre, M., Elizalde, B., dos Santos, C., Cevallos, P., & Buera, M. (2010). Nanoencapsulation of food ingredients in cyclodextrins: Effect of water interactions and ligand structure. *Functional food product development*, 24-38.
- McClements, D. J. (2013). Edible lipid nanoparticles: digestion, absorption, and potential toxicity. *Progress in lipid research*, 52(4), 409-423.
- McClements, D. J. (2014). *Nanoparticle-and microparticle-based delivery systems: Encapsulation, protection and release of active compounds*: CRC Press.
- McClements, D. J., & Li, Y. (2010). Structured emulsion-based delivery systems: controlling the digestion and release of lipophilic food components. *Advances in colloid and interface science*, 159(2), 213-228.
- McKee, D., & Karwic, A. (2009). Product and method for oral administration of nutraceuticals. In: Google Patents.
- Menczel, J. D., & Prime, R. B. (2014). *Thermal analysis of polymers: fundamentals and applications*: John Wiley & Sons.
- Menezes, P. P., Serafini, M. R., Santana, B. V., Nunes, R. S., Quintans Jr, L. J., Silva, G. F., . . . Santos, M. R. (2012). Solid-state  $\beta$ -cyclodextrin complexes containing geraniol. *Thermochimica Acta*, 548, 45-50.
- Meo, S. A., Ansari, M. J., Sattar, K., Chaudhary, H. U., Hajjar, W., & Alasiri, S. (2017). Honey and diabetes mellitus: Obstacles and challenges—Road to be repaired. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(5), 1030-1033.

- Miguel, M., Antunes, M., & Faleiro, M. (2017). Honey as a complementary medicine. *Integrative medicine insights*, 12, 1178633717702869.
- Mijanur Rahman, M., Gan, S. H., & Khalil, M. (2014). Neurological effects of honey: current and future prospects. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014.
- Mozafari, M. R., Flanagan, J., Matia-Merino, L., Awati, A., Omri, A., Suntres, Z. E., & Singh, H. (2006). Recent trends in the lipid-based nanoencapsulation of antioxidants and their role in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2038-2045.
- Mozafari, M. R., & Khosravi-Darani, K. (2007). An overview of liposome-derived nanocarrier technologies. In *Nanomaterials and nanosystems for biomedical applications* (pp. 113-123): Springer.
- Mura, P. (2015). Analytical techniques for characterization of cyclodextrin complexes in the solid state: A review. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 113, 226-238.
- Oehlke, K., Adamiuk, M., Behnlian, D., Gräf, V., Mayer-Miebach, E., Walz, E., & Greiner, R. (2014). Potential bioavailability enhancement of bioactive compounds using food-grade engineered nanomaterials: a review of the existing evidence. *Food & function*, 5(7), 1341- 1359.
- Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, Propolis, and Royal Jelly: A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1259510. <http://doi.org/10.1155/2017/1259510>
- Padayatty, S. J., & Levine, M. (2016). Vitamin C: the known and the unknown and Goldilocks. *Oral diseases*, 22(6), 463-493.
- Pal'tsev, M., Kiselev, V., & Sveshnikov, P. (2009). Nanotechnology in medicine. *Herald of the Russian academy of sciences*, 79(4), 369-377.
- Pardeshi, C., Rajput, P., Belgamwar, V., Tekade, A., Patil, G., Chaudhary, K., & Sonje, A. (2012). Solid lipid based nanocarriers: an overview. *Acta Pharmaceutica*, 62(4), 433-472.
- Polyakov, N. E., & Kispert, L. D. (2015). Water soluble biocompatible vesicles based on polysaccharides and oligosaccharides inclusion complexes for carotenoid delivery. *Carbohydrate Polymers*, 128, 207-219.
- Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L., & Duran, N. (2015). *Nanotechnologies in food and agriculture*: Springer.
- Rashidi, L., & Khosravi-Darani, K. (2011). The applications of nanotechnology in food industry. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(8), 723-730.
- Reading, M., & Hourston, D. J. (Eds.). (2006). *Modulated temperature differential scanning calorimetry: theoretical and practical applications in polymer characterisation* (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
- Redenti, E., Szente, L., & Szejtli, J. (2001). Cyclodextrin complexes of salts of acidic drugs. Thermodynamic properties, structural features, and pharmaceutical applications. *Journal of pharmaceutical sciences*, 90(8), 979-986.
- Reineccius, T., Reineccius, G., & Peppard, T. (2002). Encapsulation of flavors using cyclodextrins: comparison of flavor retention in alpha, beta, and gamma types. *Journal of food science*, 67(9), 3271-3279.
- Reiter, E., Jiang, Q., & Christen, S. (2007). Anti-inflammatory properties of  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol. *Molecular aspects of medicine*, 28(5-6), 668-691.
- Rizvi, S., Raza, S. T., Ahmed, F., Ahmad, A., Abbas, S., & Mahdi, F. (2014). The role of vitamin E in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 14(2), e157.
- Rudrangi, S. R. S. (2015). *Drug-cyclodextrin complexes: an approach to enhance the solubility and dissolution properties of poorly soluble drugs*. University of Greenwich,
- Saransh Wales Maurya, Is Nanotechnology Found in Food?, AZONANO, 20 April 2018. Available at: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=4839> (Accessed 29 April 2018)
- Schwingshackl, L., Schwedhelm, C., Galbete, C., & Hoffmann, G. (2017). Adherence to Mediterranean diet and risk of cancer: an updated systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 9(10), 1063.
- Sekhon, B. S. (2010). Food nanotechnology—an overview. *Nanotechnology, science and applications*, 3, 1.
- Shanmei, Y. X. D. H. X., & Jiaoying, Y. Y. Q. (2003). Preparation for  $\beta$ -Cyclodextrin Inclusion Compound of Volatile Oil of Jinhua Bergamot [J]. *Journal of Jinhua College of Profession and Technology*, 1, 012.
- Shefer, A., & Shefer, S. (2003). Novel encapsulation system provides controlled release of ingredients. *Food Technology*.
- Shiozawa, R., Inoue, Y., Murata, I., & Kanamoto, I. (2017). Effect of antioxidant activity of caffeic acid with cyclodextrins using ground mixture method.
- Stein, A. J., & Rodríguez-Cerezo, E. (2008). Functional food in the european union. Technical report by the joint research centre of the european commission, EUR 23380 EN. Luxemburg: European Communities. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*.

- Szejtli, J. (2004). Past, present and future of cyclodextrin research. *Pure and Applied Chemistry*, 76(10), 1825-1845.
- Szente, L., & Szejtli, J. (2004). Cyclodextrins as food ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), 137-142.
- Szejtli, J. (2013). *Cyclodextrin technology* (Vol. 1): Springer Science & Business Media.
- Tamamoto, L. C., Schmidt, S. J., & Lee, S. Y. (2010). Sensory properties of ginseng solutions modified by masking agents. *Journal of food science*, 75(7).
- Vance, M. E., Kuiken, T., Vejerano, E. P., McGinnis, S. P., Hochella Jr, M. F., Rejeski, D., & Hull, M. S. (2015). Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. *Beilstein journal of nanotechnology*, 6, 1769.
- Vernieri, C., Nichetti, F., Raimondi, A., Pusceddu, S., Platania, M., Berrino, F., & de Braud, F. (2018). Diet and supplements in cancer prevention and treatment: Clinical evidences and future perspectives. *Critical reviews in oncology/hematology*, 123, 57-73.
- Vilanova, N., & Solans, C. (2015). Vitamin A Palmitate- $\beta$ -cyclodextrin inclusion complexes: Characterization, protection and emulsification properties. *Food Chemistry*, 175, 529-535.
- Weiss, J., Decker, E. A., McClements, D. J., Kristbergsson, K., Helgason, T., & Awad, T. (2008). Solid lipid nanoparticles as delivery systems for bioactive food components. *Food Biophysics*, 3(2), 146-154.
- White, J., & Doner, L. W. (1980). Honey composition and properties. *Beekeeping in the United States Agriculture Handbook*, 335, 82-91.
- Yanniotis, S., Skaltsi, S., & Karaburnioti, S. (2006). Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72(4), 372-377.
- Yusof, A., Ahmad, N. S., & Khong, T. K. (2018). Effects of honey on exercise performance and health components: A systematic review. *Science & Sports*.
- Zielenkiewicz, W., Terekhova, I., Marcinowicz, A., Koźbial, M., & Poznanski, J. (2008). Interactions of native and modified cyclodextrins with some B-vitamins. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 93(2), 365-372.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011, Τι είναι τα «νανοϋλικά»; Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διανοίγει νέες προοπτικές χάρη σε κοινό ορισμό, Διαθέσιμο : [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-11-1202\\_el.html](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-1202_el.html) (Πρόσβαση: 13 Μαΐου 2018)
- Οικονόμου, Κ. (2013). *Αντιμικροβιακή δράση ελληνικών τύπων μελιού έναντι βακτηρίων κλινικής σημασίας* (Master's thesis).
- Πατέλου, Μ. (2015). Μελέτη εγκλεισμού p-κουμαρικού οξέος σε επτάκις (2, 6-δι-Ο-μεθυλο)- $\beta$ -κυκλοδεξτρίνη.
- Τανανάκη Χ., Θρασυβούλου Α. Προοπτικές ανάπτυξης της Μελισσοκομίας, Ευρωπαϊκή Γη, 13 Σεπτεμβρίου 2013. Διαθέσιμο στο: <https://bit.ly/2JGr0Qq> (Πρόσβαση: 25 Απριλίου 2018)