



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

**Μελέτη Σκοπιμότητας για την Ανάπτυξη Φυτικού Ροφήματος
Εμπλουτισμένου με Βιταμίνη D σε Επίπεδα Νανοκλίμακας**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΕΡΕΥΝΗΤΡΙΑ Β', Δρ. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

**ΠΛΙΑΤΣΙΚΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
Α.Μ. 00033
ΑΘΗΝΑ, 2019**



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

**Feasibility Study for the Development of Plant-Based Non-Dairy Milk
Product Enriched with Vitamin D Using Nanotechnology Methods**

SUPERVISOR: RESEARCHER B', Dr. PAPANIMITRIOU VASSILIKI

**PLIATSIKA VASSILIKI
A.M.: 00033
ATHENS, 2019**

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 *χώρος εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας* (αν υπάρχει).

Εγκρίθηκε την από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
Παπαδημητρίου Βασιλική	Ερευνήτρια Β'	
Ξενάκης Αριστοτέλης	Ερευνητής Α'	
Στάγκος Δημήτριος	Επίκουρος Καθηγητής	

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Δρ. Βασιλική Παπαδημητρίου, Ερευνήτρια Β', που με εμπιστεύτηκε και μου ανέθεσε την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Μου παρείχε χρήσιμες συμβουλές, πολύτιμες υποδείξεις, εποικοδομητικές παρατηρήσεις αλλά και αμέριστη συμπαράσταση, κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Η καθοδήγηση της ήταν πολύτιμη καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλα τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, τους κύριους Ξενάκη Αριστοτέλη και Στάγκο Δημήτριο.

Τέλος πολλές ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου και ιδιαίτερα στον σύζυγό μου, Θανάση, για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξή του, όπως επίσης και στα παιδιά μου, Αλέξανδρο, Πέννυ και Γιώργο, για την κατανόηση και την αγάπη τους.

Πίνακας Περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ.....	3
3	ΝΑΝΟΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ	5
3.1	Εισαγωγή.....	5
3.2	Κολλοειδείς Διασπορές τύπου Μικρο- και Νανογαλακτώματος.....	7
3.2.1	Μικρογαλακτώματα.....	7
3.2.2	Νανογαλακτώματα	7
3.3	Σχηματισμός Νανογαλακτωμάτων	9
3.3.1	Παράγοντες Σχηματισμού	9
3.3.2	Σχηματισμός Νανογαλακτωμάτων - Τεχνικές.....	10
3.4	Ιδιότητες & Μέγεθος Γαλακτωμάτων	12
3.5	Σταθερότητα Γαλακτωμάτων	15
4	ΒΙΤΑΜΙΝΗ D	18
4.1	Περιγραφή	18
4.2	Χημικές Ιδιότητες – Προσδιορισμός βιταμίνης D	19
4.3	Φυσιολογικός ρόλος της βιταμίνης D και Μεταβολισμός	20
4.4	Πηγές & Ημερήσιες Ανάγκες	21
4.5	Βιταμίνη D - Δράση – Ωφέλειες	23
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	26
5.1	Εισαγωγή.....	26
5.2	Φυτικό Ρόφημα Σόγιας.....	26
5.2.1	Χημική Σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα	26
5.2.2	Διαδικασία Παραγωγής.....	29
5.3	Φυτικό Ρόφημα Βρώμης	30
5.3.1	Χημική Σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα	30
5.3.2	Διαδικασία Παραγωγής.....	31
5.4	Φυτικό Ρόφημα Αμυγδάλου	32
5.4.1	Χημική σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα	32
5.4.2	Διαδικασία Παραγωγής.....	33
5.5	Φυτικό Ρόφημα Ρυζιού.....	34

5.5.1	Χημική σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα	34
5.5.2	Διαδικασία Παραγωγής.....	35
5.6	Φυτικό Ρόφημα Καρύδας.....	36
6	ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ (ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΙΠΑΡΗΣ, ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΕΝΕΡΓΩΝ ΟΥΣΙΩΝ).....	38
6.1	Βιβλιογραφική Επισκόπηση Νανοενθυλάκωσης Βιταμίνης D	38
6.2	Σύσταση Προτεινόμενου Φυτικού Ροφήματος Σόγιας Εμπλουτισμένου με Βιταμίνη D με τη Μέθοδο της Νανοενθυλάκωσης	40
6.3	Επιλογή Λιπαρής Φάσης - Σογιέλαιο.....	41
6.3.1	Σογιέλαιο	41
6.4	Επιλογή Επιφανειοενεργών Ουσιών: Λεκιθίνη και μονο- και διγλυκερίδια	41
6.4.1	Λεκιθίνη	42
6.4.2	Μονο- και διγλυκερίδια.....	43
6.5	Υδατική Φάση.....	44
7	ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΙΚΟΥ ΡΟΦΗΜΑΤΟΣ ΣΟΓΙΑΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΒΙΤΑΜΙΝΗ D ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑΣ	46
7.1	Ανάλυση της Ελληνικής και Παγκόσμιας Αγοράς Φυτικών Ροφημάτων	46
7.2	Κοστολόγηση Νέου Προϊόντος.....	50
7.3	Παραγωγή Προϊόντος	50
7.3.1	Α' Ύλες.....	50
7.3.2	Εξοπλισμός, Ανθρώπινο Δυναμικό, Λειτουργικά Κόστη.....	51
7.4	Ανταγωνισμός.....	51
7.5	Σχέδιο Marketing	52
7.5.1	Τοποθέτηση.....	52
7.5.2	Τιμολόγηση.....	52
7.5.3	Κανάλια Προώθησης και Προβολής του Προϊόντος.....	53
7.5.4	Κανάλια Διανομής - Πώλησης	53
7.6	Ανάλυση SWOT.....	54
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	56
9	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58
10	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	62

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. Τύποι γαλακτωμάτων και οι ιδιότητες τους	9
Πίνακας 2. Χημική σύσταση αγελαδινού γάλακτος και ροφήματος σόγιας	27
Πίνακας 3. Χημική σύσταση ροφήματος ρυζιού	35
Πίνακας 4. Λειτουργικά συστατικά των φυτικών ροφημάτων και τα οφέλη τους	37
Πίνακας 5. Επιπλέον κόστος υλικών λόγω νανοενθυλάκωσης βιταμίνης D3	50
Πίνακας 6. Φυτικά ροφήματα αγοράς	62
Πίνακας 7. Σύσταση διαθρεπτικών στοιχείων αγελαδινού γάλακτος και φυτικών ροφημάτων ανά 240ml (Bridges et al, 2018).....	70
Πίνακας 8. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αγελαδινού γάλακτος	71
Πίνακας 9. Συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης D (EFSA, 2017)	71

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Λειτουργικότητα μικρο- και νανο-ενθυλάκωσης (Rezaul et al., 2018)	2
Εικόνα 2. Σχηματική απεικόνιση της δομής των σωματιδίων στα νανογαλακτώματα.....	5
Εικόνα 3. Είδη νανογαλακτωμάτων (Rezaul et al., 2018)	6
Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση αυθόρμητης γαλακτωματοποίησης (Taylor et al., 2011)	12
Εικόνα 5. Ιδιότητες παραγόμενων νανογαλακτωμάτων (McClements et al., 2015).....	15
Εικόνα 6. Φυσικοχημικοί μηχανισμοί αποσταθεροποίησης νανογαλακτωμάτων (καθίζηση, κροκίδωση, συνένωση, Ostwald ωρίμανση) ((McClements et al., 2015)	16
Εικόνα 7. Κυριότεροι μεταβολίτες της Βιταμίνης D.....	20
Εικόνα 8. Μεταβολισμός βιταμίνης D.....	21
Εικόνα 9. Ανάλυση σύστασης καρπού σόγιας	28
Εικόνα 10. Διαδικασία παραγωγής ροφήματος σόγιας (Sethi et al., 2016)	30
Εικόνα 11. Διαδικασία παραγωγής ροφήματος βρώμης (Sethi et al., 2016).....	32
Εικόνα 13. Τα κύρια φωσφολιπίδια που περιέχονται στην εμπορική λεκιθίνη, όπου τα R1 και R2 είναι λιπαρά οξέα	43
Εικόνα 14. Σχηματική απεικόνιση της αντίδραση γλυκερόλυσης.....	44
Εικόνα 15. Μονο- και δι- γλυκερίδια	44
Εικόνα 16. Μερίδιο αγοράς ανά προϊόν φυτικού ροφήματος μέχρι το 2025	48
Εικόνα 17. Αγορά εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων 2015 & 2020(Markets and Markets , 2016)	48
Εικόνα 18. Διαγραμματική σύνοψη της παγκόσμιας αγοράς εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων 2019-2024 (Mondor Intelligence)	49
Εικόνα 19. Γεωγραφική απεικόνιση της παγκόσμιας αγοράς εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων 2019-2024 (Mondor Intelligence,)	49

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη μελέτη αφορά την ανάπτυξη ενός φυτικού ροφήματος, συγκεκριμένα σόγιας, εμπλουτισμένου με βιταμίνη D με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης. Αρχικά έγινε μελέτη του κλάδου της νανοτεχνολογίας και των εφαρμογών της μέχρι σήμερα στον κλάδο των τροφίμων. Εντοπίστηκε η ανάγκη ενθυλάκωσης διαφόρων συστατικών όπως βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, αντιοξειδωτικά, διαιτητικές ίνες, ω-3 λιπαρά οξέα, προβιοτικά αλλά και βελτιωτικά γεύσης, χρωστικές που προκύπτει από το γεγονός ότι πολλές φορές μειώνεται είτε η λειτουργικότητά τους, είτε η απορρόφησή τους από τον οργανισμό, όταν αυτά προστίθενται αυτούσια κατά την παραγωγή των τροφίμων.

Πιο συγκεκριμένα η δυνατότητα χρήσης της νανοενθυλάκωσης βιταμινών στον τομέα των τροφίμων έχει αρκετά πλεονεκτήματα όπως προστασία των βιταμινών από χημική, φυσική και βιολογική υποβάθμιση, αλλά και αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας και της δραστηριότητας στον οργανισμό. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης παρουσιάστηκαν τα δημοφιλέστερα φυτικά ροφήματα που κυκλοφορούν στην αγορά όπως αυτό της σόγιας, της βρώμης, του ρυζιού, της καρύδας, του αμυγδαλού με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθενός από αυτά. Ειδικότερα όταν πρόκειται για ένα φυτικό ρόφημα, στη συγκεκριμένη περίπτωση σόγιας, εμπλουτισμένο με βιταμίνη D τότε προκύπτει ένα τελικό προϊόν με συνδυαστικές ευεργετικές δράσεις για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές προτάθηκαν οι κατάλληλες α'-ύλες και η αναλογία αυτών προκειμένου να δημιουργηθεί το αντίστοιχο νανογαλάκτωμα που θα ενθυλακώσει τη βιταμίνη D. Με τις ισχύουσες τιμές α'-υλών υπολογίστηκε το επιπλέον κόστος που θα επιβαρύνει το προϊόν η προτεινόμενη παραγωγική διαδικασία. Μετά από έρευνα αγοράς των υπάρχοντων φυτικών ροφημάτων κυρίως στην ελληνική αγορά, διαπιστώθηκε η αυξητική τάση κατανάλωσης συγκεκριμένων προϊόντων, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό, οπότε σε συνδυασμό με την κοστολόγηση, προσδιορίστηκε κατά πόσο είναι οικονομικά βιώσιμο για μια επιχείρηση που ήδη δραστηριοποιείται στην αγορά των φυτικών ροφημάτων να στραφεί στον εμπλουτισμό αυτών με χρήση νανοτεχνολογικών μεθόδων. Τέλος, τα δυνατά και αδύναμα σημεία όπως και οι ευκαιρίες και οι απειλές ενός τέτοιου εγχειρήματος παρουσιάστηκαν συγκεντρωτικά σε μία ανάλυση SWOT.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

Φυτικά ροφήματα, Βιταμίνη D, ναογαλακτώματα, νανοενθυλάκωση.

ΣΚΟΠΟΣ

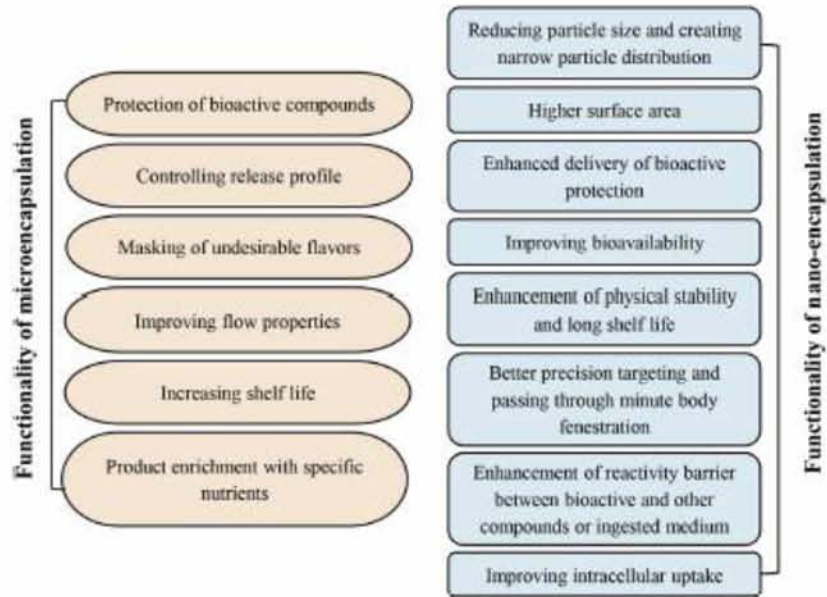
Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι ο εμπλουτισμός των φυτικών ροφημάτων, συγκεκριμένα σόγιας, με βιταμίνη D με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης. Η έλλειψη της βιταμίνης D η οποία μπορεί να οφείλεται, είτε σε ανεπαρκή πρόσληψη ή/και μειωμένη έκθεση στον ήλιο, είτε σε ανωμαλίες που περιορίζουν την απορρόφησή της και σε καταστάσεις που εμποδίζουν τη μετατροπή της στους ενεργούς μεταβολίτες της, ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Επιπρόσθετα, όλο και περισσότεροι άνθρωποι υιοθετούν τη vegan διατροφή ή επιλέγουν τα φυτικά ροφήματα ως εναλλακτικά του ζωικού γάλακτος στις περιπτώσεις που δεν μπορούν ή έχουν επιλέξει να μην πίνουν γάλα λόγω προσωπικών προτιμήσεων, διαιτητικών περιορισμών, αλλεργιών ή δυσανεγιών. Ο προτεινόμενος τρόπος εμπλουτισμού των φυτικών ροφημάτων με βιταμίνη D χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την απλή προσθήκη της βιταμίνης όπως προστασία αυτής από χημική, φυσική και βιολογική υποβάθμιση και αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας και της δραστηκότητας της στον ανθρώπινο οργανισμό.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κλάδος της νανοτεχνολογίας αποτελεί αντικείμενο έρευνας τα τελευταία χρόνια από τις βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών, λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων των νανοσωματιδίων. Η ανάγκη ενθυλάκωσης διαφόρων συστατικών όπως βιταμίνες, ιχνοστοιχεία (ασβέστιο, σίδηρος), αντιοξειδωτικά, διαιτητικές ίνες, ω-3 λιπαρά οξέα, προβιοτικά αλλά και βελτιωτικά γεύσης, χρωστικές προκύπτει από το γεγονός ότι πολλές φορές μειώνεται είτε η λειτουργικότητά τους, είτε η απορρόφησή τους από τον οργανισμό, όταν αυτά προστίθενται αυτούσια κατά την παραγωγή των τροφίμων. Επιπλέον πολλά συστατικά είναι αναγκαίο να ενθυλακωθούν διότι, μέσω των «συστημάτων μεταφοράς» που δημιουργούνται, προστατεύονται από τις διάφορες μορφές επεξεργασίας των τροφίμων και απορροφούνται καλύτερα από τον οργανισμό λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των σωματιδίων που χρησιμοποιούνται ως νανοφορείς. Όταν πρόκειται για βιοδραστικές ουσίες τότε μέσω της ενθυλάκωσης στην νανοκλίμακα (10^{-9}m) τα συστατικά μεταφέρονται στο σημείο δράσης στον οργανισμό (στομάχι, έντερο) και απελευθερώνονται σταδιακά. Πολλές από αυτές τις βιοδραστικές ουσίες για διάφορους λόγους όπως λόγω χαμηλής διαλυτότητας στο υδατικό περιβάλλον του εντέρου, μικρού χρόνου ημιζωής, ανεπαρκούς κατανομής στους ιστούς ή λόγω χαμηλής διαπερατότητας διαμέσου των ιστών εμφανίζουν χαμηλή βιοδιαθεσιμότητα στον ανθρώπινο οργανισμό. (Silva *et al.*, 2012)

Η δυνατότητα χρήσης της νανο-ενθυλάκωσης στον τομέα των τροφίμων έχει τα παρακάτω αποτελέσματα:

1. Προστασία των βιοδραστικών ουσιών και των λειτουργικών συστατικών των τροφίμων από χημική, φυσική και βιολογική υποβάθμιση.
2. Αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας και της δραστηριότητας διαφόρων συστατικών στον οργανισμό ως αποτέλεσμα του επόμενου χαρακτηριστικού.
3. Καθώς το σύστημα μπορεί να αποτελείται από δύο φάσεις διαφορετικής διαλυτότητας που συνενώνονται εγκλωβίζοντας την ουσία, δίνεται η δυνατότητα στις λιποδιαλυτές ουσίες να ενσωματωθούν σε υδατικό μέσο και το αντίστροφο.
4. Εμπλουτισμός τροφίμων με βιταμίνες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία.
5. Ενίσχυση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων.
6. Προστασία τροφίμων από περιβαλλοντικές συνθήκες κατά την αποθήκευσή τους, όπως φως, υγρασία.
7. Αύξηση χρόνου ζωής των προϊόντων.



Εικόνα 1. Λειτουργικότητα μικρο- και νανο-ενθυλάκωσης (Rezaul et al., 2018)

2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ

Ένα σύστημα ενθυλάκωσης, προκειμένου να ενσωματωθεί σε ένα τρόφιμο πρέπει:

1. Να αποτελείται από εδώδιμα συστατικά και να παρασκευάζεται με μεθόδους σύμφωνα με τη νομοθεσία.
2. Να μη μεταβάλει τη δομή, την εμφάνιση και τη γεύση του προϊόντος στο οποίο πρόκειται να ενσωματωθεί.
3. Να ενθυλακώνει ικανή ποσότητα του λειτουργικού συστατικού και να το προστατεύει από την υποβάθμισή του.
4. Το συστατικό να απελευθερώνεται ελεγχόμενα σε ένα συγκεκριμένο σημείο δράσης στον οργανισμό.

Υπάρχουν διάφορες νανοδομές που μπορούν να σχηματισθούν για εφαρμογές στον τομέα των τροφίμων όπως: νανογαλακτώματα (10-200nm), μικκύλια (<100nm), νανοκάψουλες, νανοσφαίρες, νανολιποσώματα (10-300nm) συσσωματώματα βιοπολυμερών (10-600nm). Λίγα όμως από αυτά έχουν εφαρμοσθεί στη βιομηχανία.

Ειδικότερα στον τομέα των τροφίμων, τα νανο-συστήματα μεταφοράς βιοδραστικών και λειτουργικών ουσιών μπορούν να παρασκευαστούν από πολλά διαφορετικά βιοσυμβατά συστατικά όπως λιπίδια, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, τα οποία αποτελούν και τα κύρια υλικά του συστήματος ενθυλάκωσης. Η πολικότητα των βιοδραστικών ουσιών και των λειτουργικών συστατικών παίζει σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό των νανοσυστημάτων. Τα προς ενθυλάκωση συστατικά μπορεί να είναι υδρόφιλα (υδατοδιαλυτές βιταμίνες, ανόργανα άλατα, αντιοξειδωτικά), λιπόφιλα (λιποδιαλυτές βιταμίνες, ω-3 λιπαρά οξέα, χρωστικές) και αμφίφιλα (πεπτίδια). Η παρασκευή νανοσυστημάτων μπορεί να επιτευχθεί είτε με bottom-down (διάσπαση συστατικών προς νανοσωματίδια) είτε με bottom-up (συνένωση μορίων) μεθόδους. (Silva *et al.*, 2012)

Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή βρώσιμων συστημάτων ενθυλάκωσης είναι:

1. Υδατάνθρακες όπως άμυλο, μαλτοδεξτρίνες, σιρόπι γλυκόζης, πηκτίνες, καραγενάννη, χιτοζάνη.

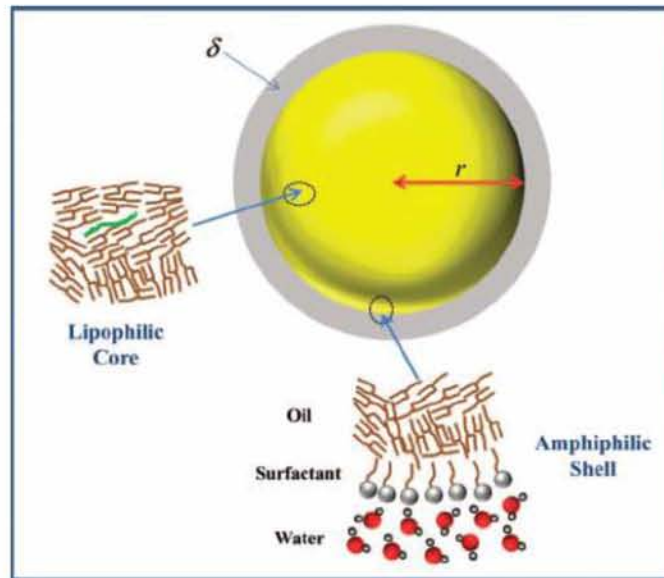
2. Πρωτεΐνες όπως καζεϊνικό νάτριο, πρωτεΐνες ορού γάλακτος, πρωτεΐνες σίτου, πρωτεΐνες σόγιας, ζελατίνη, αλβουμίνη.
3. Λιπίδια όπως φυτικά λίπη και έλαια, υδρογονωμένα λίπη.

Παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό των νανο-συστημάτων είναι φυσικοχημικές ιδιότητες όπως το ιξώδες, η διαπερατότητα, ο δείκτης διάθλασης, η διηλεκτρική σταθερά, η μεσεπιφανειακή τάση. Επίσης, τα δομικά χαρακτηριστικά όπως το σχήμα, το μέγεθος και η κατανομή των μεγεθών (Particle Size Distribution, PSD) των νανοσωματιδίων επηρεάζουν τη ρεολογία, την εμφάνιση και την σταθερότητα του συστήματος καθώς και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Τα νανοσωματίδια μπορεί να είναι κατιοντικά, ανιοντικά ή μη-ιοντικά. Το φορτίο τους επηρεάζει την σταθερότητα των νανο-συστημάτων. Τα νανο-συστήματα μεταφοράς (λιποσώματα, νανογαλακτώματα, μικκύλια, σωματίδια υδρογέλης) είναι δυνατόν να αποσταθεροποιηθούν με διάφορους μηχανισμούς όπως η θρόμβωση ή κροκίδωση (flocculation), η συνένωση ή συσσωμάτωση, η κρεμοποίηση (creaming), η αναστροφή φάσης (phase inversion) και το φαινόμενο Ostwald ripening. (Taylor *et al.*, 2011)

3 ΝΑΝΟΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ

3.1 Εισαγωγή

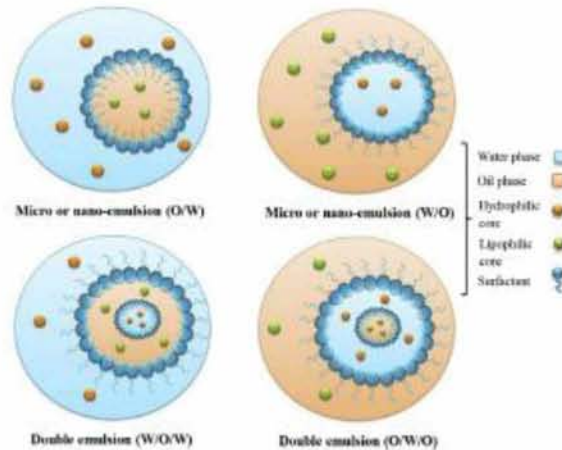
Το μέγεθος των σωματιδίων αποτελεί τη βασική διαφορά μεταξύ μικρογαλακτωμάτων (5-50nm), νανογαλακτωμάτων (10-100nm) και συμβατικών γαλακτωμάτων (0,1-100μm). Τα νανογαλακτώματα είναι κολλοειδή συστήματα διασποράς (θερμοδυναμικά ασταθή αλλά κινητικά σταθερά) αποτελούμενα από δύο μη αναμίξιμα υγρά, από τα οποία το ένα βρίσκεται διεσπαρμένο σε μορφή νανοσταγονιδίων σφαιρικού σχήματος (droplets) ακτίνας $r < 100\text{nm}$ (α-συνεχής φάση) στη μάζα του άλλου υγρού (συνεχής φάση). Κύρια συστατικά είναι το νερό, το έλαιο και για την σταθεροποίησή τους γίνεται με την χρήση επιφανειοενεργών ουσιών. (Hildeliza *et al.*, 2010)



Εικόνα 2. Σχηματική απεικόνιση της δομής των σωματιδίων στα νανογαλακτώματα (Taylor *et al.*, 2011)

Τα γαλακτώματα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την κατανομή των δύο φάσεων. Έτσι, το γαλακτώμα που αποτελείται από σταγονίδια ελαίου διεσπαρμένα σε νερό καλείται «έλαιο-σε-νερό (o/w)», π.χ. γάλα, κρέμα, παγωτό, μαγιονέζα, σούπες, σάλτσες κ.α., ενώ, εκείνο που αποτελείται από σταγονίδια νερού διεσπαρμένα σε λιπαρή φάση καλείται «νερό-σε-έλαιο γαλακτώμα (w/o)», π.χ. βούτυρο, μαργαρίνη, και διάφορα προϊόντα προς επάλειψη όπως κρεμώδες τυρί (spreads). Τα συστήματα που δημιουργούνται καθώς αποτελούνται από δύο φάσεις διαφορετικής διαλυτότητας μπορούν, ανάλογα με τη δομή τους, να εγκλωβίσουν και να προστατέψουν είτε υδρόφιλα είτε λιπόφιλα συστατικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορούν να δημιουργηθούν διπλά γαλακτώματα, π.χ. έλαιο-σε-νερό-σε-έλαιο (o/w/o), νερό-σε-έλαιο-σε-

νερό (w/o/w), έλαιο-σε-νερό-σε-νερό (o/w/w), με ομογενοποίηση ενός γαλακτώματος w/o ή o/w αντίστοιχα, με την παρουσία κατάλληλων τασιενεργών ουσιών. Τα διπλά γαλακτώματα είναι πολύπλοκα συστήματα, στα οποία συνυπάρχουν γαλακτώματα ελαίου-σε-νερό (o/w) και νερού-σε-έλαιο (w/o), όπου τα σταγονίδια της διεσπαρμένης φάσης περιέχουν ακόμη μικρότερα διεσπαρμένα σταγονίδια. (McClements *et al.*, 2007).



Εικόνα 3. Είδη νανογαλακτωμάτων (Rezaul *et al.*, 2018)

Η κρυσταλλικότητα της λιπαρής φάσης, η παρουσία των επιφανειοδραστικών ουσιών στη διεπιφάνεια ελαίου-νερού και η παρουσία σταθεροποιητών είναι μερικοί από τους σημαντικότερους παράγοντες στα o/w γαλακτώματα. Συγκεκριμένα οι σταθεροποιητές (π.χ. πολυσακχαρίτες) αυξάνουν το ιξώδες της συνεχούς φάσης και εμποδίζουν την αποσταθεροποίηση των γαλακτωμάτων. Οι σταθεροποιητές δεν προσροφούνται στη μεσεπιφάνεια των δύο μη αναμίξιμων υγρών. Τα επιφανειοενεργά είναι ουσίες (π.χ. πρωτεΐνες, μικρά συνθετικά μόρια) που επιδρούν στη μείωση της μεσεπιφανειακής τάσης και στη δημιουργία μια σταθερής, συνεκτικής, ιξωδοελαστικής διεπιφανειακής μεμβράνης.

Στα γαλακτώματα w/o (για παράδειγμα, μαργαρίνη και βούτυρο), σημαντικές παράμετροι για τη σταθερότητά τους αποτελούν οι ιδιότητες του ελαίου και της επιφανειοδραστικής ουσίας και όχι τόσο οι ιδιότητες της υδατικής φάσης. Ως εκ τούτου, ο βαθμός της μηχανικής σταθεροποίησης είναι πιο σημαντικός στα γαλακτώματα w/o από ότι στα γαλακτώματα o/w (Krog *et al.*, 2004). Ωστόσο, σε ορισμένα συστήματα νερό-σε-έλαιο (w/o), όπως το βούτυρο, η συνεχής φάση είναι εν μέρει στερεό, το οποίο βελτιώνει τη σταθερότητα και δίνει στο προϊόν μία σταθερή υφή (McClements *et al.*, 2005).

3.2 Κολλοειδείς Διασπορές τύπου Μικρο- και Νανογαλακτώματος

3.2.1 Μικρογαλακτώματα

Τα μικρογαλακτώματα (micro-emulsions) είναι διασπορές (dispersions) διαυγείς, που χαρακτηρίζονται από θερμοδυναμική σταθερότητα και το μέγεθος των διεσπαρμένων σταγονιδίων κυμαίνεται μεταξύ 10-50 nm. Τα μικρογαλακτώματα είναι δύο κατηγοριών - νερό-σε-έλαιο (w/o), έλαιο-σε-νερό (o/w) ή δισυνεχή. Μακροσκοπικά τα μικρογαλακτώματα εμφανίζονται είναι ομογενή υγρά, ενώ μικροσκοπικά είναι ανομοιογενή. Σε περίπτωση διαχωρισμού μετατρέπονται αυθόρμητα σε γαλακτώματα.

Αποτελούνται από δύο υγρές φάσεις: την υδατική και τη λιπαρή. Τα συστατικά από τα οποία αποτελούνται είναι ένας πολικός διαλύτης, ένας μη πολικός διαλύτης και μία επιφανειοδραστική ουσία. Με αυτόν τον τρόπο διαλυτοποιούνται συστατικά διαφορετικής πολικότητας. Η μία φάση είναι διεσπαρμένη στην άλλη με τη μορφή σταγονιδίων σφαιρικού, κυλινδρικού ή ραβδοειδούς σχήματος. Μεταξύ αυτών των φάσεων υπάρχει μία διαχωριστική επιφάνεια που αποτελείται από κάποιο απαραίτητο επιφανειοδραστικό υλικό. Στη διεπιφάνεια ελαίου και νερού συγκεντρώνονται οι κατάλληλες ποσότητες επιφανειοδραστικών ή/και συνεπιφανειοδραστικών ουσιών (co-surfactants). Τα λιπόφιλα συστατικά συγκεντρώνονται στη μη πολική φάση, τα υδρόφιλα στην πολική, ενώ τα αμφίφιλα στη διεπιφάνεια των σχηματιζόμενων μικκυλίων.

Τα μικρογαλακτώματα αποτελούν μέσο για την ενσωμάτωση δραστικών συστατικών στα τρόφιμα και παράλληλα προστατεύουν τα ευδιάλυτα συστατικά από ανεπιθύμητη αποικοδόμηση (Fathi et al., 2012). Γι' αυτόν τον λόγο παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον σε διάφορους τομείς όπως φάρμακα, τρόφιμα δεδομένου ότι λειτουργούν ως οχήματα μεταφοράς θρεπτικών, αρωματικών και χρωστικών ουσιών.

3.2.2 Νανογαλακτώματα

Τα νανογαλακτώματα είναι συστήματα νερού, ελαίου και επιφανειοενεργών ουσιών που σχηματίζουν ένα κινητικά σταθερό, διαυγές, ελαφρώς θολό ή γαλακτώδες διάλυμα. Αυτό οφείλεται στη σκέδαση του φάσματος του ορατού φωτός μέσω του γαλακτώματος. Τα νανογαλακτώματα έχουν μέγεθος σταγονιδίων που κυμαίνεται από 50 nm έως 200nm ή 500 nm

Ο αριθμός των μορίων της διεσπαρμένης φάσης στα νανογαλακτώματα είναι πολύ μικρότερος από τον αντίστοιχο των συμβατικών γαλακτωμάτων και εξαρτάται από το μοριακό βάρος (MW). Ο λόγος εμβαδού επιφάνειας προς όγκο στα νανογαλακτώματα είναι μεγαλύτερος από τα συνήθη γαλακτώματα. Επομένως σε σύγκριση με τα συνήθη γαλακτώματα εμφανίζουν σε μεγάλο βαθμό φαινόμενα που σχετίζονται με την παραμόρφωση των σταγονιδίων, όπως η πίεση που δημιουργείται από την δύναμη Laplace. (McClements et al., 2012).

Το μέγεθος των σταγονιδίων των νανογαλακτωμάτων δεν επιτρέπει την πολλαπλή σκέδαση, αφού είναι αρκετά μικρότερα από τα μήκη κύματος τους ορατού φωτός. Αντιθέτως, το λευκό χρώμα των συμβατικών γαλακτωμάτων οφείλεται στην σκέδαση του φωτός μέσα από τη δομή τους. Η πολλαπλή σκέδαση συμβαίνει καθώς το φως διέρχεται στο γαλάκτωμα και διαθλάται οπότε μεταβάλλεται ο δείκτης διάθλασης μεταξύ των διεσπαρμένων σταγονιδίων και της συνεχούς φάσης. Τόσο στα o/w όσο και στα w/o νανογαλακτώματα ανάλογα με τη σύστασή τους, παρατηρείται διασπορά της μιας φάσης μέσα στην άλλη με μορφή σφαιρικών σταγονιδίων, τα οποία περιβάλλονται και σταθεροποιούνται από μια μονοστοιβάδα επιφανειοενεργών ουσιών.

Συμπερασματικά αναφέροντας κάποιες από τις διαφορές των μικρο- και νανογαλακτωμάτων:

α) Τα μικρογαλακτώματα είναι θερμοδυναμικά συστήματα ισορροπίας, ενώ τα νανογαλακτώματα δεν ισορροπούν θερμοδυναμικά όμως είναι δυνατό να έχουν μία σχετικά υψηλή κινητική σταθερότητα.

β) Αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στις μεταβολές της θερμοκρασίας και κατά τις αραιώσεις. Τα μικρογαλακτώματα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις μεταβολές της θερμοκρασίας και από τις αραιώσεις, ενώ τα νανογαλακτώματα δεν θα επηρεαστούν από τέτοιες μεταβολές.

Ο Πίνακας 1 δείχνει τις ιδιότητες του κάθε τύπου γαλακτώματος που συζητήθηκε παραπάνω σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα μακρογαλακτωμάτων.

Πίνακας 1. Τύποι γαλακτωμάτων και οι ιδιότητές τους**Different Emulsions**

Property	Macroemulsion	Nanoemulsion	Microemulsion
Appearance	Formulation-dependent	Transparent to milky	Transparent
Preparation methods	Classic homogenization	High energy (pressure)	Low-energy emulsification
Surfactant load	Fairly low	Medium (<10%)	Fairly high (10–20%)
Droplet size	0,5–100 μm	100–1000 nm	10–100 nm
Thermodynamic stability	Unstable; kinetically stable	Unstable; kinetically stable	Stable

Source: Jafari, S.M., Assadpoor, E., He, Y., and Bhandari, B. 2008. Re-coalescence of emulsion droplets during high-energy emulsification. *Food Hydrocolloid*, 22: 1191–1202.

3.3 Σχηματισμός Νανογαλακτωμάτων

3.3.1 Παράγοντες Σχηματισμού

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την παρασκευή ενός σταθερού γαλακτώματος είναι: α) η σειρά προσθήκης των συστατικών, β) το είδος των χρησιμοποιούμενων συστατικών και γ) η εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου διάτμησης ώστε να γίνεται αποτελεσματική θραύση των σταγονιδίων.

Άλλες σημαντικοί παράμετροι για το σχηματισμό των νανογαλακτωμάτων είναι η επιλογή των συστατικών, συμπεριλαμβανομένων και των επιφανειοδραστικών, που δεν πρέπει να οδηγεί σε σχηματισμό κρυσταλλικών φάσεων. Η συγκέντρωση του επιφανειοδραστικού στην υγρή φάση μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή του νανογαλακτώματος. Η επιπλέον ποσότητα επιφανειοδραστικού οδηγεί στη γρήγορη επικάλυψη των σταγονιδίων που σχηματίζονται, αναστέλλοντας τα φαινόμενα συσσωμάτωσης που τείνουν να εκδηλωθούν μεταξύ αυτών. Η συγκέντρωση του επιφανειοδραστικού κυμαίνεται από μερικές δεκάδες έως και εκατοντάδες mM. Όμως πολλά τασιενεργά επιφανειοδραστικά σχηματίζουν μικκύλια σε τέτοιες υψηλές συγκεντρώσεις, και συνήθως σε αυτές τις περιπτώσεις η συνεχής φάση περιέχει επιφανειοδραστικά μικκύλια για τη συνεχή επικάλυψη της διεπιφάνειας των σταγονιδίων. (Katouzian et al., 2016)

Επιπλέον η ρήξη των σταγονιδίων από τη μικρο-κλίμακα (μm) στη νανο-κλίμακα (nm) αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για το σχηματισμό νανογαλακτωμάτων και λαμβάνει χώρα με την ε-

φαρμογή κάποιας μορφής διάτμησης. Τυπικά η πίεση για την δημιουργία του επιθυμητού μεγέθους σταγονιδίων πρέπει να φθάσει συνήθως 10~100 atm.

Τέλος, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν υψηλές πιέσεις λόγω της δύναμης Laplace, τα διασπαρμένα μόρια πρέπει να είναι αδιάλυτα στη συνεχή φάση έτσι, ώστε η ωρίμανση Ostwald να μην συμβεί γρήγορα. Ένας εύκολος τρόπος καταστολής της ωρίμανσης Ostwald είναι η κατάλληλη επιλογή των δύο υγρών φάσεων (μη αναμίξιμων), ώστε τα διασπαρμένα μόρια να παραμένουν αδιάλυτα.

3.3.2 Σχηματισμός Νανογαλακτωμάτων - Τεχνικές

Τα νανογαλακτώματα σχηματίζονται με υψηλή διάτμηση η οποία και προκαλεί διάρρηξη. Κατά συνέπεια είναι συστήματα μη ισορροπίας δηλαδή παρουσιάζουν αυθόρμητα τάση να διαχωρίζονται (ουσιαστικός διαχωρισμός από τη συνεχή φάση, της διεσπαρμένης). Αν και το μέγεθος των νανογαλακτωμάτων παραπέμπει στη νανο-κλίμακα, δεν είναι τεχνικά δυνατή η παρασκευή τους σε μέγεθος μικρότερο από αυτό ενός επιφανειοδραστικού μικκυλίου κατά συνέπεια μεγέθους λίγων νανόμετρων. Τα νανογαλακτώματα έχουν μεγάλη κινητική σταθερότητα και αποτρέπουν την καθίζηση ή την κροκίδωση τους και είναι ανθεκτικά στο σχηματισμό κρέμας.

Αν και υπάρχουν διατάξεις ανάμιξης που επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς διάτμησης, αυτό συμβαίνει κοντά στην «ακμή κοπής» (blade edges), περιοχή στην οποία η ικανότητα μεταφοράς όλων των σταγονιδίων είναι σχετικά χαμηλή. Κατά συνέπεια των εγγενών δυσκολιών για την κατάτμηση και διασπορά των σταγονιδίων, η παραγωγή νανογαλακτωμάτων χρησιμοποιεί άλλες μέθοδοι (McClements *et al.*, 2012).

Με δεδομένο ότι τα νανογαλακτώματα είναι θερμοδυναμικά ασταθή συστήματα, η παραγωγή απαιτεί την προσφορά. Η διαδικασία παραγωγή ξεκινά με τον σχηματισμό ενός προγαλακτώματος στο οποίο τα λιπόφιλα συστατικά διαλύονται στην ελαιώδη φάση και στη συνέχεια ενώνονται με την υδατική φάση όπου με συνεχή μηχανική ανάδευση οι υδρόφιλες επιφανειοενεργές ουσίες είναι διαλυμένες και το μίγμα ομογενοποιείται. Το δημιουργούμενο προγαλάκτωμα μετατρέπεται σε νανογαλάκτωμα με τεχνικές,

- χαμηλής ενέργειας (low energy methods) και

- υψηλής ενέργειας (high energy methods)

Οι τελευταίες βασίζονται στην παραγωγή σταγονιδίων στη νανοκλίμακα με διάσπαση των μεγαλύτερου μεγέθους σταγονιδίων του προγαλακτώματος. Η διάσπαση αυτή λαμβάνει χώρα με παροχή υψηλής ενέργειας. Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες διατάξεις για την επίτευξη της διάσπασης των μεγαλύτερου μεγέθους σταγονιδίων του προγαλακτώματος είναι:

- a. διατάξεις υπερήχων (ultrasonication)
- b. υψηλής πίεσης ομογενοποιητές (high pressure homogenizers, HPH),
- c. μικρορευστοποιητές (microfluidizers)

Ο τύπος της διάταξης και οι συνθήκες που εφαρμόζονται κατά την διάρκεια της διεργασίας (χρόνος, πίεση, θερμοκρασία, σύσταση νανογαλακτώματος, χαρακτηριστικά κάθε φάσης όπως ιξώδες, επιφανειακή τάση, κύκλοι ανατροφοδότησης κτλ.) επιδρούν στο τελικό μέγεθος των σταγονιδίων. Ειδικά η πίεση είναι που ασκείται στο προγαλάκτωμα έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί πρέπει να έχει τιμές τέτοιες ώστε να υπερνικήσει τις δυνάμεις που συγκρατούν τα σταγονίδια μεταξύ τους, (Taylor et al, 2011).

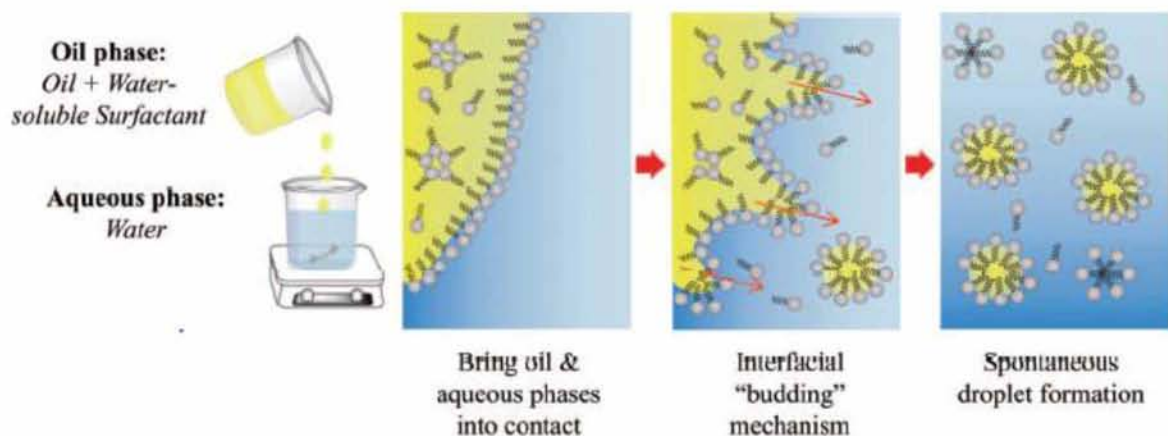
Η επιλογή του εξοπλισμού δηλαδή του ομογενοποιητή για μία συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτάται (McClements *et al*, 2005) από

- την επιθυμητή κατανομή σταγονιδίων
- τον διαθέσιμο εξοπλισμό,
- την κατανάλωση ενέργειας,
- το κόστος λειτουργίας,
- τον όγκο προς ομογενοποίηση,
- το ιξώδες του γαλακτώματος,
- τη συγκέντρωση και τον τύπο του γαλακτωματοποιητή,
- τις φυσικοχημικές ιδιότητες των συστατικών (κάθε φάσης και τελικού προϊόντος).

Οι τεχνικές χαμηλής ενέργειας στηρίζονται στον αυθόρμητο σχηματισμό νανο-σταγονιδίων από μία υδατική και μία λιπαρή φάση καθώς και επιφανειοενεργών ουσιών. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με αυθόρμητη γαλακτωματοποίηση (spontaneous emulsification method), είτε με αλλαγή της σύστασης του διαλύματος και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Συγκεκριμένα έχουμε αλλαγή της σύστασης του διαλύματος με αναστροφή φάσης με μεταβολή

- της θερμοκρασίας (phase inversion temperature, PIT), ή
- της σύστασης (phase inversion composition, PIC).

Η διαδικασία της αυθόρμητης γαλακτωματοποίησης, το μίγμα λιπαρής φάσης και επιφανειοδραστικής ουσίας προστίθεται στην υδατική φάση με ανάδευση και προκύπτει μία οπτικά δι-αυγής κολλοειδής διασπορά. Οι τεχνικές χαμηλής ενέργειας όπως υπονοεί και το όνομα τους δεν καταναλώνουν σημαντική ενέργεια για τη δημιουργία μικρότερων σταγονιδίων αλλά απαιτούν μεγάλες ποσότητες συνθετικών επιφανειοενεργών ουσιών όπως επίσης και η θερμοκρασία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα.



Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση αυθόρμητης γαλακτωματοποίησης (Taylor et al., 2011)

3.4 Ιδιότητες & Μέγεθος Γαλακτωμάτων

Οι παράμετροι που ευθύνονται για τις μεταβολές στις φυσικοχημικές ιδιότητες των γαλακτωμάτων είναι οι ιδιότητες της συνεχούς φάσης και η αναλογία της σε σχέση με την ασυνεχής φάση.

Το μέγεθος και την κατανομή των περιεχόμενων σταγονιδίων στα γαλακτώματα είναι από τις πιο σημαντικές ιδιότητες τους γιατί αυτά επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής, την εμφάνιση, την υφή και το άρωμα τους. Κατά συνέπεια η πρόβλεψη, η εκτίμηση και ο έλεγχος των περιεχόμενων σταγονιδίων στα γαλακτώματα είναι από τις πιο κρίσιμες διαδικασίες.

Με τον όρο «σταθερότητα γαλακτώματος» ορίζεται η ικανότητα ενός γαλακτώματος να αντιστέκεται στην αλλαγή των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του. Η αναγνώριση των βασικών φυσι-

κών ή χημικών μηχανισμών που προκαλούν την αποσταθεροποίηση ενός συγκεκριμένου γαλακτώματος, αποτελεί προϋπόθεση της εύρεσης του πιο αποτελεσματικού τρόπου βελτίωσης της σταθερότητάς του.

Η πιο απλή συγκριτική μέθοδος μέτρησης της διαμέτρου των σταγονιδίων ενός γαλακτώματος χρησιμοποιεί την δυναμική σκέδαση του φωτός. Κατά την μέθοδο αυτή μία πηγή φωτός εκπέμπει με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ακτινοβολία η οποία, όταν προσκρούσει με τα σωματίδια του γαλακτώματος, τα οποία διέρχονται από τον θάλαμο μέτρησης, σκεδάζεται προς διάφορες κατευθύνσεις ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων. Η ακτινοβολία ανιχνεύεται με ειδικούς ανιχνευτές κατάλληλα τοποθετημένους περιμετρικά του θαλάμου μέτρησης. Το σήμα των ανιχνευτών «μεταφράζεται» σε καμπύλη κατανομής των σωματιδίων ανάλογα με το μέγεθός τους.

- **Ιδιότητες Διεπιφάνειας Σταγονιδίων**

Πολλές φυσικοχημικές ιδιότητες των γαλακτωμάτων τροφίμων καθορίζονται από την διεπιφάνεια. Κατά συνέπεια ο προσδιορισμός των παραγόντων που καθορίζουν

- τη δομή,
- το πάχος
- τη σύνθεση,
- τη ρεολογία
- το φορτίο

της διεπιφανειακής περιοχής είναι κεφαλαιώδους σημασίας

Πιο συγκεκριμένα η δομή και η σύνθεση της διεπιφανειακής περιοχής καθορίζονται από τη συγκέντρωση και τον τύπο των επιφανειακά δραστικών ουσιών που υπάρχουν στο σύστημα πριν από το σχηματισμό του γαλακτώματος, αλλά και από τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια και μετά το σχηματισμό του γαλακτώματος (McClements and Decker, 2000).

- **Φορτίο Σταγονιδίων**

Το φορτίο δημιουργείται συνήθως από την προσρόφηση των μορίων του ιοντικού γαλακτωματοποιητή που ιονίζεται. Η πολική κεφαλή των υδρόφιλων ομάδων των επιφανειοδραστικών

ουσιών που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι ουδέτερες, θετικά, ή αρνητικά φορτισμένες. Συνεπώς τα σταγονίδια του γαλακτώματος μπορεί να έχουν ηλεκτρικό φορτίο ανάλογα με τα επιφανειακά δραστικά μόρια το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει τις φυσικοχημικές και οργανοληπτικές ιδιότητες, στις οποίες περιλαμβάνονται η εμφάνιση, η ρεολογία, η γεύση και η σταθερότητα του γαλακτώματος.

- **Αλληλεπιδράσεις Σταγονιδίων**

Οι αλληλεπιδράσεις των σταγονιδίων του γαλακτώματος μεταξύ τους, επηρεάζουν σημαντικά τη σταθερότητα, τη ρεολογία, την εμφάνιση και τη γεύση τους. Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά είδη αλληλεπιδράσεων στα γαλακτώματα π.χ. αλληλεπιδράσεις τύπου Van der Waals, ηλεκτροστατικές, στερεοχημικές, υδρόφοβες κ.ά.

Οι αλληλεπιδράσεις αυτές διαφέρουν ως προς

- την ισχύ τους (ισχυρές ή ασθενείς)
- τη φύση τους (ελκτικές ή απωστικές),
- το εύρος τους (μεγάλο ή μικρό).

- **Αδιαφανή & Διαφανή Γαλακτώματα**

Τα γαλακτώματα μπορεί να είναι αδιαφανή ή διαφανή. Τα αδιαφανή έχουν το χρώμα της συνεχούς φάσης, όταν το μέγεθος των σταγονιδίων είναι της τάξης των 0,5-5 μm και συνεπώς υπάρχει σημαντική διαφορά στο δείκτη διάθλασης της ασυνεχούς και συνεχούς φάσης.

Ένα γαλάκτωμα είναι διαφανές, είτε όταν το γαλάκτωμα έχει σχηματιστεί, με τις δύο φάσεις να έχουν τον ιδανικό δείκτη διάθλασης ή όταν το μέγεθος των σταγονιδίων είναι της τάξης των nm και μικρότερο από το μήκος κύματος του ορατού (400-700 nm). Θεωρητικά αν επιτευχθεί η ανάμιξη μίας λιπαρής φάσης με μία υδατική η οποία έχει τον ίδιο δείκτη διάθλασης, αυτό θα οδηγήσει σε παρασκευή διαφανούς γαλακτώματος.

- **Αγωγιμότητα Γαλακτωμάτων**

Η αγωγιμότητα ενός γαλακτώματος καθορίζεται από την αγωγιμότητα της συνεχούς φάσης. Συγκεκριμένα ένα γαλάκτωμα νερού-σε-έλαιο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού, ενώ ένα

γαλάκτωμα έλαιο-σε-νερό είναι καλός αγωγός. Η μέτρηση της αγωγιμότητας θεωρείται μία ακόμη μέθοδο για τον καθορισμό του είδους του γαλακτώματος.

• Ιξώδες Γαλακτωμάτων

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το ιξώδες ενός είναι:

i. Το μέγεθος των σταγονιδίων του γαλακτώματος

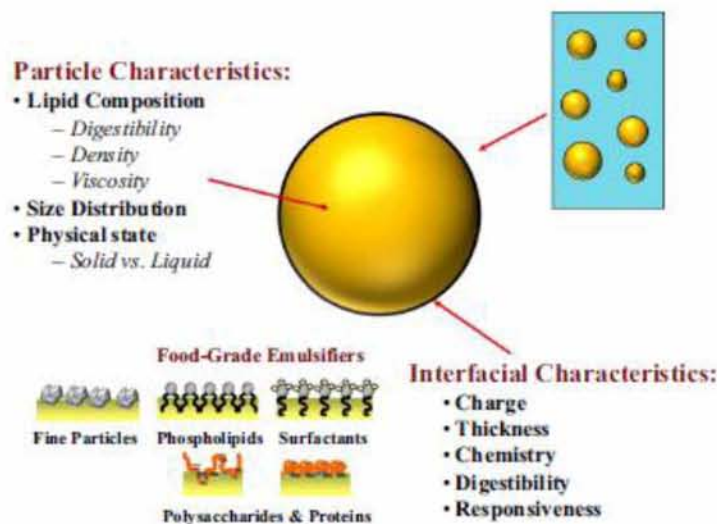
Η μείωση του μεγέθους των σταγονιδίων σχετίζεται με μικρή αύξηση του ιξώδους του γαλακτώματος.

ii. Ο τύπος και η συγκέντρωση του γαλακτωματοποιητή.

iii. Συνήθως το ιξώδες ενός γαλακτώματος είναι αντίστοιχο της συνεχούς φάσης.

iv. Η αναλογία συνεχούς και ασυνεχούς φάσης.

Η αύξηση της συγκέντρωσης της ασυνεχούς φάσης σε σχέση με τη συνεχή προκαλεί αύξηση του ιξώδους. Ακόμη η αύξηση του όγκου της ασυνεχούς φάσης προκαλεί αύξηση του φαινόμενου ιξώδους. Το φαινόμενο αυτό προκαλείται από τη συγκέντρωση μεγάλου αριθμού σωματιδίων στο γαλάκτωμα.



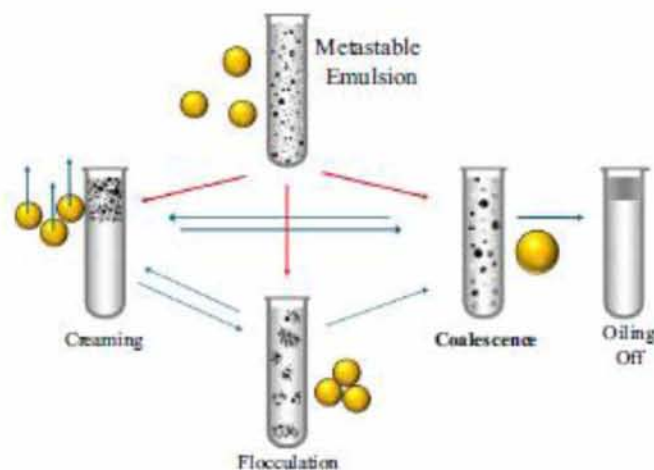
Εικόνα 5. Ιδιότητες παραγόμενων νανογαλακτωμάτων (McClements et al., 2015)

3.5 Σταθερότητα Γαλακτωμάτων

Τα γαλακτώματα, από θερμοδυναμική άποψη είναι ασταθή, και με την πάροδο του χρόνου διαχωρίζονται σε δύο φάσεις, τη λιπαρή και την υδατική.

Η ενέργεια αλληλεπίδρασης $u(h)$ καθορίζει τη σταθερότητα των γαλακτωμάτων. Η ενέργεια αλληλεπίδρασης ορίζεται ως την ενέργεια που απαιτείται για να πλησιάσουν δύο σωματίδια από αρχικά άπειρη απόσταση, σε απόσταση h . Την αλληλεπίδραση αυτή καθορίζουν οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις Van der Waals, οι στερεοχημικές αλληλεπιδράσεις από τα προσροφημένα μόρια. Σε ορισμένα γαλακτώματα οι δυνάμεις ενυδάτωσης και οι υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις μπορούν να έχουν σημαντική επίδραση. Οι απωστικές ηλεκτροστατικές δυνάμεις ανάμεσα στα σταγονίδια οφείλονται στην αλληλοεπικάλυψη των διπλοστοιβάδων των φορτισμένων σταγονιδίων (διπλοστοιβάδα Helmholtz-Smolouckofki). Οι διπλοστοιβάδες σχηματίζονται από τη φορτισμένη επιφάνεια (λόγω ιόντων που προσροφώνται σε αυτή) των σταγονιδίων καθώς και τα αντίθετα φορτισμένα ιόντα του γαλακτωματοποιητή που περιβάλλουν τη φορτισμένη επιφάνεια αυτή. Όταν οι απωστικές δυνάμεις είναι μικρότερες των ελκτικών, το γαλάκτωμα καταστρέφεται.

Τα γαλακτώματα μπορεί να γίνουν ασταθή λόγω βαρυντικού διαχωρισμού (δημιουργίας κρέμας / καθίζησης), της κροκίδωσης, της συσσωμάτωσης, ολικής ή μερικής, της ωρίμανσης κατά Ostwald και της αναστροφής φάσης (McClements *et al.*, 2012).



Εικόνα 6. Φυσικοχημικοί μηχανισμοί αποσταθεροποίησης νανογαλακτωμάτων (καθίζηση, κροκίδωση, συνένωση, Ostwald ωρίμανση) ((McClements *et al.*, 2015)

Η σταθερότητα των γαλακτωμάτων καθορίζεται από:

- το μέγεθος των σταγονιδίων της διασκορπισμένης φάσης,
- τις διεπιφανειακές δυνάμεις,
- τις ιδιότητες ιξώδους της συνεχούς φάσης

- τη διαφορά πυκνότητας μεταξύ των δύο φάσεων.

Η μεταβολή της ελεύθερης ενέργειας του γαλακτώματος σχετίζεται άμεσα με το σχηματισμό του γαλακτώματος (θερμοδυναμική σταθερότητα) και καθορίζοντας αν αυτό είναι θερμοδυναμικά σταθερό ή μη. Όμως το γεγονός ότι δεν δίνει καμία πληροφορία σχετικά με το ρυθμό μεταβολής των ιδιοτήτων του γαλακτώματος σε συνάρτηση με το χρόνο και το είδος των μεταβολών αυτών οδήγησε στην έννοια της κινητικής σταθερότητας. Η κινητική σταθερότητα αναφέρεται σε αυτόν το ρυθμό. Ελέγχεται με σύγκριση δύο γαλακτωμάτων με την ίδια σύνθεση αλλά με διαφορετικό μέγεθος σταγονιδίων. Ένα γαλάκτωμα με μικρότερα σταγονίδια συνήθως έχει μεγαλύτερη κινητική σταθερότητα (και συνεπώς μεγαλύτερη διάρκεια ζωής) από το αντίστοιχο γαλάκτωμα που περιέχει μεγαλύτερα σταγονίδια, αν και τα μικρά σταγονίδια λόγω μεγαλύτερης διεπιφάνειας επαφής εμφανίζουν υψηλή θερμοδυναμική αστάθεια.

Τα τρόφιμα γαλακτώματα υποβάλλονται σε έντονες συνθήκες κατά την παραγωγική διαδικασία (υψηλή θερμοκρασία, πίεση, και μηχανική ανάδευση), με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται οι ιδιότητές τους. Ο σχεδιασμός και πρόβλεψη των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του τελικού γαλακτώματος διασφαλίζουν τον έλεγχο των ιδιοτήτων αυτών κατά τη διάρκεια ζωής του τροφίμου γαλακτώματος.

Το γαλάκτωμα είναι σταθερό, όταν μπορεί να διατηρεί τις φυσικοχημικές παραμέτρου αμετάβλητες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ειδικά για τρόφιμα γαλακτώματα η σταθερότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα, καθορίζει τη διάρκεια ζωής και συνεπώς της εμπορευσιμότητα και το κόστος του προϊόντος.

4 ΒΙΤΑΜΙΝΗ D

Οι βιταμίνες είναι οργανικές ουσίες οι οποίες δρουν ως συστατικά συνενζύμων ή ενζύμων σε διάφορες χημικές αντιδράσεις του οργανισμού. Συμμετέχουν σε βασικές λειτουργίες του οργανισμού όπως η ανάπτυξη και ο μεταβολισμός. Οι ποσότητες που απαιτούνται είναι της τάξεως του mg ή μg ανά ημέρα. Βασική πηγή βιταμινών αποτελεί η τροφή. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες οι λιποδιαλυτές και οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες. (McDowell *et al*, 2000)

Μεταξύ των υδατοδιαλυτών βιταμινών περιλαμβάνονται η βιταμίνη C και η ομάδα των βιταμινών B. Σε ελεύθερη μορφή είναι ανενεργές. Όταν ενωθούν με κάποιο ένζυμο ενεργοποιούνται οπότε σχηματίζεται ένα συνένζυμο το οποίο συνδέεται με κάποια πρωτεΐνη και ακολουθούν οι επόμενες αντιδράσεις. Έχουν διαφορετικό βαθμό διάλυσης στο νερό και με αυτόν τον τρόπο διαφοροποιείται η απορρόφησή τους από το έντερο και, στη συνέχεια, η αποθήκευσή τους στους ιστούς του οργανισμού. (Maurya *et al.*, 2017)

Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες κατανέμονται σε 4 ομάδες A, D, E και K. Κάποιες από αυτές προσφέρονται από την τροφή και άλλες δημιουργούνται από τον οργανισμό. Απορροφούνται στον γαστρεντερικό σωλήνα κι έπειτα ενσωματώνονται με τις λιποπρωτεΐνες.

Μονάδα μέτρησης για τις βιταμίνες A και D είναι η Διεθνής Μονάδα (IU, international unit) και βασίζεται σε μία συγκεκριμένη βιολογική δραστηριότητα. Η δραστηριότητα των βιταμινών E και K εκφράζονται σε mg, όπως και στις υδατοδιαλυτές βιταμίνες. Συγκεκριμένα ισχύει ότι 1μg = 40 i.u.

4.1 Περιγραφή

Η βιταμίνη D, γνωστή και ως 'βιταμίνη της ηλιοφάνειας', είναι λιποδιαλυτή βιταμίνη και συμβάλλει στη διατήρηση της ομοιόστασης του φωσφόρου και του ασβεστίου στα οστά και στο έντερο. Λόγω των ενδοκρινικών δράσεων της, συμπεριφέρεται ως ορμόνη και προστατεύει το μυοσκελετικό σύστημα.

Η βιταμίνη D είναι ένα σύμπλεγμα δύο βιταμινών, της εργοκαλσιφερόλης (D2) η οποία ανευρίσκεται σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης (π.χ. ζυμομύκητες και μανιτάρια) και της χοληκαλσιφερόλης (D3) η οποία λαμβάνεται από τις ζωικές τροφές και σχηματίζεται στο δέρμα υπό

την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UVB). Δεν γίνεται αναφορά στην βιταμίνη D₁, γιατί η ουσία που είχε ονομαστεί βιταμίνη D₁ ήταν στην ουσία ένα μίγμα των υπολοίπων βιταμινών D.

Η βιταμίνη D παράγεται φυσικά στο δέρμα μέσω της δράσης του ηλιακού φωτός στη χοληστερόλη. Η ενεργός μορφή της είναι η (1,25 διυδροξυχοληκαλσιφερόλη) και ανήκει στην κατηγορία των ορμονών, διότι δρα παρόμοια με τις στεροειδείς ορμόνες δηλαδή ρυθμιστικά.

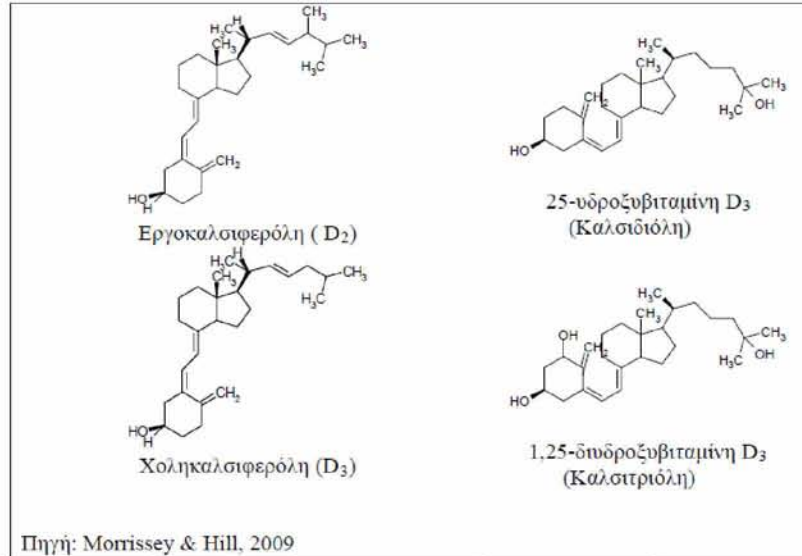
Στα φυτά υπάρχει το στεροειδές εργοστερόλη που ενεργοποιείται με την υπεριώδη ακτινοβολία και οδηγεί στην εργοκαλσιφερόλη (βιταμίνη D₂). Αντίθετα στα ζώα δεν υπάρχει εργοστερόλη αλλά ένα άλλο στεροειδές, η 5,7-χολεστανοδιενόλη (7-δεϋδροχοληστερόλη). Η 7-δεϋδροχοληστερόλη υπάρχει τόσο στην επιδερμίδα των ζώων όσο και του ανθρώπου. Η παρουσία συζυγιακών διπλών δεσμών στο μόριο σε συνδυασμό με την απορρόφηση UV ακτινοβολίας (UV-B, 290-315 nm) οδηγεί στην παρασκευή της προβιταμίνης D₃ (προκαλσιφερόλη).

Το λευκό δέρμα, κατά την έκθεση του ανθρώπινου σώματος στην ηλιακή ακτινοβολία, απορροφά περίπου το 80% της ακτινοβολίας UV-B που προσπίπτουν σε αυτό, ενώ το μαύρο δέρμα απορροφά το 95% περίπου. Η παραγωγή προβιταμίνης D₃ δεν σχετίζεται γραμμικά με την απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας. Εάν συνέβαινε αυτό τότε θα υπήρχε σοβαρός κίνδυνος για την υγεία καθώς υψηλές συγκεντρώσεις βιταμίνης D είναι τοξικές για τον οργανισμό. Στο δέρμα υπάρχει φωτοχημική ρύθμιση της σύνθεσης της προβιταμίνης. Η ηλιακή ακτινοβολία ρυθμίζει την παραγωγή της προβιταμίνης. Η μελανίνη του δέρματος λειτουργεί προστατευτικά όσον αφορά την υπερπαραγωγή προβιταμίνης D η οποία συναγωνίζεται την 7-δεϋδροχοληστερόλη για τα UV-B φωτόνια.

4.2 Χημικές Ιδιότητες – Προσδιορισμός βιταμίνης D

Οι χημικές δομές της βιταμίνης D (Εικόνα 7) δηλαδή η βιταμίνη D₂ και D₃ διαφέρουν μόνο στην πλευρική αλυσίδα στον C-17, όπου στην βιταμίνη D₂ υπάρχει ένας διπλός δεσμός και μια πρόσθετη ομάδα μεθυλίου.

Οι κύριοι μεταβολίτες της βιταμίνης D που υπάρχουν σε τρόφιμα είναι η εργοκαλσιφερόλη και η χοληκαλσιφερόλη, οι προβιταμίνες τους και οι υδροξυλιωμένοι μεταβολίτες τους. Στις μέρες μας ο προσδιορισμός της βιταμίνης γίνεται με υγρή χρωματογραφία (HPLC) η οποία παρουσιάζει αξιόπιστα αποτελέσματα, είναι εύκολη στην εφαρμογή και τέλος μπορεί να ανιχνεύσει τις διαφορετικές μορφές της βιταμίνης D.

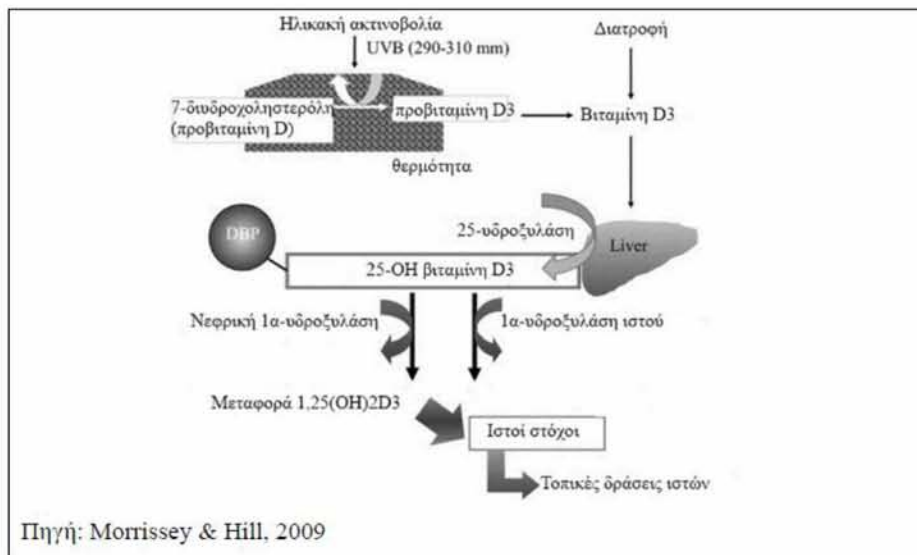


Εικόνα 7. Κυριότεροι μεταβολίτες της Βιταμίνης D

4.3 Φυσιολογικός ρόλος της βιταμίνης D και Μεταβολισμός

Η βιταμίνη D συμβάλλει στον μεταβολισμό του ασβεστίου των οστών και συμμετέχει ώστε να διατηρείται σταθερή η συγκέντρωση του ασβεστίου και του φωσφόρου των εξωκυττάρων και ενδοκυττάρων συγκεντρώσεων. Πρόσφατες μελέτες συνδέουν τη βιταμίνη D και την ομοιοστασία του ασβεστίου με πολλές εξωσκελετικές διαταραχές όπως νευρομυϊκές διαταραχές, ψωρίαση, σκλήρυνση κατά πλάκας και καρκίνο του παχέος εντέρου. Ο ρόλος της 1,25-διυδροξυβιταμίνης D είναι η διατήρηση των επιπέδων ασβεστίου και φωσφόρου στο φυσιολογικά αποδεκτό επίπεδο. Τα φυσιολογικά επίπεδα ορού του ασβεστίου είναι απαραίτητα για την ομαλή επιμετάλλωση των οστών, σύσπαση των μυών, αγωγιμότητας των νεύρων και πολλές άλλες κυτταρικές λειτουργίες.

Ο μεταβολισμός της βιταμίνης D γίνεται πρώτα στο ήπαρ και μετά σε συγκεκριμένα νεφρικά κύτταρα με την προσθήκη υδροξυλικών ομάδων.



Εικόνα 8. Μεταβολισμός βιταμίνης D

Η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D (καλσιτριόλη) συντίθεται στους νεφρούς, και θεωρείται η ενεργή μορφή της βιταμίνης D ενώ λειτουργεί ως στεροειδής ορμόνη. Έχει πολλές ρυθμιστικές δράσεις, στις οποίες αποτελεί απαραίτητο αλλά όχι επαρκή παράγοντα για τη α) Σύθεση και απέκκριση των παραθυρεοειδών και θυρεοειδών ορμονών, β) Απέκκριση της ινσουλίνης, γ) Διαφοροποίηση των μονοκυττάρων πρόδρομων κυττάρων, δ) Αναστολή της παραγωγής ιντερλευκίνης μέσω των ενεργοποιημένων T-λεμφοκυττάρων και της ανοσοσφαιρίνης μέσω των ενεργοποιημένων B-λεμφοκυττάρων και ε) Ρύθμιση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού.

Η βιταμίνη D συνδέεται και με την καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Επίσης, η μεγάλη παραγωγή 1,25-διυδροξυβιταμίνης D συμβάλλει στη σύνθεση της καθελιδίνης, ένα πεπτιδίδιο ικανό να καταστρέψει το μικρόβιο της φυματίωσης, καθώς και άλλους λοιμώδεις παράγοντες. Όταν τα επίπεδα της 1,25-υδροξυβιταμίνης D μειωθούν κάτω από 20ng/ml τότε δεν λειτουργεί σωστά η ενδογενής ανοσολογική απόκριση. Γι' αυτό το λόγο η μαύρη φυλή με χαμηλότερα επίπεδα βιταμίνης D είναι πιο επιρρεπής στην εμφάνιση φυματίωσης από την λευκή φυλή. Τέλος, η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D συντελεί στην αύξηση της παραγωγής ινσουλίνης και της συστατικότητας του μυοκαρδίου.

4.4 Πηγές & Ημερήσιες Ανάγκες

Οι σπουδαιότερες πηγές της βιταμίνης D, είναι τα ιχθυέλαια και ιδιαίτερα τα ηπατέλαια των ψαριών όπως επίσης και τα έλαια του σώματος των ψαριών είναι πολύ πλούσια σε βιταμίνη

D. Η πλουσιότερη πηγή είναι το μωρουνέλαιο που περιέχει επίσης και μεγάλες ποσότητες βιταμίνης A. Οι τροφές με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη D είναι:

- τα λιπαρά ψάρια (π.χ. σολομός, σκουμπρί, σαρδέλες),
- ο κρόκος του αυγού
- εμπλουτισμένα τρόφιμα όπως η φυτική μαργαρίνη, το γάλα, ο χυμός πορτοκαλιού, τα δημητριακά και κάποια αρτοσκευάσματα.

Η ανεπάρκεια της βιταμίνης D μπορεί να οφείλεται τόσο στην μειωμένη πρόσληψη βιταμίνης D από την διατροφή, όσο και στην ανεπαρκή σύνθεση της από το δέρμα υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D (25- υδροξυβιταμίνη D <20ng/ml στο πλάσμα) στους ενήλικες, μπορεί να συμβάλλουν στην ανάπτυξη χρόνιων ασθενειών, όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, υπέρταση, σακχαρώδη διαβήτη τύπου I και II, σκλήρυνση κατά πλάκας και ψυχιατρικές ασθένειες (κατάθλιψη και σχιζοφρένεια) καθώς και καρκίνο του προστάτη, στήθους ή παχέος εντέρου.

Στις μέρες μας η εκτίμηση της επάρκειας της βιταμίνης D γίνεται με μέτρηση της 25(OH)D του ορού. Οι μέθοδοι δεν έχουν επαρκώς τυποποιηθεί και λείπουν τα στοιχεία από διεθνείς συγκριτικές μελέτες. Ένα ακόμη πρόβλημα στην εκτίμηση της επάρκειας των επιπέδων βιταμίνης D, αποτελεί η χρησιμοποίηση από τους επιστήμονες διαφορετικών πληθυσμών αναφοράς στις κατά καιρούς έρευνες. Οι φυσιολογικές τιμές έχουν βασιστεί σε υγιείς ενήλικες και αρκετοί συγγραφείς προτείνουν να θεωρείται έλλειψη βιταμίνης D επίπεδο χαμηλότερο από 12 ng/ml, μια τιμή που βρίσκεται συνήθως σε άτομα που εκτίθενται στον ήλιο. Υπάρχει όμως η τάση να αυξάνεται το κατώτερο φυσιολογικό όριο. Τα νεότερα στοιχεία καταδεικνύουν ως κατώτερο όριο της 25(OH)D τουλάχιστον για ενήλικες μεγαλύτερους από 49 ετών, 20ng/ml.

Πίνακας 2. Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Βιταμίνης D

Φύλο	Vitamin D (µg/d)			
	Ηλικία	ΣΗΔ ¹	ΑΕ ²	ΥΜΑ ³
Αντρες	9-13	15	100	10
	14-18	15	100	10
	19-30	15	100	10
	31-50	15	100	10
	51-70	15	100	10
	>70	20	100	10
Γυναίκες	9-13	15	100	10
	14-18	15	100	10
	19-30	15	100	10
	31-50	15	100	10
	51-70	15	100	10
	>70	20	100	10

Πηγή: (Food and Nutrition Board Institute of Medicine, National Academies, 2012)

4.5 Βιταμίνη D - Δράση – Ωφέλειες

Στο σώμα η βιταμίνη D μεταβολίζεται σε 1,25 διυδροξυχοληκαλσιφερόλη, η οποία μαζί με την παραθορμόνη και την καλσιτονίνη ρυθμίζει τη συγκέντρωση του ασβεστίου στο πλάσμα του αίματος. Η 1,25 διυδροξυχοληκαλσιφερόλη κατατάσσεται στη βιβλιογραφία στις ορμόνες, γιατί η δράσης της προσομοιάζει με τη δράση των στεροειδών ορμονών, για αυτό και πολλές από τις λειτουργίες της βιταμίνης D σχετίζονται με την δράση της αυτή.

Η κύρια δράση λοιπόν της βιταμίνης D (επίπεδα ασβεστίου στο αίμα) λαμβάνει χώρα μέσω της απορρόφησης του ασβεστίου και του φωσφόρου από το έντερο, καθώς και μέσω της απελευθέρωσης των μετάλλων ασβεστίου και φωσφόρου από τα οστά. Όταν απαιτείται να διορθωθεί η φυσιολογική αναλογία ασβεστίου/φωσφόρου στο σώμα, η βιταμίνη D αυξάνει και την έκκριση φωσφόρου (όχι ασβεστίου) από τα νεφρά.

Με βάση τις νεότερες οδηγίες της EFSA (Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων της Ευρωπαϊκής Ένωσης) η ημερήσια συνιστώμενη πρόσληψη βιταμίνης D έχει καθοριστεί στις 400IU (International Units) ή στα 10µg για τα βρέφη 7-11 μηνών και στις 600IU (15µg) για τα άτομα ηλικίας ενός έτους και άνω συμπεριλαμβανομένων των εγκύων και των θηλαζουσών. Το Ινστιτούτο Ιατρικής των ΗΠΑ συστήνει την πρόσληψη των 800IU (20µg) για τα άτομα ηλικίας 71 ετών και άνω.

Σύμφωνα με την Αμερικανική Ενδοκρινολογική Εταιρεία, για την βιταμίνη D στον ανθρώπινο οργανισμό θεωρούνται:

- «επαρκείς» οι ποσότητες της 25(OH)D (δείκτης αποθηκευμένων ποσοτήτων της βιταμίνης στον οργανισμό) δηλαδή > 30 ng/ml.
- «σχετική ανεπάρκεια» ορίζεται όταν οι συγκεντρώσεις της βιταμίνης είναι στα επίπεδα από 20 έως 30 ng/ml.
- «έλλειψη» ορίζεται όταν οι συγκεντρώσεις της βιταμίνης είναι κάτω από 20 ng/ml,
- «σοβαρή έλλειψη» ορίζεται όταν οι συγκεντρώσεις της βιταμίνης είναι κάτω από 10 ng/ml.

Η έκθεση στον ήλιο ενισχύει την παραγωγή της βιταμίνης D από τον οργανισμό. Παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα έχει από τις μεγαλύτερα ποσοστά ηλιοφάνειας από πολλές άλλες χώρες ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού δεν εξασφαλίζει τη συνιστώμενη ποσότητα βιταμίνης D.

Σε σχετικά πρόσφατη μελέτη στην οποία συμμετείχαν 840 υγιείς γυναίκες ηλικίας 20-86 ετών από αστικές και αγροτικές περιοχές της Ελλάδας διαπιστώθηκε ότι το 88% είχαν τιμές βιταμίνης D χαμηλότερες των 30ng/ml, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για λήψη μέτρων.

Κάποιοι από τους παράγοντες είναι οποίοι ενοχοποιούνται για την έλλειψη βιταμίνης D, είναι:

1. Οι αυστηρές συστάσεις για αποφυγή της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία στα πλαίσια προστασίας του καρκίνου του δέρματος και η χρήση αντηλιακών σκευασμάτων με υψηλό δείκτη προστασίας που εμποδίζουν τον σχηματισμό της βιταμίνης στο δέρμα.
2. Το γεωγραφικό πλάτος της Ελλάδας (35ο – 40ο) το οποίο δεν επιτρέπει την επαρκή σύνθεση της βιταμίνης, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια του χειμώνα.
3. Το σκούρο δέρμα των λαών της Μεσογείου το οποίο εμποδίζει την σύνθεση βιταμίνης D.
4. Το ελαιόλαδο ως βασική πηγή λίπους το οποίο όμως δεν περιέχει βιταμίνη D.
5. Η ατμοσφαιρική ρύπανση η οποία λειτουργεί ως φίλτρο κατά της ηλιακής ακτινοβολίας.
6. Η μειωμένη ικανότητα ενδογενούς παραγωγής βιταμίνης D με την αύξηση της ηλικίας, κτλ.

Η ανεπάρκεια βιταμίνης D αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα υγείας. Η υποβιταμίνωση D είναι παράγοντας κινδύνου για θνησιμότητα του γενικού πληθυσμού. Η σοβαρή έλλειψη της βιταμίνης D προκαλεί μείωση της εναπόθεσης ασβεστίου και μετάλλων στα οστά με

αποτέλεσμα την εμφάνιση ραχίτιδας στα παιδιά και οστεομαλάκυνσης στους ενήλικες. Επιπλέον, η μείωση των επιπέδων βιταμίνης D προκαλεί αύξηση της παραθορμόνης (PTH), ορμόνης του παραθυρεοειδή αδένος (δευτεροπαθής υπερπαραθυρεοειδισμός), η οποία μακροπρόθεσμα οδηγεί σε οστεοπόρωση και αύξηση της συχνότητας των καταγμάτων.

Η έλλειψη της βιταμίνης D συνδέεται επίσης με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης αυτοάνοσων νοσημάτων (σκλήρυνση κατά πλάκας, διαβήτης τύπου I, κτλ.). Τα χαμηλά επίπεδα της βιταμίνης D φαίνεται να σχετίζονται με καρδιαγγειακές ασθένειες και κάποιες μορφές καρκίνου όπως του εντέρου και του μαστού, καθιστώντας αντιληπτό πως η εν λόγω βιταμίνη δεν είναι απαραίτητη μόνο για την σκελετική υγεία του ανθρώπου.

Περίπου το 50% του συνολικού πληθυσμού της γης εμφανίζουν κάποιου βαθμού ανεπάρκειας της βιταμίνης D

Η έλλειψη της βιταμίνης D μπορεί να οφείλεται σε

- μειωμένη έκθεση στον ήλιο
- ανεπαρκή πρόσληψη,
- ανωμαλίες που περιορίζουν την απορρόφηση της
- καταστάσεις που εμποδίζουν τη μετατροπή της βιταμίνης στους ενεργούς μεταβολίτες της, συμπεριλαμβανομένης της ηπατικής και νεφρικής δυσλειτουργίας.

5 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

5.1 Εισαγωγή

Τα «φυτικά ροφήματα» αποτελεί το επίσημο όνομα των προϊόντων που στην καθομιλουμένη αποκαλούμε «φυτικό γάλα». Η ποικιλία «φυτικών ροφημάτων» που είναι διαθέσιμη στους καταναλωτές της Ελλάδας αυξάνεται με ταχύ ρυθμό. Τα φυτικά ροφήματα είναι διαθέσιμα, εδώ και τουλάχιστον 10 χρόνια, σε καταστήματα ειδών υγιεινής διατροφής και βιολογικών προϊόντων, αλλά πλέον διατίθενται και στα supermarkets. Αρχικά είδαμε στα ράφια τους κάποιες ξένες εμπορικές επωνυμίες, εδραιωμένες στον κλάδο των φυτικών ροφημάτων (Valsoia, Alpro, Pronamel) και τελευταία παρατηρούμε και παραδοσιακές ελληνικές γαλακτοβιομηχανίες να δημιουργούν σειρές φυτικών προϊόντων που φέρουν το ήδη γνωστό όνομά τους. Η πρώτη στην Ελλάδα ήταν η Όλυμπος και πρόσφατα ακολούθησε η Δέλτα.

Σύμφωνα με απόφαση του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου, που χρονολογείται από τον Ιούνιο του 2017, οι εταιρείες που παράγουν 'γάλα' από καλλιεργούμενα φυτά (όπως αμύγδαλο και σόγια), πρέπει να ανακατασκευάσουν τα προϊόντα τους χωρίς τη λέξη γάλα.

Το αγελαδινό γάλα θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής πολλών ανθρώπων. Καταναλώνεται ως ρόφημα, αποτελεί μέρος του πρωινού τους με δημητριακά, προστίθεται στο τσάι, στον καφέ, στα smoothies. Αν και δημοφιλής επιλογή για πολλούς, υπάρχουν ορισμένοι άνθρωποι που δεν μπορούν ή έχουν επιλέξει να μην πίνουν γάλα λόγω προσωπικών προτιμήσεων, διαιτητικών περιορισμών, αλλεργιών ή δυσανεγιών. Ωστόσο υπάρχουν πολλές διαθέσιμες εναλλακτικές μη ζωικής προέλευσης. Εναλλακτικά προϊόντα για την υποκατάσταση του ζωικού γάλακτος είναι ροφήματα που παράγονται από ξηρούς καρπούς και σπόρους (αμύγδαλο, αρακάς, φουντούκι, καρύδι, καρύδα, φιστίκι Αιγίνης (pistachio), σουσάμι, σπόροι τσία, ηλιόσποροι, σπόροι βρώσιμης κάνναβης) δημητριακά (ρύζι, κινόα, βρώμη), ή όσπρια (σόγια, φιστίκι αραχίδα (groundnut)) (Bridges *et al*, 2018).

5.2 Φυτικό Ρόφημα Σόγιας

5.2.1 Χημική Σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

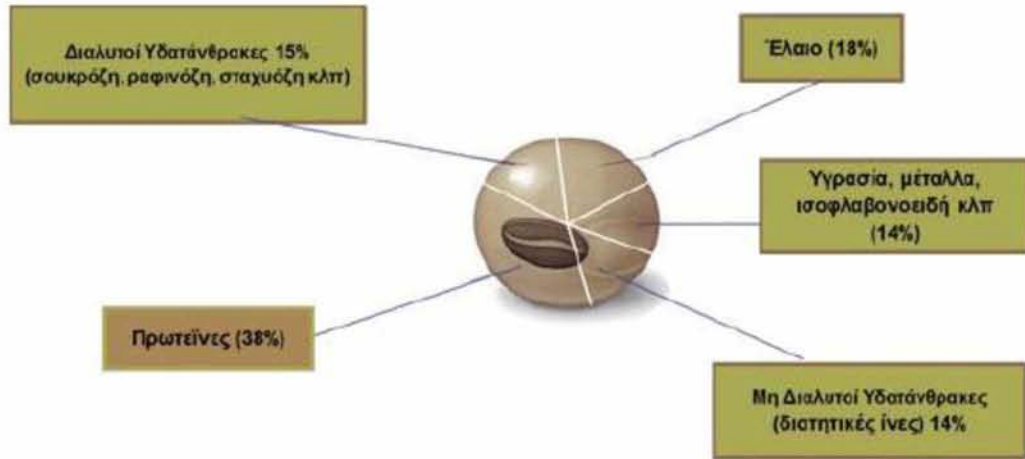
Οι καρποί σόγιας χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο εδώ και χιλιάδες χρόνια ενώ η παραγωγή ροφήματος σόγιας λαμβάνει χώρα στην Κίνα εδώ και 2000 χρόνια. Το φυτικό ρόφημα σόγιας είναι πλούσιο σε φυτικές πρωτεΐνες και ίνες.

Πίνακας 2. Χημική σύσταση αγελαδινού γάλακτος και ροφήματος σόγιας

Σύσταση ανά 100gr	Αγελαδινό γάλα		Γάλα σόγιας
	Πλήρες	Ημι-άπαχο	
Πρωτεΐνη	3,4 g	3,5 g	3,6 g
Λιπαρά	3,5 g	1,5 g	2,3 g
Υδατάνθρακες	4,6 g	5,4 g	3,4 g
kJ	269	208	204
kcal	64	49	49
Χοληστερίνη	10 mg	5 mg	0
Λακτόζη	4,6 g	5,4 g	0
Σύσταση λιπαρών οξέων			
Κορεσμένα	63,50%	63,50%	14,00%
Πολυακόρεστα	3,00%	3,00%	63,50%
Μονοακόρεστα	33,50%	33,50%	21,60%

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι το ρόφημα σόγιας είναι πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (ω -3 λιπαρά οξέα, α -λινολενικό οξύ) σε σχέση με το πλήρες γάλα και έχει μικρή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Επίσης είναι πλούσιο σε αμινοξέα, βιταμίνες, μέταλλα και ιχνοστοιχεία. Τα θρεπτικά συστατικά του αλλά και το γεγονός ότι μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική λύση αντί για κρέας, γαλακτοκομικά προϊόντα και σνακ το καθιστά ακόμη πιο δημοφιλές ρόφημα, ειδικά για τους χορτοφάγους. (Sethi *et al.*, 2016)

Ο καρπός της σόγιας περιέχει 38% πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, 14% αδιάλυτους και 15% διαλυτούς υδατάνθρακες, 18% λιπαρές ύλες και όλα τα απαραίτητα αμινοξέα (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Ανάλυση σύστασης καρπού σόγιας

Η παρουσία ισοφλαβονών συμβάλλει στην πρόληψη διαφόρων μορφών καρκίνου. Μία κούπα (240ml) άγλυκου ροφήματος σόγιας περιέχει 80-90 θερμίδες, 4-4.5 g λιπαρών, 7-9 g πρωτεΐνης και 4 g υδατανθράκων. Υπό όρους θρεπτικών στοιχείων, το ρόφημα σόγιας είναι πιο κοντά στο αγελαδινό γάλα. Περιέχει παρόμοια ποσότητα πρωτεϊνών, αλλά περίπου το μισό αριθμό θερμίδων, λιπαρών και υδατανθράκων. Είναι επίσης μία από τις λίγες πηγές πρωτεΐνης υψηλής ποιότητας φυτικής προέλευσης, που παρέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα. Αυτά δεν μπορούν να παραχθούν από τον οργανισμό και πρέπει να αποκτηθούν από τη διατροφή. Αυτό μπορεί να κάνει το ρόφημα σόγιας πιο χορταστικό και μια καλή επιλογή μετά την προπόνηση που βοηθάει στην οικοδόμηση της μυϊκής μάζας του σώματος. Είναι επίσης μια καλή πηγή καλίου, το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην προφύλαξη από υψηλή αρτηριακή πίεση και εγκεφαλικό επεισόδιο. Τα ελάχιστα κορεσμένα λιπαρά και η απουσία γαλακτόζης, το καθιστά ικανό να αντικαταστήσει το μητρικό γάλα στα παιδιά που εμφανίζουν γαλακτοζαιμία. Επίσης είναι ασφαλές για τα άτομα με δυσανεξία στη λακτόζη. Επειδή είναι φυτικής προέλευσης, δεν συνδέεται με θέματα συνθηκών διαβίωσης των ζώων και τα αναπτυσσόμενα φυτά σόγιας απορροφούν άνθρακα αντί να τον εκπέμπουν. (Kundu *et al.*, 2018)

Υπάρχουν όμως και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως ότι η περιεκτικότητα σε σάκχαρα μπορεί να είναι υψηλή, ιδιαίτερα στις πιο γευστικά σκευάσματα (όπως με γεύση σοκολάτας). Ορισμένες μάρκες περιέχουν πρόσθετα έλαια όπως το canola, το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην αυξημένη πρόσληψη θερμίδων. Μια ομάδα υδατανθράκων που ονομάζονται ολιγοσακχαρίτες και βρίσκονται στο γάλα σόγιας, μπορεί να προκαλέσει δυσφορία στο στομάχι.

Από την άλλη πλευρά, η σόγια έχει γίνει μία από τις πιο αμφιλεγόμενες τροφές παγκοσμίως και οι άνθρωποι συχνά ανησυχούν για τις επιδράσεις της στον οργανισμό μας. Αυτό οφείλεται

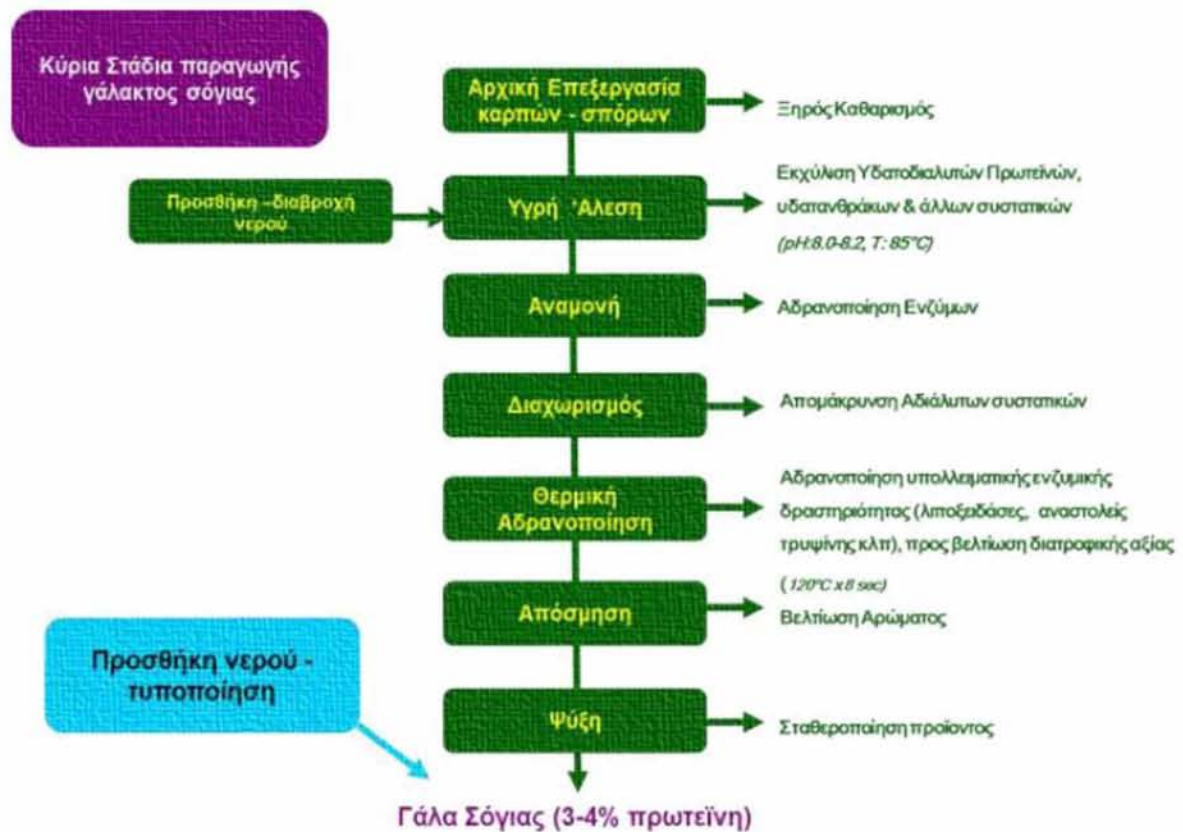
κυρίως στις μεγάλες ποσότητες ισοφλαβόνων στη σόγια. Αυτές μπορούν να επηρεάσουν τους υποδοχείς οιστρογόνων στο σώμα και στη λειτουργία των ορμονών. Αν και αυτό το ζήτημα ακόμα δεν έχει απαντηθεί, δεν υπάρχουν ακόμα πειστικά δεδομένα που να υποστηρίζουν ότι οι μέτριες ποσότητες σόγιας ή του ροφήματός της μπορεί να προκαλέσει βλάβες στον άνθρωπο.

5.2.2 Διαδικασία Παραγωγής

Παραδοσιακά οι καρποί της σόγιας πλένονται και παραμένουν στο νερό για 12 ώρες. Στη συνέχεια αλέθονται και προστίθεται κρύο νερό. Ο αραιός πολτός που δημιουργείται θερμαίνεται, πιέζεται και συσκευάζεται. Αυτό το προϊόν έχει βαριά γεύση και οσμή φασολιού, ενώ παρουσιάζει αλευρώδη αίσθηση στο στόμα. Αυτές οι ανεπιθύμητες οσμές (off flavors) προέρχονται από αλδεϋδες και κετόνες, οι οποίες παράγονται κατά την καταλυτική ενζυμική οξειδωση του ελαίου της σόγιας. Κατά την παραδοσιακή μέθοδο παραγωγής ροφήματος σόγιας το προϊόν συσκευάζεται και καταναλώνεται απευθείας.

Σε βιομηχανική κλίμακα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10, αρχικά γίνεται ξηρός καθαρισμός των καρπών σόγιας. Ακολουθεί προσθήκη νερού στους 85°C παρουσία ή μη διττανθρακικού νατρίου, διαβροχή των σπόρων και υγρή άλεση αυτών. Στο στάδιο αυτό απομακρύνονται μέσω του νερού τα υδατοδιαλυτά συστατικά όπως πρωτεΐνες, υδαάνθρακες κ.α. Στη συνέχεια γίνεται η αδρανοποίηση των ενζύμων όπως οι λιποξειδάσες που είναι η αιτία δημιουργίας άσχημης οσμής στο προϊόν και της θρυψίνης η οποία ελαττώνει τη μετατρεψιμότητα της πρωτεΐνης. Στη συνέχεια απομακρύνονται τα αδιάλυτα συστατικά με φυγοκέντρηση. Ακολουθεί θερμική αδρανοποίηση της υπολειμματικής ενζυμικής δραστηριότητας, απόσπηση και ψύξη. Στο προϊόν που προκύπτει γίνεται προσθήκη νερού ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή συγκέντρωση πρωτεΐνης (3-4%) . Τέλος συντελείται θερμική επεξεργασία, συνήθως UHT, και ασηπτική συσκευασία του τελικού ροφήματος. ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο οι χημικές, φυσικές και οργανοληπτικές μεταβολές. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από το αντίστοιχο παστεριωμένο προϊόν. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2009) το γάλα μακράς διάρκειας υφίσταται θερμική επεξεργασία είτε με την κλασική μέθοδο αποστείρωσης αποστείρωσης (π.χ. 115-125°C για 20-30 λεπτά) ή με τη μέθοδο της υπερυψηλής θέρμανσης (Ultra High Temperature- UHT) οπότε θερμαίνεται στους 135°C (η ελάχιστη) επί 1 τουλάχιστον δευτερόλεπτο και έχει ως σκοπό την καταστροφή όλων των υπολειπομένων μικροοργανισμών και των σπορίων τους. Οι παραπάνω συνδυασμοί θερμοκρασίας - χρόνου προκαλούν τη θανάτωση όλων των μικροοργανισμών και των σπορίων τους, όμως

επηρεάζουν τη φυσικοχημική σταθερότητα, το χρώμα και τη γεύση του προϊόντος καθώς και τη θρεπτική αξία του. Κάποιες από τις αλλαγές είναι αντιστρεπτές και κάποιες όχι. Οι αλλαγές αυτές είναι ηπιότερες όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος UHT, γι' αυτό και προτιμάται έναντι της κλασικής αποστείρωσης. (Sethi *et al.*, 2016)



Εικόνα 10. Διαδικασία παραγωγής ροφήματος σόγιας (Sethi *et al.*, 2016)

5.3 Φυτικό Ρόφημα Βρώμης

5.3.1 Χημική Σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

Το ρόφημα βρώμης είναι φυσικά γλυκό και ήπιο στη γεύση. Μία κούπα (240ml) περιέχει 140-170 θερμίδες, 4.5–5 γραμμάρια λιπαρών, 2.5–5 γραμμάρια πρωτεϊνών και 19-29 γραμμάρια υδατανθράκων. Η βρώμη περιέχει 60% άμυλο, 11-15% συνολική πρωτεΐνη, 509% λίπη, 2,3-8,5% φυτικές ίνες και 0,54% ασβέστιο. (Sethi *et al.*, 2016). Η βρώμη έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας. Επίσης η περιεκτικότητά σε βιταμίνες και μέταλλα είναι σημαντική. Τα 250ml ροφήματος περιέχουν το 35% της συνιστώμενης ημερήσιας ποσότητας σε ασβέστιο. Ακόμα περιέχει 2,5g λιπαρών υλών με απουσία κορεσμένων λιπαρών

οξέων. Από έρευνες προκύπτει ότι συστηματική κατανάλωση ροφήματος βρώμης για 35 ημέρες, μειώνει τα επίπεδα της LDL χοληστερίνης σε άτομα που πάσχουν από υπερχοληστερολαιμία (Taylor *et al.*, 2015)

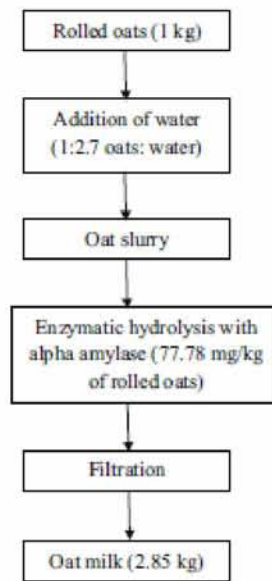
Το ρόφημα βρώμης περιέχει παρόμοιο αριθμό θερμίδων με το αγελαδινό, σχεδόν διπλούς υδατάνθρακες και σχεδόν τη μισή ποσότητα πρωτεϊνών και λιπαρών. Επίσης εμφανίζει υψηλά επίπεδα φυτικών ινών και β- γλυκάνης, ένα τύπο διαλυτών ινών που διαμορφώνει ένα λεπτό τζελ καθώς περνά από το έντερο.

Η β- γλυκάνη προσδένεται στη χοληστερόλη, μειώνοντας την απορρόφησή του από τον οργανισμό. Βοηθά στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης, ειδικά της «κακής», που συνδέεται με αυξημένο ρίσκο καρδιακών νόσων. Μία έρευνα με άνδρες συμμετέχοντες βρήκε ότι η κατανάλωση 750 ml ροφήματος βρώμης καθημερινά για πέντε εβδομάδες μείωσε τη συνολική χοληστερόλη τους κατά 3% και την LDL κατά 5%. Επιπλέον, οι έρευνες έχουν αποδείξει ότι η β-γλυκάνη βοηθά στην αύξηση της αίσθησης κορεσμού και μειώνει το σάκχαρο στο αίμα μετά από ένα γεύμα. Το ρόφημα βρώμης είναι επίσης φθινό και εύκολο στην προετοιμασία.

Επιπλέον, ενδιαφέρει ιδιαίτερα το γεγονός ότι μπορεί να καταναλωθεί από άτομα που εμφανίζουν αλλεργική αντίδραση στις πρωτεΐνες του γάλακτος, δυσανεξία στη λακτόζη καθώς επίσης και δυσανεξία στη γλουτένη (Taylor *et al.*, 2015)

5.3.2 Διαδικασία Παραγωγής

Παραδοσιακά κατά τη διαδικασία παρασκευής του ροφήματος βρώμης αρχικά πλένονται και ενυδατώνονται οι σπόροι. Μετά την απομάκρυνσή του νερού και διαφόρων υδατοδιαλυτών συστατικών οι σπόροι αλέθονται μαζί με νερό σε αναλογία νερό : βρώμη 3:1. Στη συνέχεια το μίγμα φιλτράρεται και η συνεχίζεται η διαδικασία της άλεσης μέχρι να επιτύχουμε την επιθυμητή υφή. Στο τελικό προϊόν μπορεί να προστεθεί μέλι ή άλλες γλυκαντικές ύλες, πρόσθετα γεύσης όπως βανίλια ή άλλα πρόσθετα αρώματος. (Sethi *et al.*, 2016)



Εικόνα 11. Διαδικασία παραγωγής ροφήματος βρώμης (Sethi et al., 2016)

Σε βιομηχανική κλίμακα το ρόφημα βρώμης είναι προϊόν άλεσης και φιλτραρίσματος ώστε να απομακρυνθούν οι σπόροι από το υδατικό μέσο. Η διαδικασία παραγωγής βασίζεται σε ενζυμικές μεθόδους κατεργασίας των σπόρων βρώμης, ακολουθούμενη από ενζυμική κατεργασία με β-αμυλάση. Μετά την ενζυμική δραστηριότητα που στοχεύει στην περιεχόμενη μαλτόζη αλλά και σε β-υδατάνθρακες, οι αδιάλυτες φυτικές ίνες διαχωρίζονται και στο τελικό προϊόν μπορεί να γίνει περαιτέρω προσθήκη άλλων θρεπτικών συστατικών, ελαίων ή πρόσθετων αρώματος και γεύσης. Το άμυλο αποτελεί το μεγαλύτερο συστατικό των σπόρων βρώμης (55-60%) με θερμοκρασία ζελατινοποίησης που κυμαίνεται σε εύρος 44,7-73,7 °C. Αυτό όμως το υψηλό ποσοστό αμύλου δημιουργεί πρόβλημα σχηματισμού ενός σταθερού γαλακτώματος κατά τη διαδικασία θερμικής επεξεργασίας. Κατά την εφαρμογή θερμοκρασίας, το άμυλο αρχίζει να ζελατινοποιείται και το υγρό μίγμα αρχίζει να μετατρέπεται σε τζελ με υψηλό ιξώδες. Προκειμένου να διατηρηθεί η ρευστότητα του μίγματος στα επιθυμητά επίπεδα γίνεται ενζυμική υδρόλυση του αμύλου με α-αμυλάση όπως φαίνεται στην Εικόνα 11 Το ρόφημα βρώμης είναι διαθέσιμο σε κατάλληλες Tetra Pack συσκευασίες και είναι προϊόν υπερ-υψηλής θερμικής επεξεργασίας (Ultra High Temperature- UHT).

5.4 Φυτικό Ρόφημα Αμυγδάλου

5.4.1 Χημική σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

Το ρόφημα αμυγδάλου φτιάχνεται από ολόκληρα αμύγδαλα ή βούτυρο αμυγδάλου και νερό. Έχει ανάλαφρη υφή, ήπια, γλυκιά και βουτυρώδη γεύση. Το γάλα από αμύγδαλο είναι καλή πηγή μαγνησίου, το οποίο είναι απαραίτητο για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού καθώς συνδέεται με την καταλυτική δράση πληθώρας ενζύμων. Επίσης είναι πλούσιο σε ασβέστιο, βιταμίνη E, μαγγάνιο και σελήνιο. Το γάλα αμυγδάλου καλύπτει το 30% της ημερήσιας ποσότητας ασβεστίου που χρειάζεται ο οργανισμός μας. Η βιταμίνη E είναι ένα αντιοξειδωτικό που προστατεύει τις κυτταρικές μεμβράνες. Το σελήνιο είναι καλό για το ανοσοποιητικό μας σύστημα. Επίσης προλαμβάνει τις αλλοιώσεις των κυττάρων και των ιστών. Το αμυγδαλέλαιο είναι επίσης μια καλή πηγή ακόρεστου λίπους, πρωτεΐνης, φλαβονοειδών και καλίου και έχει λιγότερη ζάχαρη από το ρόφημα σόγιας.

Μία κούπα ροφήματος αμυγδάλου χωρίς προσθήκη γλυκαντικών περιέχει 30-35 θερμίδες, 2.5 γραμμάρια λιπαρών, 1 γραμμάριο πρωτεΐνης και 1-2 γραμμάρια υδατανθράκων. Σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα, περιέχει κατά 25% λιγότερες θερμίδες και κατά 50% λιγότερα λιπαρά αποτελώντας καλή επιλογή για όσους θέλουν ή χρειάζεται να μειώσουν τις θερμίδες που καταναλώνουν. Έχει επίσης σημαντικά λιγότερες πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. (Kundu *et al.*, 2018).

Από την άλλη πλευρά, το ρόφημα αμυγδάλου είναι μια πολύ λιγότερο συμπυκνωμένη πηγή ευεργετικών θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με τα ολόκληρα αμύγδαλα καθώς παρασκευάζεται κυρίως από νερό και μικρή ποσότητα καρπού. Επίσης, το ρόφημα αμυγδάλου έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε νάτριο σε σχέση με άλλες εναλλακτικές λύσεις γαλακτοκομικών (150 έως 180 mg ανά φλυτζάνι) αλλά και το αγελαδινό γάλα που έχει περίπου 100 mg νατρίου ανά φλυτζάνι.

5.4.2 Διαδικασία Παραγωγής

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι παραγωγής ροφήματος αμυγδάλου τόσο σε οικιακή όσο και σε βιομηχανική κλίμακα. Το ρόφημα αμυγδάλου παρασκευάζεται από ώριμους καρπούς αμυγδάλων. Γενικά η διαδικασία περιλαμβάνει το στάδιο της διαβροχής των ώριμων καρπών, της άλεσης και ανάμειξης με το νερό με στόχο τη δημιουργία λάσπης αμυγδάλου στην οποία προστίθεται ή όχι γλυκαντικό μέσο.

Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Πατέντα US 5656321 η παραγωγή του ροφήματος αμυγδάλου περιλαμβάνει θέρμανση ενός υδατικού εναιωρήματος της μερικώς αποβουτυρωμένης σκόνης

αμυγδάλου, σε αναλογία $8\pm 1\%$, αναμεμιγμένο με περίπου 0,1% σταθεροποιητή υδατικής φάσης στους 90°C , για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται ώστε να διαλυθούν τα επιμέρους συστατικά. Στη συνέχεια γίνεται άλεση στην υδατική φάση και φυγοκέντριση προκειμένου να απομακρυνθούν σωματίδια μεγαλύτερης από την επιθυμητή διαμέτρου. Τέλος το προϊόν αποστειρώνεται με την UHT (Ultra High Temperature) θερμική επεξεργασία και ομογενοποιείται στα 180000 hPa κατά τη διάρκεια της ψύξης, ενώ συσκευάζεται με ασηπτική διαδικασία.

Το προϊόν χαρακτηρίζεται από απουσία λακτόζης και χοληστερόλης, όπως και τα υπόλοιπα φυτικά ροφήματα. Το ρόφημα αμυγδάλου παράγεται είτε σκέτο είτε με προσθήκη γλυκαντικών υλών είτε ως σοκολατούχο σκεύασμα (Sethi *et al.*, 2016)

5.5 Φυτικό Ρόφημα Ρυζιού

5.5.1 Χημική σύσταση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

Το ρόφημα ρυζιού φτιάχνεται από αλεσμένο λευκό ή καστανό ρύζι και νερό. Όπως και με τα άλλα μη-ζωικής προέλευσης ροφήματα, συχνά περιέχει βελτιωτικά γεύσης και υφής. Το ρόφημα ρυζιού είναι το λιγότερο αλλεργιογόνο από όλα τα προαναφερόμενα ροφήματα. Αυτό το κάνει αρκετά ασφαλή επιλογή για όσους έχουν δυσανεξία ή αλλεργίες σε γαλακτοκομικά, γλουτένη, ξηρούς καρπούς ή στη σόγια.

Το ρόφημα ρυζιού είναι ήπιο στη γεύση και φυσικά γλυκό. Μία κούπα (240ml) περιέχει 120-140 θερμίδες, 2–3 g λιπαρών, 1 g πρωτεΐνης και 27-28 g υδατανθράκων. Το ρόφημα ρυζιού έχει περίπου ίδιο αριθμό θερμίδων με το αγελαδινό γάλα, αλλά σχεδόν διπλάσιους υδατάνθρακες. Επίσης περιέχει αξιοσημείωτα λιγότερη πρωτεΐνη και λιπαρά. Από όλα τα ροφήματα μη ζωικής προέλευσης σε αυτή τη λίστα, το ρόφημα ρυζιού περιλαμβάνει τους περισσότερους υδατάνθρακες- περίπου τρεις φορές περισσότερους από τους άλλους. Επιπλέον, το ρόφημα ρυζιού έχει υψηλό γλυκαιμικό δείκτη (79-92), που σημαίνει ότι απορροφάται γρήγορα από το έντερο και ανεβάζει το ίδιο γρήγορα το σάκχαρο στο αίμα. Ως εκ τούτου, μπορεί να μην είναι η καλύτερη επιλογή για τους διαβητικούς.

Λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, το ρόφημα ρυζιού μπορεί να μην αποτελεί την καλύτερη επιλογή και για τα παιδιά, τους αθλητές και τους ηλικιωμένους. Κι αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυτοί οι πληθυσμοί χρειάζονται περισσότερες πρωτεΐνες. Για τους περισ-

σότερους ανθρώπους, η κατανάλωσή του δεν εγείρει λόγους ανησυχίας. Εντούτοις, αν το ρύζι αποτελεί βασικό στοιχείο μιας διατροφής, τότε είναι καλύτερο να επιλεγεί ένα άλλο είδος ροφήματος ή γάλακτος, ώστε να γίνεται πρόσληψη και άλλων θρεπτικών συστατικών. (Bridges *et al.*, 2018)

Πίνακας 3. Χημική σύσταση ροφήματος ρυζιού

Ολικοί διαλυτοί υδατάνθρακες	70%
Μαλτόζη	0 – 70%
Γλυκόζη	5–70%
Τέφρα	0,1–0,36%
Πρωτεΐνες και λίπος	1–3,5%
Ίνες	0,05–0,4%

Όπως και τα προηγούμενα ροφήματα, αυτό του ρυζιού είναι ένα φυτικό ρόφημα, κατάλληλο για χορτοφάγους αλλά και vegans. Το συγκεκριμένο δεν περιέχει τίποτα από βιταμίνες, ενώ περιέχει ελάχιστο ασβέστιο και πρωτεΐνη. Όμως οι κατασκευαστές του φροντίζουν να το ενισχύουν με Βιταμίνες Α και D αλλά και ασβέστιο.

5.5.2 Διαδικασία Παραγωγής

Παραδοσιακά το ρόφημα ρυζιού παρασκευάζεται με ανάμειξη του βρασμένου, άσπρου ή καφέ, ρυζιού με ρύζι Koji. Με αυτόν τον τρόπο στο ρύζι προστίθεται καλλιέργεια ζύμης *Aspergillus oryzae* και το προϊόν είναι πλούσιο σε ένζυμα όπως α-αμυλάση. Η ζύμωση διαρκεί 4 -48 ώρες και ακολουθεί φιλτράρισμα. Οι συνθήκες ζύμωσης επηρεάζουν και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού ροφήματος. Για παράδειγμα, παρατεταμένη ζύμωση οδηγεί σε αύξηση των οργανικών οξέων λόγω της μικροβιακής δραστηριότητας και κατά συνέπεια σε ξινή γεύση. Η αύξηση όμως των οργανικών οξέων σχετίζεται με τη μείωση των σακχάρων στο προϊόν ιδιαίτερα των εξοζών, έτσι ώστε η τελική σύστασή σε υδατάνθρακες να μη ξεπερνάει το 2-3% (Sethi *et al.*, 2016)

Σε βιομηχανική κλίμακα γίνεται αρχικά ο διαχωρισμός του σπέρματος από τους καρπούς του ρυζιού. Σε αυτήν τη φάση η σύσταση σε λίπη, πρωτεΐνες, και ίνες είναι αρκετά χαμηλή έτσι που η επεξεργασία του προϊόντος γίνεται πιο εύκολα. Εναλλακτικά κατά την ενζυμική διαδι-

κασία χρησιμοποιείται ολόκληρο το ρύζι με αποτέλεσμα να διατηρούνται τα θρεπτικά συστατικά σε σχέση με την επεξεργασία μόνο των σπερμάτων. Ολόκληρο λοιπόν το ρύζι κατεργάζεται με ένζυμα όπως α-αμυλάση που επιδρούν στις δεξτρίνες. Αυτά παράγονται από μικροοργανισμούς όπως *Bacillus stearothermophilus* και *B. Licheniformis*. Αυτή η διαδικασία δεν πρέπει να καθυστερήσει για να αποφευχθούν οι άσχημες οσμές. Ακολουθεί ψύξη και προσθήκη ενζύμων που διασπούν το άμυλο (β-αμυλάσες), με αποτέλεσμα την παραγωγή εξοζών και την αύξηση της γλυκύτητας. Τα στερεά συστατικά κυμαίνονται σε ποσοστό 8-20% κι έτσι με την κατάλληλη αραίωση προκύπτει η επιθυμητή συγκέντρωση του τελικού προϊόντος. Παράλληλα μπορεί να γίνει προσθήκη λιπαρών υλών από 0-12%, σταθεροποιητών 0-1%, πρόσθετων γεύσης 0-12%, αλατιού 0-1%. Τέλος το παραγόμενο προϊόν επεξεργάζεται με UHT και συσκευάζεται ασηπτικά.

5.6 Φυτικό Ρόφημα Καρύδας

Το ρόφημα καρύδας παρασκευάζεται από νερό και λευκή σάρκα των καφέ καρύδων. Πωλείται σε χαρτονένιες συσκευασίες δίπλα στο κανονικό γάλα και αποτελεί μια πιο αραιωμένη εκδοχή του ροφήματος καρύδας που καταναλώνεται στην Νοτιοανατολική Ασία και στην Ινδική κουζίνα, το οποίο όμως συνήθως βρίσκουμε σε κονσέρβα. Σε σύγκριση με τα κονσερβοποιημένα ροφήματα καρύδας, αυτό που βρίσκεται σε χάρτινα κουτάκια έχει περίπου 365 λιγότερες θερμίδες και 43 λιγότερα γραμμάρια λίπους ανά φλιτζάνι ενώ δεν περιέχει δισφαινόλη Α (BPA), μια χημική ουσία που χρησιμοποιείται στην επίστρωση μεταλλικών κονσερβών

Το ρόφημα καρύδας έχει κρεμώδη υφή και γλυκιά, αλλά διακριτική γεύση. Μία κούπα (240ml) περιέχει 45 θερμίδες, 4 γραμμάρια λιπαρών, καθόλου πρωτεΐνη και σχεδόν καθόλου υδατάνθρακες. Περιέχει, δηλαδή το ένα τρίτο των θερμίδων του αγελαδινού γάλακτος, τα μισά λιπαρά και σημαντικά λιγότερες πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. Γι' αυτό, δεν αποτελεί και την καλύτερη επιλογή για όσους έχουν αυξημένες ανάγκες πρωτεΐνης, αλλά είναι κατάλληλο για όσους θέλουν να μειώσουν την πρόσληψη υδατανθράκων.

Επιπλέον, το σχεδόν 90% των θερμίδων του προέρχεται από κορεσμένα λιπαρά, συμπεριλαμβανομένων και τριγλυκεριδίων μέσης αλύσου (MCTs). Ορισμένες έρευνες υποστηρίζουν ότι αυτά τα τριγλυκερίδια μειώνουν την όρεξη, βοηθούν στην απώλεια βάρους και βελτιώνουν τα επίπεδα της χοληστερόλης περισσότερο απ' ό,τι τα άλλα λιπαρά. Η κατανάλωση μέτριας ποσότητας αποτελεί μέρος μιας ισορροπημένης, υγιεινής δίαιτας. (Yadav *et al.*, 2017)

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα λειτουργικά συστατικά διαφόρων φυτικών ροφημάτων και τα οφέλη τους.

Πίνακας 4. Λειτουργικά συστατικά των φυτικών ροφημάτων και τα οφέλη τους

Type of milk	Limiting factor in acceptance	Technological intervention to resolve the problem	References
Soy milk	Beany flavor due to action of lipoxygenase on unsaturated fatty acids	Vacuum treatment at high temperature, hot grinding, blanching in boiling water, alkaline soaking, use of soy protein isolates, addition of flavouring compounds	Chiba et al. (1979), Farkas and Goldblith (1962), Fujimaki et al. (1965)
	Presence of inhibitors	Denaturation and inactivation by heat	Badenhop and Hackler (1970), Kwok et al. (1993)
Peanut milk	Beany flavor	Defatting, roasting, alkali soaking, steaming	Lee and Beuchat (1992)
Rice milk	Poor emulsion stability due to high starch content	Enzymatic hydrolysis of starch by alpha and beta amylase or glucosidase	(US4744992 patent), Mitchell et al. (1988)
Oat milk	Poor emulsion stability due to high starch content	Enzymatic hydrolysis of starch by alpha and beta amylase	US5686123 patent, Deswal et al. (2014)
	Presence of inhibitors phytates	Treatment with phytase in order to liberate inorganic phosphate from phytic acid	Zhang et al. (2007)
Sesame milk	Anti-nutritional factors such as oxalates	Decortication to remove oxalates as they are confined to outer hull	Kapadia et al. (2002)
	Low solubility of sesame proteins in water as they are salt soluble and are susceptible to heat denaturation	Alkali soaking, roasting, defatting, germination, microwave heating to improve functional properties of protein	Quasem et al. (2009)
	Bitterness and chalkiness	Roasting and alkali soaking have been observed to improve the overall acceptability and flavor	Prakash and Narasinga Rao (1986)

6 ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ (ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΙΠΑΡΗΣ, ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΕΝΕΡΓΩΝ ΟΥΣΙΩΝ)

6.1 Βιβλιογραφική Επισκόπηση Νανοενθυλάκωσης Βιταμίνης D

Τα νανογαλακτώματα, ως φορείς βιοδραστικών ουσιών και συγκεκριμένα βιταμινών, λόγω κυρίως του μικρού μεγέθους των σωματιδίων της διεσπαρμένης φάσης, εμφανίζουν κάποια πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών γαλακτωμάτων, όπως πιο γρήγορη και στοχευμένη απελευθέρωση των βιταμινών αλλά και μεγαλύτερο χρόνο ζωής της βιταμίνης μέσα στο τρόφιμο. Ο εγκλωβισμός των λιποδιαλυτών βιταμινών σε ο/ω νανογαλακτώματα γίνεται αρχικά με διάλυση της βιταμίνης στην υγρή λιπαρή φάση και έπειτα διασπορά αυτής στην υδατική φάση και παράλληλη προσθήκη επιφανειοενεργών ουσιών.

Νανοενθυλάκωση λιποδιαλυτών βιταμινών, πέρα από τη βιταμίνη D, σε νανογαλακτώματα έχουν αναφερθεί σε άρθρα όπως: α) ενθυλάκωση βιταμίνης E σε εδώδιμα γαλακτώματα (Yang *et al*, 2013), β) ενθυλάκωση λειτουργικών λιπόφιλων συστατικών (βιταμίνη E, βιταμίνη D, lemon oil) σε κολλοειδή συστήματα με χρήση επιφανειοενεργών ουσιών (Ziani *et al*, 2012), γ) βιταμίνη E σε έλαιο μουστάρδας (Dasgupta *et.al.*,2016), δ) καροτενοειδή (βιταμίνη A) σε λιναρόσπορο.

Ειδικότερα, όσον αφορά την νανοενθυλάκωση βιταμίνης D, δεν υπάρχουν πολλές βιβλιογραφικές αναφορές. Σύμφωνα με την εργασία των Guttoff, Saberi & McClements (Guttoff *et al*, 2015) μελετήθηκε πώς επιδρά η σύνθεση του συστήματος νανοενθυλάκωσης (είδος λιπαρής φάσης, είδος επιφανειοενεργής ουσίας και ο λόγος ανάμιξής τους) στο αρχικό μέγεθος των σωματιδίων των νανογαλακτωμάτων της βιταμίνης D. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της αυθόρμητης γαλακτωματοποίησης και προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα νανογαλακτώματα που παράγονταν με χρήση του Tween 80 παρέμειναν σταθερά για 1 μήνα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Επίσης σύμφωνα με την εργασία των Golfomitsou, Mitsou, Xenakis & Papadimitriou (Golfomitsou *et al*, 2018) πραγματοποιήθηκε ενθυλάκωση της βιταμίνης D3 σε εδώδιμα νανογαλακτώματα, με σκοπό τον εμπλουτισμό υγρών τροφίμων όπως γάλατα και χυμοί. Οι επιφανειοενεργές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν λεκιθίνη σόγιας, Tween 20 ή μίγματα αυτών και η λιπαρή φάση αποτελούνταν από σογιέλαιο, βούτυρο κακάο και μίγματα αυτών.

Έγινε χρήση ομογενοποιητή υψηλής πίεσης (800-1000bar) και μελετήθηκε τι επιδράσεις έχει τόσο το είδος όσο και η συγκέντρωση λιπαρής φάσης και επιφανειοενεργών ουσιών στην σταθερότητα και την κατανομή των μεγεθών των νανοσταγονιδίων με την τεχνική της Δυναμικής Σκέδασης Φωτός (Dynamic Light Scattering). Χρησιμοποιήθηκαν τρία συστήματα νανοενθυλάκωσης της βιταμίνης D3:

1. 90% κ.β. Νερό, 4%κ.β. Tween20., 6% κ.β. Σογιέλαιο
2. 90% κ.β. Νερό, 4%κ.β. Tween20 / Λεκιθίνη, (3:1), 6%κ.β. Σογιέλαιο
3. 90% κ.β Νερό, 4%κ.β Tween20 / Λεκιθίνη (3:1), 6% κ.β. Σογιέλαιο / Βούτυρο Κακάο(1:1)

Επιπλέον, στα παραπάνω συστήματα ενθυλακώθηκαν διαφορετικές συγκεντρώσεις βιταμίνης. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι στα συστήματα 1 και 3 με την προσθήκη της βιταμίνης υπήρξε μεγάλη κατανομή μεγεθών ενώ στο δεύτερο σύστημα παρατηρήθηκαν 2 πληθυσμοί νανοσταγονιδίων και καλή σταθερότητα για 40 μέρες. Με 0,2μg βιταμίνης/mL παρατηρήθηκαν διάμετροι $32\pm 6\text{nm}$ και $129\pm 6\text{nm}$, και με 0,5 μg βιταμίνης/mL παρατηρήθηκαν διάμετροι $18\pm 3\text{nm}$ και $125\pm 20\text{nm}$. Όσον αφορά μικρότερη συγκέντρωση βιταμίνης (0,1 μg/mL) δεν υπήρξε μεταβολή στην κατανομή και το μέγεθος των σταγονιδίων για 35 μέρες. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της φασματοσκοπίας Ηλεκτρονικού Παραμαγνητικού Συντονισμού (EPR) και στα τρία συστήματα χωρίς και με βιταμίνη για να μελετηθούν οι ιδιότητες της μονοστοιβάδας των επιφανειοενεργών.

Με βάση τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης το δεύτερο σύστημα ενθυλάκωσης 90% νερό, 4% Tween20 / Λεκιθίνη (3:1) και 6% κ.β Σογιέλαιο παρουσίασε την καλύτερη σταθερότητα και στις 3 περιεκτικότητες βιταμίνης 0,1, 0,2 και 0,5 μg/mL. και την επιθυμητή κατανομή μεγεθών που απαιτείται ώστε να αυξηθεί η βιοδιαθεσιμότητα του εγκλωβισμένου συστατικού.

Όσον αφορά τη συγκέντρωση της βιταμίνης επιλέχθηκε αυτή των 0,5μg /ml. Για μία περιεκτικότητα του τροφίμου σε νανογαλάκτωμα 9% v/v , δηλαδή 0,045μg βιταμίνης /ml γάλακτος , προστέθηκαν 10 ml νανογαλακτώματος σε 100ml γάλακτος. Η περιεκτικότητα αυτή επιλέχθηκε με στόχο ένα ποτήρι γάλα ~200ml να πλησιάζει την συνιστώμενη ημερήσια δόση βιταμίνης D των 10μg.

Η μάζα (VD) βιταμίνης D σε ένα ποτήρι γάλακτος των 200ml που αποτελεί μία μερίδα, υπολογίζεται από την σχέση: (Rebecca Walker *et.al.*,2015)

$$m_{VD} = m_P \times \Phi_{VD} \times \Phi_{nE} \times \Phi_P$$

m_P : μάζα γάλακτος σε μία μερίδα πρόσληψης ,(g)

Φ_{VD} : κλάσμα βιταμίνης D στην λιπαρή φάση του νανογαλακτώματος

Φ_{nE} : κλάσμα λιπαρής φάσης στο νανογαλάκτωμα

Φ_P : κλάσμα νανογαλακτώματος στο ποτήρι γάλακτος

$$m_{VD} = 206g \times 9 \times 10^{-6} \times 0,055 \times 0,09 = 10 \times 10^{-6} gr = 10^{-5} gr = 9,2 \mu g$$

Η πυκνότητα d του τελικού προϊόντος στους $15^\circ C = 1,030 g/ml$

Στο τέλος προστέθηκε νανογαλάκτωμα με βιταμίνη D3 ($0,5 \mu g / mL$) σε πλήρες παστεριωμένο γάλα και χυμό ρόδι. Όσον αφορά την ενσωμάτωση της βιταμίνης στο γάλα και την διατήρησή του υπό ψύξη, δεν παρατηρήθηκε διαχωρισμός των δύο φάσεων και οποιαδήποτε οπτική διαφοροποίηση του τροφίμου για 10 μέρες. Το γάλα αραιώθηκε σε αναλογία 1:1 και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με DLS αμέσως μετά την παρασκευή του. Από τις μετρήσεις αυτές βρέθηκαν πληθυσμοί σταγονιδίων έως και $600 nm$, αναμενόμενο λόγω της προσθήκης του γάλακτος, το οποίο αποτελεί ήδη ένα γαλάκτωμα. Αντίθετα, με την προσθήκη αυξανόμενων ποσοτήτων νανογαλακτώματος στον χυμό ρόδι πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των δύο φάσεων και αλλοίωση της εμφάνισης του προϊόντος.

6.2 Σύσταση Προτεινόμενου Φυτικού Ροφήματος Σόγιας Εμπλουτισμένου με Βιταμίνη D με τη Μέθοδο της Νανοενθυλάκωσης

Σύμφωνα με τα παραπάνω προτείνεται ο σχεδιασμός / παραγωγή ενός φυτικού ροφήματος σόγιας εμπλουτισμένο με βιταμίνη D με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης. Για μία περιεκτικότητα του ροφήματος σε νανογαλάκτωμα 9% v/v , δηλαδή $0,045 \mu g$ βιταμίνης /ml γάλακτος , πρέπει να προστεθούν 10 ml νανογαλακτώματος σε 100ml γάλακτος. Η περιεκτικότητα αυτή επιλέχθηκε με στόχο ένα ποτήρι γάλα ~200ml να πλησιάζει την συνιστώμενη ημερήσια δόση βιταμίνης D των $10 \mu g$. Η σύσταση του νανογαλακτώματος που προτείνεται είναι 90% νερό, 4% Μονο- και διγλυκερίδια (E471) / Λεκιθίνη (3:1) και 6% κ.β Σογιέλαιο. Αυτό το σύστημα εν-

θυλάκωσης, με τη διαφορά ότι αντικαταστάθηκε το Tween20 με μονο- και διγλυκερίδια (E471), ως πιο συμβατό και πιο κοινά χρησιμοποιούμενο γαλακτωματοποιητή στη βιομηχανία τροφίμων, παρουσίασε την καλύτερη σταθερότητα παρουσία βιταμίνης (0,5 µg/mL) και την επιθυμητή κατανομή μεγεθών που απαιτείται ώστε να αυξηθεί η βιοδιαθεσιμότητα του εγκλωβισμένου συστατικού.

6.3 Επιλογή Λιπαρής Φάσης - Σογιέλαιο

6.3.1 Σογιέλαιο

Τα λιπίδια, στην κατηγορία των οποίων ανήκουν τα λίπη και τα έλαια, διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες, αλλά είναι αδιάλυτα ή ελάχιστα διαλυτά στο νερό (McClements *et al.*, 2005). Για την παραγωγή γαλακτωμάτων στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιούνται κυρίως οι τριακυλογλυκερόλες φυτικής ή ζωικής προέλευσης οι οποίες αποτελούν καλούς διαλύτες των λιπόφιλων γαλακτωματοποιητών, των λιποδιαλυτών βιταμινών, όπως η βιταμίνη D και των αρωματικών ενώσεων. Το έλαιο περιέχει επιπλέον μικρές ποσότητες από διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, πολικά λιπίδια, και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Αυτά τα λιπίδια μπορεί να είναι επιφανειακά ενεργά, υδατοδιαλυτά, και χρησιμοποιούνται συνήθως ως γαλακτωματοποιητές τροφίμων.

Στο προτεινόμενο προϊόν γίνεται χρήση του σογιέλαιου. Ανήκει στα τριγλυκερίδια μακράς αλυσίδας (long chain triglycerides) και αποτελείται από 61%πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, 25% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και 15% κορεσμένα λιπαρά οξέα. Έχει ουδέτερα λιπίδια (δι-,τρι- και μονο-ακυλογλυκερόλες) που αποτελούν το 99% των συνολικών λιπιδίων και λιγότερο από 1% πολικά λιπίδια (φωσφολιπίδια). Επίσης σε πολύ μικρό ποσοστό περιέχει φυτοστερόλες, τοκοφερόλες και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Στη συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκε ως λιπαρή φάση γιατί ανήκει στα τριγλυκερίδια μακράς αλυσίδας (long chain triglycerides), που επιτρέπει τον εγκλωβισμό λιπόφιλων μορίων μεγάλου μοριακού βάρους όπως η βιταμίνη D.

6.4 Επιλογή Επιφανειοενεργών Ουσιών: Λεκιθίνη και μονο- και διγλυκερίδια

Τα επιφανειοενεργά είναι οι ουσίες εκείνες που μειώνουν την επιφανειακή τάση μεταξύ του ελαίου και του νερού με αποτέλεσμα να ενισχύουν τη γαλακτωματοποίηση και να αυξάνουν τη σταθερότητα του γαλακτώματος. Είναι επιφανειακά δραστικές ουσίες οι οποίες σχηματί-

ζουν μία σταθερή, συνεκτική ιξωδοελαστική διεπιφανειακή μεμβράνη γύρω από τα σταγονίδια του γαλακτώματος. Μειώνοντας την επιφανειακή τάση, συντελούν στην παραγωγή γαλακτωμάτων με μικρότερη μέση διάμετρο σταγονιδίων, ώστε να επιβραδύνεται η κίνηση των σταγονιδίων μέσα στο γαλάκτωμα λόγω της βαρύτητας ή της κίνησης Brown.

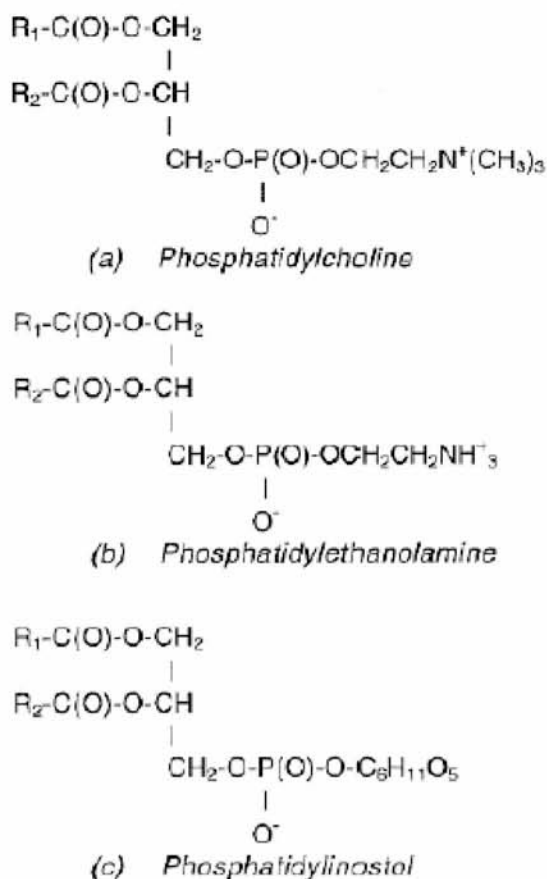
Τα επιφανειοενεργά πρέπει να έχουν αμφιφιλικές ιδιότητες. Μπορεί να είναι είτε χαμηλού μοριακού βάρους ή μακρομοριακά πολυμερή (π.χ. πρωτεΐνες). Ένα βασικό χαρακτηριστικό ενός επιφανειοενεργού αποτελεί η διαλυτότητά του στις δύο φάσεις. Η διαλυτότητα κάθε επιφανειακά ενεργού παράγοντα χαρακτηρίζεται από την υδρόφιλη - λιπόφιλη ισορροπία του (HLB - Hydrophilic-Lipophilic-Balance). Οι τιμές ισορροπίας των μη ιοντικών επιφανειοενεργών κυμαίνονται από 1-20. Χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε πιο λιπόφιλα και υψηλές τιμές σε πιο υδρόφιλα επιφανειοενεργά. Η τιμή HLB αποτελεί ενδεικτικό παράγοντα, διότι δεν μπορεί να προβλεφθεί απολύτως η αποτελεσματικότητα των γαλακτωματοποιητών, αν δεν δοκιμαστούν πρώτα πειραματικά.

Στα επιφανειοενεργά χαμηλού μοριακού βάρους, τα οποία διαθέτουν μικρή υδρόφιλη ομάδα και μία ή περισσότερες αλυσίδες υδρογονάνθρακα, ανήκουν οι λεκιθίνες, τα μονογλυκερίδια και διγλυκερίδια, οι εστέρες πολυγλυκερόλης, οι εστέρες σακχαρόζης, οι εστέρες σορβιτάνης και τα πολυσορβικά και τέλος οι εστέρες προπυλενογλυκόλης με λιπαρά οξέα. Οι πιο πάνω επιφανειοενεργές ουσίες είναι ασφαλείς, βιοαποικοδομήσιμες, επιτρέπονται για ανθρώπινη κατανάλωση, και χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων για την παρασκευή γαλακτωμάτων.

6.4.1 Λεκιθίνη

Για την παραγωγή του νανογαλακτώματος προτείνεται ως επιφανειοενεργό η λεκιθίνη σόγιας (E322). Κύρια πηγή της λεκιθίνης, του μόνου φυσικού γαλακτωματοποιητή που χρησιμοποιείται σε διάφορες ποσότητες στη βιομηχανία των τροφίμων, είναι η σόγια. Το ακατέργαστο σογιέλαιο περιέχει από 1 μέχρι και 30% φωσφολιπίδια. Η λεκιθίνη παράγεται με υδατική εξαγωγή από το έλαιο της ελαιοκράμβης. Κατά την ενυδάτωση των φωσφολιπιδίων γίνεται διαχωρισμός φάσης, οπότε οι δύο φάσεις διαχωρίζονται μεταξύ τους με φυγοκέντριση. Το ακατέργαστο προϊόν, μετά από την απομάκρυνση του νερού περιέχει περίπου 35% τριγλυκερίδια και ένα μικρότερο ποσοστό μη φωσφολιπιδικών υλικών. Μπορεί να βρίσκεται σε μορφή σκόνης ή παχύρευστου υγρού ή και σε άλλες μορφές, ανάλογα την μέθοδο κατεργασίας της. Τα εμπορικά παρασκευάσματα λεκιθίνης μπορούν ανάλογα με την επεξεργασία ή τη χημική

τροποποίηση, να έχουν διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά. Τα κυριότερα φωσφολιπίδια που περιέχει η λεκιθίνη είναι φωσφατιδυλοχολίνη (PC) , φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη (PE) και φωσφατιδυλινοσιτόλη (PI). (Εικόνα 13)

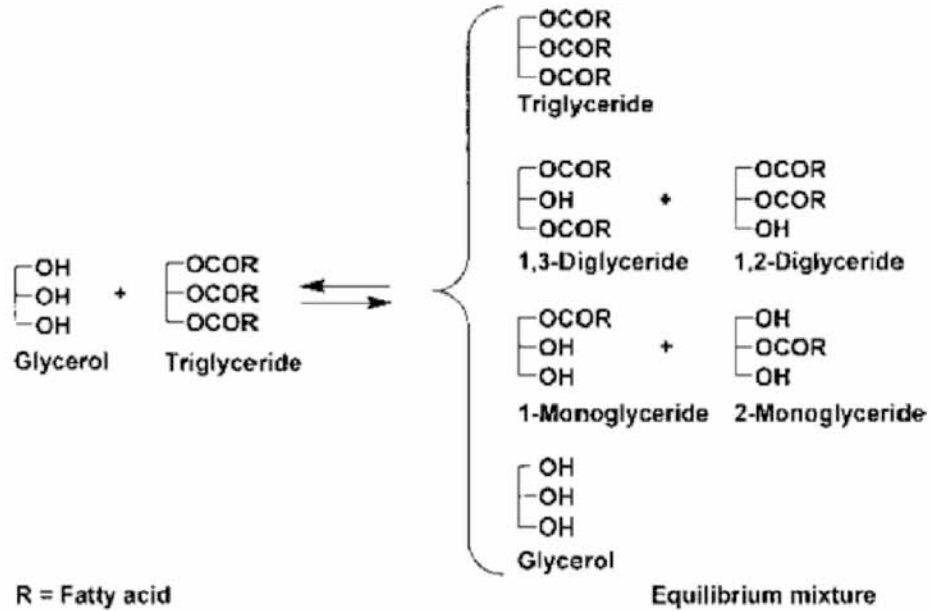


Εικόνα 12. Τα κύρια φωσφολιπίδια που περιέχονται στην εμπορική λεκιθίνη, όπου τα R1 και R2 είναι λιπαρά οξέα

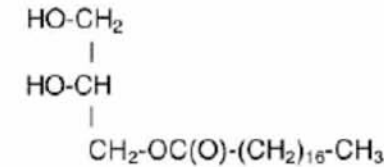
6.4.2 Μονο- και διγλυκερίδια

Αντί του Tween20 που χρησιμοποιήθηκε στην παραπάνω μελέτη (Golfomitsou *et al*, 2018) προτείνεται η χρήση μονο- και διγλυκεριδίων (E471) ως του πιο κοινά χρησιμοποιούμενου γαλακτωματοποιητή στη βιομηχανία τροφίμων. Τα μονογλυκερίδια χρησιμοποιήθηκαν ως γαλακτωματοποιητές γύρω στα 1930 στην παραγωγή μαργαρίνης. Τα μονογλυκερίδια παράγονται βιομηχανικά από αντιδράσεις εστεροποίησης (glycerolysis) βρώσιμων λιπών ή ελαίων με γλυκερίνη. Η αντίδραση λαμβάνει χώρα σε υψηλή θερμοκρασία (200-260°C) με αλκαλική κατάλυση. Στην Εικόνα 14 παρουσιάζεται ο μηχανισμός της αντίδρασης. Τα μονογλυκερίδια

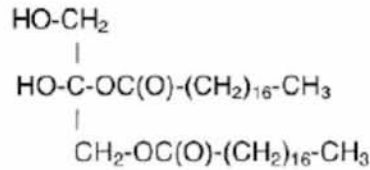
και διγλυκερίδια επίσης σχηματίζονται άμεσα από γλυκερόλη και λιπαρά οξέα κάτω από αλκαλικές συνθήκες.



Εικόνα 13. Σχηματική απεικόνιση της αντίδραση γλυκερόλυσης



Monoglyceride



Diglyceride

Εικόνα 14. Μονο- και δι- γλυκερίδια

6.5 Υδατική Φάση

Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη (Golfomitsou *et al*, 2018), η υδατική φάση των νανογαλακτωμάτων αποτελείται αποκλειστικά από νερό χωρίς προσθήκη άλλων ουσιών. Η προ-

σθήκη ουσιών όπως άλατα, σάκχαρα, γλυκερόλη κ.ά. στην υδατική φάση μιας διασποράς () μπορεί να μεταβάλει το pH, το ιξώδες, την ιοντική ισχύ και την πολικότητα του νερού. Αυτό συνεπάγεται μεταβολές στις διεπιφανειακές ιδιότητες νερού και ελαίου, την επιφανειακή τάση και το μέγεθος των σταγονιδίων. Η υδατική φάση αποτελεί διαλύτη για τα υδατοδιαλυτά συστατικά όπως άλατα, γαλακτωματοποιητές, πολυσακχαρίτες, κτλ. Μπορεί να είναι η συνεχής φάση στα ο/w γαλακτωμάτων ή η διεσπαρμένη φάση στα w/o γαλακτώματα. Το νερό λόγω της μοριακής του δομής (μεγάλη διεπιφανειακή τάση, έντονο ιοντικό προσανατολισμό) συντελεί στο να μην σπάσει η διεσπαρμένη φάση σε μικρότερα σταγονίδια. Οι γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται για την μείωση της έντασης των διεπιφανειακών δυνάμεων. Γενικά, ο λόγος λιπαρής προς υδατική φάση επηρεάζει τις ιδιότητες και τη σταθερότητα του νανογαλακτώματος.

7 ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΙΚΟΥ ΡΟΦΗΜΑΤΟΣ ΣΟΓΙΑΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΒΙΤΑΜΙΝΗ D ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑΣ

7.1 Ανάλυση της Ελληνικής και Παγκόσμιας Αγοράς Φυτικών Ροφημάτων

Σήμερα στην αγορά των ροφημάτων αμυγδάλου, καρύδας και των υπόλοιπων φυτικών ροφημάτων βασικοί παίκτες είναι η Alpro και η Όλυμπος που ελέγχουν αθροιστικά πάνω από το 60% της αγοράς και ακολουθούν οι εταιρείες: Mona, τα προϊόντα ιδιωτικής ετικέτας, η ΔΕΛΤΑ, η FYTRO, η Granarolo, η BIOKARPOS, η RISO.SCOTTI και η FLAVOUR Factory. Αυτή η νέα κατηγορία προϊόντων, τα vegan, non dairy ή φυτικά ροφήματα αποτελεί για τις γαλακτοβιομηχανίες το μέσο για να ενισχύσουν τα μεγέθη τους, να μειώσουν τα κόστη τους, και να καλύψουν τις ανάγκες των καταναλωτών τους. Η αξία της παγκόσμιας αγοράς φυτικών ροφημάτων αναμένεται να ξεπεράσει τα επόμενα χρόνια τα 40 δισ. δολάρια.

Στην Ελλάδα που αποτελεί μια μικρή αγορά, εν μέσω κρίσης, η κατανάλωση φυτικών ροφημάτων, η μέση τιμή των οποίων κυμαίνεται στα 3 ευρώ όταν η τιμή στο ράφι του αγελαδινού γάλακτος κυμαίνεται στο 1,3 ευρώ το λίτρο, εμφανίζει υψηλά διψήφια ποσοστά ανάπτυξης, σε αντίθεση με την αγορά γάλακτος η οποία συνεχίζει να πιέζεται, όπως και η βιομηχανία αλλά και οι παραγωγοί αγελαδινού γάλακτος.

Με βάση τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, από τις εταιρείες μέτρησης της κατανάλωσης για τις πωλήσεις εντός των αλυσίδων σουπερμάρκετ, οι πωλήσεις vegan ροφημάτων εμφάνισαν στο δεκάμηνο Ιανουαρίου – Οκτωβρίου 2018 ανάπτυξη πωλήσεων 57% σε αξία και 64% σε όγκο, όταν η παραδοσιακή αγορά γάλακτος το ίδιο διάστημα εμφάνισε μεικτή εικόνα. Οριακή αύξηση πωλήσεων σε αξία της τάξεως του 2% και αντίστοιχη ποσοστιαία πτώση του όγκου των πωλήσεων.

Η στροφή του καταναλωτικού κοινού σε άλλα εναλλακτικά ροφήματα, πέραν του αγελαδινού γάλακτος, έχει άμεσες επιπτώσεις στην κτηνοτροφία. Αν και μέχρι στιγμής η παραγωγή αγελαδινού γάλακτος παραμένει ανοδική, -σ.σ. πέρυσι αυξήθηκε 5% στην ΕΕ- η υπερπαραγωγή, πιέζει προς τα κάτω τις τιμές, οι οποίες σύμφωνα με το European Milk Board έχουν υποχωρήσει την τελευταία 4ετία κατά 10 λεπτά το λίτρο, δηλαδή στα 28 λεπτά.

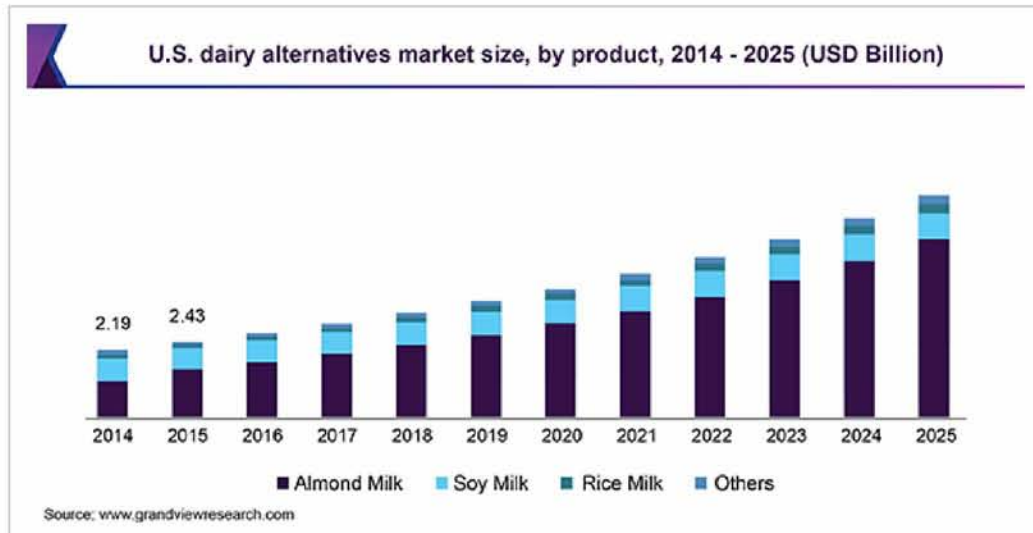
Στην Ελλάδα, με βάση τα επίσημα στοιχεία του ΕΛΓΟ (Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός)-ΔΗΜΗΤΡΑ, η ποσότητα που παραδόθηκε από τους 2.353 αγελαδοτρόφους τον Οκτώβριο ήταν 49.58.094 λίτρα γάλακτος, και το εύρος τιμής από 0,1636 ευρώ στα Δωδεκάνησα έως 0,5693 ευρώ το λίτρο στη Σάμο. Η επικρατούσα μέση τιμή στις γαλακτοπαραγωγικές ζώνες της χώρας, ήταν 0,38 ευρώ το λίτρο στις Σέρρες, 0,4 ευρώ στη Λάρισα και 0,4003 ευρώ στη Θεσσαλονίκη.

Τον αντίστοιχο μήνα του 2017, οι παραγωγοί που παρέδωσαν γάλα ήταν περισσότεροι, συνολικά 2.494, και η ποσότητα λιγότερη 48.4548.622 τόνοι. Σε ότι αφορά το εύρος τιμής, είχε κυμανθεί από 0,3687 ευρώ στον Έβρο, έως 0,5742 ευρώ το λίτρο στη Σάμο ενώ η επικρατούσα μέση τιμή στις γαλακτοπαραγωγικές ζώνες της χώρας είχε διαμορφωθεί στα 0,3903 ευρώ το λίτρο στις Σέρρες, 0,4189 ευρώ στη Λάρισα και 0,4008 ευρώ στη Θεσσαλονίκη.

Την ίδια στιγμή πάντως, 116 εκατομμύρια τόνοι γάλακτος χάνονται ή απορρίπτονται ετησίως σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με έρευνα του Πανεπιστήμιου του Εδιμβούργου που δημοσιεύθηκε στον Guardian, οι λιανοπωλητές, οι διανομείς και οι καταναλωτές ευθύνονται για το ήμισυ αυτών των χαμένων ποσοτήτων, ενώ οι υπόλοιπες ποσότητες χάνονται κατά τη διάρκεια της παραγωγής και της διανομής προς τη βιομηχανία.

Στον διεθνή χώρο αρκετές παραδοσιακές γαλακτοβιομηχανίες εισέρχονται σε αυτή τη νέα κατηγορία όπως η Chobani, market leader στην αγορά του ελληνικού τύπου γιαουρτιού στην Αμερική, γεγονός που επιβεβαιώνει πως η ζήτηση για φυτικά ροφήματα είναι υπαρκτή και συνεχώς αυξανόμενη. Η μετατόπιση καταναλωτών αλλά και εταιρειών σε αυτή τη νέα αγορά είναι σαφής. Η αμερικανική εταιρεία Elmhurst μετά από 92 χρόνια παραγωγής αγελαδινού γάλακτος, το 2016, στράφηκε αποκλειστικά στην παραγωγή ροφήματος φυτικής προέλευσης.

Στην Εικόνα 16 παρουσιάζεται πρόβλεψη για αύξηση των μεριδίων αγοράς ανά κατηγορία φυτικού ροφήματος μέχρι το 2025. Σύμφωνα με μελέτη της www.grandviewresearch.com ("Dairy Alternatives Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Soy Milk, Almond Milk, Rice Milk), By Formulation (Plain, Flavored), By Application (Food, Beverages), And Segment Forecasts, 2019 – 2025") το παγκόσμιο μερίδιο αγοράς των εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων ήταν 11,90 δισεκατομμύρια δολάρια (USD) το 2017. Το ρόφημα σόγιας αποτέλεσε το 2017 το 58,0% της παγκόσμιας ζήτησης σε φυτικά ροφήματα.

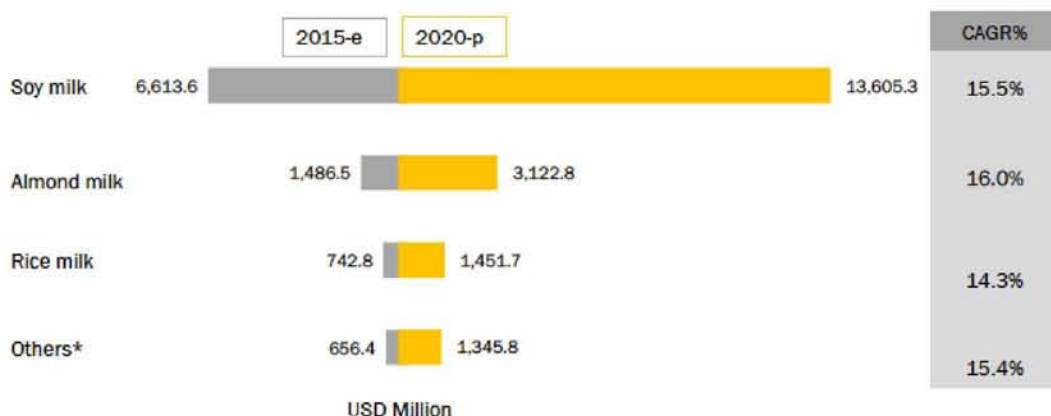


Εικόνα 15. Μερίδιο αγοράς ανά προϊόν φυτικού ροφήματος μέχρι το 2025

Διεθνείς εταιρείες όπως η Hain Celestial Group, Inc. και η White Wave Foods Company παράγουν ροφήματα σόγιας, αμυγδάλου, ρυζιού και καρύδας χωρίς προσθήκη ζάχαρης ώστε να προσελκύσουν τους καταναλωτές άνω των 40 με τα συγκεκριμένα προϊόντα χαμηλών θερμίδων.

Σύμφωνα με την Εικόνα 17 που προκύπτει από την μελέτη της εταιρείας Markets and Markets (2016) παρουσιάζονται οι προβλέψεις για τη μελλοντική ανάπτυξη των φυτικών ροφημάτων ανά κατηγορία μέχρι το 2020.

FIGURE 10 DAIRY ALTERNATIVES MARKET SNAPSHOT (2015 VS. 2020): SOY MILK PROJECTED TO BE THE LARGEST SEGMENT



Εικόνα 16. Αγορά εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων 2015 & 2020 (Markets and Markets, 2016)

Επιπρόσθετα, στις Εικόνες 18 και 19 παρουσιάζεται μια Διαγραμματική σύνοψη και μια Γεωγραφική απεικόνιση της παγκόσμιας αγοράς εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων 2019-2024 (Mondor Intelligence), αντίστοιχα.



Εικόνα 17. Διαγραμματική σύνοψη της παγκόσμιας αγοράς εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων 2019-2024 (Mondor Intelligence)



Εικόνα 18. Γεωγραφική απεικόνιση της παγκόσμιας αγοράς εναλλακτικών φυτικών ροφημάτων 2019-2024 (Mondor Intelligence,)

7.2 Κοστολόγηση Νέου Προϊόντος

Προτείνεται η παραγωγή ενός φυτικού ροφήματος σόγιας εμπλουτισμένο με βιταμίνη D3 με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εργασία των Golfomitsou, Mitsou, Xenakis & Paradimitriou (Golfomitsou *et al*, 2018), όπως δικαιολογήθηκε και παραπάνω, για μία περιεκτικότητα του ροφήματος σε νανογαλακτώμα 9% v/v , δηλαδή 0,045μg βιταμίνης /ml γάλακτος , πρέπει να προστεθούν 10 ml νανογαλακτώματος σε 100ml γάλακτος. Η περιεκτικότητα αυτή επιλέχθηκε με στόχο ένα ποτήρι ροφήματος ~200ml να πλησιάζει την συνιστώμενη ημερήσια δόση βιταμίνης D των 10μg. Η σύσταση του νανογαλακτώματος που προτείνεται είναι 90% νερό, 4% μονο- και διγλυκερίδια (E471) / λεκιθίνη (3:1) και 6% κ.β σογιέλαιο.

Η επιβάρυνση στην τιμή του τελικού προϊόντος λόγω παρασκευής του συγκεκριμένου νανογαλακτώματος ενθυλάκωσης της βιταμίνης D παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Επιπλέον κόστος υλικών λόγω νανοενθυλάκωσης βιταμίνης D3

Α' Ύλες	€ / Κιλό ή Λίτρο	€ ανά ml ρο- φήματος (πυ- κνότητα ροφήματος 1,03g/ml)	€ ανά 200ml	€ ανά L
Vitamin D3	22.000€/kg	0,000001	0,000	0,0001
Λεκιθίνη σόγιας	250€/kg	0,002500	0,500	0,2250
Μονο- και διγλυκε- ρίδια (E471)	2€/kg	0,000060	0,012	0,0054
Σογιέλαιο	1,50€/kg	0,000090	0,018	0,0081
Σύνολο				0,2386

7.3 Παραγωγή Προϊόντος

7.3.1 Α' Ύλες

Οι α' ύλες που απαιτούνται για την παραγωγή του νανογαλακτώματος ενθυλάκωσης της βιταμίνης D είναι τα επιφανειοενεργά, η λιπαρή ύλη και η βιταμίνη. Τα μονο- και διγλυκερίδια

(E471) και η λεκιθίνη σόγιας, φυλάσσονται σε συνθήκες ψύξης και κατάψυξης, αντίστοιχα. Η λιπαρή ύλη του νανογαλακτώματος είναι το σογιέλαιο. Η βιταμίνη D3 είναι σε κρυσταλλική μορφή. Όλες οι πρώτες ύλες έχουν χρόνο ζωής περίπου 12 μήνες, στις προαναφερθείσες συνθήκες φύλαξης. Τέλος το παραγόμενο προϊόν φυλάσσεται σε θερμοκρασία ψύξης και θεωρείται ρόφημα μακράς διάρκειας.

7.3.2 Εξοπλισμός, Ανθρώπινο Δυναμικό, Λειτουργικά Κόστη

Στα πλαίσια της παρούσας ανάλυσης θεωρήθηκε ότι η βιομηχανία που πρόκειται να παράγει το προτεινόμενο προϊόν είναι μια από τις υπάρχουσες βιομηχανίες παραγωγής φυτικών ροφημάτων που θέλει να διαθέσει στην αγορά καινοτόμα προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας.

Κατά συνέπεια η βιομηχανία θα αξιοποιήσει υπάρχοντα εξοπλισμό μειώνοντας την αχρησιμοποίητη παραγωγική ικανότητα (idle capacity) γεγονός που επιδρά θετικά στο κόστος παραγωγής όλων των προϊόντων που χρησιμοποιούν τον συγκεκριμένο εξοπλισμό γιατί μειώνει το κόστος της μηχανώρας.

Αντίστοιχα θα κάνει χρήση του ήδη υπάρχοντος βοηθητικού εξοπλισμού (αναλυτικός εξοπλισμός, αποθήκευση, διανομή κτλ.).

Οι παραγωγικές ανάγκες σε ανθρώπινο δυναμικό καθώς και τα λοιπά λειτουργικά κόστη έχουν μικρή επιβάρυνση η οποία δυνητικά μπορεί να καλύψει επιβαρύνσεις που μπορούν να προκύψουν για την βιομηχανία στο άμεσο μέλλον αν δεν προχωρήσει σε εισαγωγή στην αγορά νέων, καινοτόμων προϊόντων. Γενικά σε βάθος χρόνου, με δεδομένο τη μεγάλης διάρκειας ζωή των ροφημάτων αυτών, είναι δυνατή η εισαγωγή από άλλες χώρες, δηλαδή νέους «παίκτες» στην συγκεκριμένη αγορά ή/και προϊόντα ιδιωτικής ετικέτας, ενέργειες που θα οδηγήσουν σε συρρίκνωση των μεριδίων αγοράς και της κερδοφορίας της βιομηχανίας.

7.4 Ανταγωνισμός

Στην ελληνική αγορά υπάρχουν αρκετά φυτικά ροφήματα (σόγιας, αμυγδάλου, ρυζιού, βρώμης, καρύδας κ.α.) ελληνικών και ξένων εταιρειών. Τα περισσότερα από αυτά είναι εμπλουτισμένα με διάφορα συστατικά όπως βιταμίνες. Σε κανένα όμως δεν εφαρμόζεται η μέθοδος της νανοενθυλάκωσης κατά την οποία προστατεύεται η βιταμίνη D από χημική, φυσική και

βιολογική υποβάθμιση ενώ παράλληλα συντελείται αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας και της δραστηριότητας. Πολλά από τα προϊόντα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος όπου κατηγοριοποιούνται με βάση την εταιρεία παραγωγής.

7.5 Σχέδιο Marketing

Η εταιρεία που θα παράγει το συγκεκριμένο προϊόν θα πραγματοποιήσει και το σχέδιο marketing προκειμένου, μέσω των καναλιών προώθησης, προβολής, διανομής και πώλησης των ήδη υπάρχοντων προϊόντων της, να προωθήσει και το νέο καινοτόμο προϊόν στους καταναλωτές.

7.5.1 Τοποθέτηση

Το εμπλουτισμένο με βιταμίνη D φυτικό ρόφημα σόγιας απευθύνεται σε καταναλωτές που έχουν υψηλές απαιτήσεις από τα προϊόντα που καταναλώνουν. Αναφέρεται σε καταναλωτές που ενδιαφέρονται για καινοτόμα, υψηλής ποιότητας προϊόντα με ολοκληρωμένη δράση και θέλουν με χρήση ενός μόνο προϊόντος να επιτύχουν το κατάλληλο αποτέλεσμα και τη μέγιστη δραστηριότητα των βιοδραστικών ουσιών.

Καταρχήν, από όλες τις εναλλακτικές λύσεις των φυτικών ροφημάτων, το ρόφημα σόγιας είναι εκείνο που περιέχει τις περισσότερες πρωτεΐνες (διαθέτει 6-7 gr ανά φλυτζάνι). Αυτό μπορεί να κάνει το ρόφημα σόγιας πιο χορταστικό και μια καλή επιλογή στην οικοδόμηση της μυϊκής μάζας του σώματος. Είναι επίσης μια καλή πηγή καλίου, το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην προφύλαξη από υψηλή αρτηριακή πίεση και εγκεφαλικό επεισόδιο.

Το γεγονός ότι αυτό το προϊόν είναι εμπλουτισμένο και, μάλιστα με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης, στοχεύει σε εκείνη τη μερίδα των καταναλωτών που θέλουν να καταπολεμήσουν την ανεπάρκεια βιταμίνης D με τέτοιο τρόπο ώστε με την λήψη ενός ποτηριού 200ml να καλύπτεται η ημερήσια συνιστώμενη δόση.

7.5.2 Τιμολόγηση

Όπως προέκυψε από το κεφάλαιο της Κοστολόγησης, το επιπλέον κόστος υλικών λόγω νανοενθυλάκωσης της βιταμίνης D είναι 0,2386 ευρώ ανά λίτρο τελικού προϊόντος. Η τιμή ενός

ροφήματος σόγιας κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα 2,90 ευρώ. Η αύξηση αυτής της τάξεως θεωρείται ανταγωνιστική σε σχέση με τα υπάρχοντα προϊόντα, ειδικά για τη διαφοροποίηση που προσφέρει αυτό το καινοτόμο προϊόν λόγω της νανοενθυλάκωσης και της δραστηκότητας των περιεχόμενων συστατικών.

7.5.3 Κανάλια Προώθησης και Προβολής του Προϊόντος

Οι καταναλωτές δεν είναι εξοικειωμένοι με την έννοια της νανοτεχνολογίας. Η προβολή και προώθησή του θα πρέπει να συνδυαστεί με εκπαίδευση και ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τα οφέλη και την τεχνολογία πίσω από την παρασκευή του. Η αγορά δείχνει να έχει ανοδική τάση όσον αφορά τα φυτικά ροφήματα και να καθοδηγείται κυρίως από τις νέες καταναλωτικές τάσεις που σχετίζονται με την διατροφή και την υγεία. Επίσης, το γεγονός ότι υπάρχει ένα αναγνωρίσιμο brand name πίσω από το νέο προϊόν αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με την προώθηση του νέου προϊόντος όσον αφορά τη σχέση εμπιστοσύνης που έχει χτίσει με τους καταναλωτές.

Σημαντικά μέσα που διαθέτει η επιχείρηση προκειμένου να γνωστοποιήσει την ύπαρξη του νέου προϊόντος αλλά και να ενημερώσει τους καταναλωτές σχετικά με τα οφέλη του είναι η διαφήμιση μέσω social media, του ψηφιακού marketing (digital marketing) όπως και της ιστοσελίδας της εταιρείας (content marketing – παροχή σημαντικών πληροφοριών με σκοπό την ενημέρωση του κοινού). Με αυτόν τον τρόπο οι καταναλωτές έχουν αναλυτική ενημέρωση σχετικά με την καινοτόμα τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του προϊόντος. Οι καταναλωτές πλέον επιθυμούν λειτουργικά και “value for money” προϊόντα. Θέλουν να γνωρίζουν πώς παράγεται ένα προϊόν διότι πλέον με την πληροφόρηση και τη γνώση που διαθέτουν είναι σε θέση ως «ορθολογικά όντα» να αγοράσουν το κατάλληλο για αυτούς προϊόν. Έτσι από τα 4P (product, place, price, promotion) του marketing μεταφερόμαστε στο SAVE (solution, access, value, education, engagement) το οποίο υποστηρίζει τη λύση που προσφέρει το προϊόν, την άμεση και σταθερή πρόσβαση στους καταναλωτές, την προστιθέμενη αξία του προϊόντος και τέλος την εκπαίδευση και εμπλοκή του καταναλωτή.

7.5.4 Κανάλια Διανομής - Πώλησης

Καθώς το προτεινόμενο προϊόν θα αποτελεί μέρος του εμπορικού portfolio μιας ήδη υπάρχουσας εταιρείας, θεωρείται ότι θα χρησιμοποιηθούν τα κανάλια διανομής και πώλησης που

διαθέτει τα οποία περιλαμβάνουν λιανική πώληση σε supermarkets και όπου αλλού υπάρχουν ψυγεία με παρόμοια προϊόντα.

7.6 Ανάλυση SWOT

Στον παρακάτω Πίνακα με την ανάλυση SWOT παρουσιάζονται τα δυνατά (strong) σημεία, οι αδυναμίες (weaknesses) του προϊόντος, καθώς και οι ευκαιρίες (opportunities) αλλά και οι απειλές (threats) που υπάρχουν σχετικά με την ανάπτυξη και παραγωγή ενός φυτικού ροφήματος εμπλουτισμένου με βιταμίνη D με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης.

	ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	Καινοτομία εμπλουτισμού βιταμίνης D με νανοενθυλάκωση.	Ρίσκο λόγω μη εξοικείωσης καταναλωτών με την έννοια της νανοτεχνολογίας
	Κατοχύρωση πατέντας	Επιπλέον κόστος για επιχειρήσεις που δεν διαθέτουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό
	Αυξημένη ζήτηση καταναλωτών για εμπλουτισμένα τρόφιμα	Επιπλέον αλλά μικρό κόστος για επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται ήδη στον κλάδο των φυτικών ροφημάτων
	Το ρόφημα σόγιας περιέχει ίδιο αριθμό πρωτεϊνών και λιγότερες θερμίδες σε σχέση με το πλήρες και ελαφρύ αγελαδινό γάλα	Προσοχή στις αναγραφόμενες ποσότητες κατανάλωσης προκειμένου να αποφευχθεί η περίπτωση της υπερδοσολογίας βιταμίνης D
	Επιλογή ροφήματος σόγιας λόγω διαιτητικών περιορισμών, αλλεργιών ή δυσανεγιών	Δαπάνη χρόνου και χρημάτων λόγω έρευνας και ανάπτυξης που θα προηγηθεί ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η μέθοδος παραγωγής του προϊόντος
	Θα λανσαριστεί υπό το brand name ήδη υπάρχουσας εταιρείας	
	Ήδη υπάρχουσα τεχνογνωσία στα φυτικά ροφήματα όπως και κανάλια διανομής και πώλησης	
	ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΑΠΕΙΛΕΣ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	Το ρόφημα σόγιας κατέχει παγκοσμίως το 58% της παγκόσμιας ζήτησης φυτικών ροφημάτων	Οικονομική κρίση που πλήττει την Ελλάδα
	Η τάση κατανάλωσης φυτικών ροφημάτων είναι ανοδική μέχρι το 2025 στην Ελλάδα και παγκοσμίως	Λόγω του ότι είναι προϊόν μακράς διάρκειας είναι δυνατή η εισαγωγή του από το εξωτερικό με πιο ανταγωνιστικές τιμές
	Στάση ζωής των vegans με σκοπό την υποστήριξη των δικαιωμάτων των ζώων και την προστασία του περιβάλλοντος	Κίνδυνος αντιγραφής ιδέας από ανταγωνιστή
	Η βιομηχανία θα αξιοποιήσει υπάρχοντα εξοπλισμό μειώνοντας την αχρησιμοποίητη παραγωγική ικανότητα (idle capacity)	Αύξηση τιμών α'-υλών και υπερβολικό επιπλέον κόστος τελικού προϊόντος
	Δυνατότητα νανοενθυλάκωσης και άλλων βιοδραστικών ουσιών	Δυσπιστία καταναλωτών απέναντι στη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης

		Δυνατότητα παραγωγής σειράς προϊόντων		Αντιμετώπιση της ανεπάρκειας βιταμίνης D με χρήση άλλων προϊόντων όπως συμπληρωμάτων διατροφής
--	--	---------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η ανάπτυξη ενός φυτικού ροφήματος, συγκεκριμένα σόγιας, εμπλουτισμένου με βιταμίνη D με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης. Η ενθυλάκωση λιποδιαλυτών βιταμινών σε ο/ω νανογαλακτώματα είναι μία καινοτόμος μέθοδος εμπλουτισμού των τροφίμων που συντελεί στην αύξηση της απορρόφησης των βιταμινών από το οργανισμό καθώς και στην προστασία αυτών όπως και άλλων βιοδραστικών ουσιών από χημική, φυσική και βιολογική υποβάθμιση

Μελετώντας διεξοδικά την υφιστάμενη βιβλιογραφία παρατηρήθηκε ότι έχουν γίνει έρευνες με στόχο την νανοενθυλάκωση και προστασία βιταμινών αλλά δεν εντοπίστηκε να έχει πραγματοποιηθεί δοκιμή σε αντίστοιχο προϊόν φυτικού ροφήματος παρά μόνο μία εργασία με εφαρμογή σε πλήρες παστεριωμένο γάλα. Σύμφωνα με τις πειραματικές δοκιμές της συγκεκριμένης εργασίας προτείνεται ότι για μία περιεκτικότητα του τελικού προϊόντος σε νανογαλακτώμα 9% v/v , δηλαδή 0,045μg βιταμίνης /ml γάλακτος , πρέπει να προστεθούν 10 ml νανογαλακτώματος σε 100ml γάλακτος. Η περιεκτικότητα αυτή επιλέχθηκε με στόχο ένα ποτήρι γάλα ~200ml να πλησιάζει την συνιστώμενη ημερήσια δόση βιταμίνης D των 10μg. Η σύσταση του νανογαλακτώματος που προτείνεται στην περίπτωση του φυτικού ροφήματος είναι 90% νερό, 4% Μονο- και διγλυκερίδια (E471) / Λεκιθίνη (3:1) και 6% κ.β Σογιέλαιο. Αυτό το σύστημα ενθυλάκωσης, με τη διαφορά ότι αντικαταστάθηκε το Tween20 με μονο- και διγλυκερίδια (E471), ως πιο συμβατό και πιο κοινά χρησιμοποιούμενο γαλακτωματοποιητή στη βιομηχανία τροφίμων, παρουσίασε την καλύτερη σταθερότητα παρουσία βιταμίνης (0,5 μg/mL) και την επιθυμητή κατανομή μεγεθών που απαιτείται ώστε να αυξηθεί η βιοδιαθεσιμότητα του εγκλωβισμένου συστατικού.

Το αγελαδινό γάλα, αν και δημοφιλής επιλογή για πολλούς, υπάρχουν ορισμένοι άνθρωποι που δεν μπορούν ή έχουν επιλέξει να μην πίνουν γάλα λόγω προσωπικών προτιμήσεων, διαιτητικών περιορισμών, αλλεργιών ή δυσανεγιών. Ωστόσο υπάρχουν πολλές διαθέσιμες εναλλακτικές μη ζωικής προέλευσης όπως ροφήματα που παράγονται από ξηρούς καρπούς και σπόρους (αμύγδαλο, αρακάς, φουντούκι, καρύδι, καρύδα, φιστίκι Αιγίνης (pistachio), σουσάμι, σπόροι τσία, ηλιόσποροι, σπόροι βρώσιμης κάνναβης), δημητριακά (ρύζι, κινόα, βρώμη) ή όσπρια (σόγια, φυστίκι αραχίδα (groundnut)).

Στην Ελλάδα που αποτελεί μια μικρή αγορά, εν μέσω κρίσης, η κατανάλωση φυτικών ροφημάτων, η μέση τιμή των οποίων κυμαίνεται στα 3 ευρώ όταν η τιμή στο ράφι του αγελαδινού γάλακτος κυμαίνεται στο 1,3 ευρώ το λίτρο, εμφανίζει υψηλά διψήφια ποσοστά ανάπτυξης, σε αντίθεση με την αγορά γάλακτος η οποία συνεχίζει να πιέζεται, όπως και η βιομηχανία αλλά και οι παραγωγοί αγελαδινού γάλακτος. Στον διεθνή χώρο αρκετές παραδοσιακές γαλακτοβιομηχανίες εισέρχονται σε αυτή τη νέα κατηγορία προϊόντων, γεγονός που επιβεβαιώνει πως η ζήτηση για φυτικά ροφήματα είναι υπαρκτή και συνεχώς αυξανόμενη.

Θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική προϋπόθεση προώθησης του προτεινόμενου προϊόντος το στοχευμένο marketing από επαγγελματίες του κλάδου, ιδιαίτερα σε μια αγορά στην οποία οι καταναλωτές αναζητούν προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε κοστολόγηση του προτεινόμενου προϊόντος και διαπιστώθηκε ότι ο εμπλουτισμός με βιταμίνη D ενός φυτικού ροφήματος σόγιας θεωρητικά από μια ήδη υπάρχουσα βιομηχανία που δραστηριοποιείται στον συγκεκριμένο κλάδο με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης επιβαρύνει το τελικό κόστος του προϊόντος με μια διαφορά, της τάξεως του 7,5% ανά λίτρο τελικού προϊόντος. Λαμβάνοντας υπόψη την ανοδική τάση του μεριδίου αγοράς που καταλαμβάνουν τα φυτικά ροφήματα στην ελληνική και διεθνή αγορά, όπως και το γεγονός ότι οι καταναλωτές λειτουργούν ορθολογικά και επιθυμούν να λαμβάνουν τη μέγιστη χρησιμότητα από τα προϊόντα που χρησιμοποιούν, ειδικά όταν πρόκειται για εμπλουτισμένα τρόφιμα, το προτεινόμενο φυτικό ρόφημα σόγιας, εμπλουτισμένο με βιταμίνη D με τη μέθοδο της νανοενθυλάκωσης, αποτελεί ένα ελκυστικό πεδίο για το καταναλωτικό κοινό αλλά και για τους εν δυνάμει επενδυτές.

9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Silva, H. D., Cerqueira, M. Â., & Vicente, A. A. (2012). Nanoemulsions for Food Applications: Development and Characterization, *Food Bioprocess Technology*, 5, 854–867.
2. Taylor, P., McClements, D. J., & Rao, J. (2011). Toxicity Food-Grade Nanoemulsions: Formulation, Fabrication, Properties, *Food Science and Nutrition*, (May 2013), 37–41.
3. Yang, Y., & McClements, D. J. (2013). Food Hydrocolloids Encapsulation of vitamin E in edible emulsions fabricated using a natural surfactant. *Food Hydrocolloids*, 30(2), 712–720.
4. Hildeliza, Q. B., Chanona-pe, J., Jose, L. S. M., Gutie, G. F., & Jimene, A. (2010). Nanoencapsulation: A New Trend in Food Engineering Processing, *Food Eng Rev*, 2, 39–50.
5. Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods, *Trends in Food Science & Technology*, 1-12.
6. Fathi, M., Mozafari, M. R., & Mohebbi, M. (2012). Nanoencapsulation of food ingredients using lipid based delivery systems, *Trends in Food Science & Technology*, 23(1), 13–27.
7. Golfomitsou, I., Mitsou, E., Xenakis, A., & Papadimitriou, V. (2018). Development of food grade O / W nanoemulsions as carriers of vitamin D for the fortification of emulsion based food matrices: A structural and activity study, *Journal of Molecular Liquids*, 268, 734–742.
8. Donsì, F., Annunziata, M., Sessa, M., & Ferrari, G. (2011). LWT - Food Science and Technology Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods. *LWT - Food Science and Technology*, 44(9), 1908–1914.
9. Ziani, K., Fang, Y., & Julian, D. (2012). Encapsulation of functional lipophilic components in surfactant-based colloidal delivery systems: Vitamin E, vitamin D, and lemon oil. *Food Chemistry*, 134(2), 1106–1112.
10. Katouzian, I., & Mahdi, S. (2016). Trends in Food Science & Technology Nanoencapsulation as a promising approach for targeted delivery and controlled release of vitamins. *Trends in Food Science & Technology*, 53, 34–48.



11. Guttoff, M., Saberi, A. H., & McClements, D. J. (2015). Formation of vitamin D nanoemulsion-based delivery systems by spontaneous emulsification: Factors affecting particle size and stability. *Food Chemistry*, 171, 117–122.
12. Teng, Z., Luo, Y., & Wang, Q. (2013). Carboxymethyl chitosan – soy protein complex nanoparticles for the encapsulation and controlled release of vitamin D 3. *Food Chemistry*, 141(1), 524–532.
13. Rezaul, M., Shishir, I., Xie, L., Sun, C., & Zheng, X. (2018). Trends in Food Science & Technology Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters. *Trends in Food Science & Technology*, 78(December 2017), 34–60.
14. McClements, D. J., Zou, L., Zhang, R., Salvia-trujillo, L., Kumosani, T., & Xiao, H. (2015). Enhancing Nutraceutical Performance Using Excipient Foods: Designing Food Structures and Compositions to Increase Bioavailability, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 824–847.
15. Guttoff, M., Saberi, A. H., & McClements, D. J. (2015). Formation of vitamin D nanoemulsion-based delivery systems by spontaneous emulsification: Factors affecting particle size and stability. *Food Chemistry*, 171, 117–122.
16. Tolve, R., Galgano, F., Caruso, M. C., Laure, F., Condelli, N., Favati, F., Zhang, Z. (2016). Encapsulation of health-promoting ingredients: applications in foodstuffs, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 7486(January 2018).
17. Winuprasith, T., Khomein, P., & Mitbumrung, W. (2018). Food Hydrocolloids Encapsulation of vitamin D₃ in pickering emulsions stabilized by nano fi brillated mangosteen cellulose: Impact on in vitro digestion and bioaccessibility. *Food Hydrocolloids*, 83, 153–164.
18. Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1(August 2014), 1806–1815.
19. Sethi, S., & Rahul, S. K. T. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423.

20. Yadav, D. N., Bansal, S., Jaiswal, A. K., & Singh, R. (2017). Plant Based Dairy Analogues: An Emerging Food, *Agricultural Research & Technology Open Access Journal*, 10(2), 1–4.
21. Kundu, P., Dhankhar, J., & Sharma, A. (2018). Development of Non Dairy Milk Alternative Using Soymilk and Almond Milk, *Current Research in Nutrition and Food Science*, 06(1), 203-210.
22. Taylor, P., Outi, M., Mäkinen, E., Wanhalinna, M. V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (n.d.). Foods for Special Dietary Needs: Non-Dairy Plant Based Milk Substitutes and Fermented Dairy Type Products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (January 2015), 37–41.
23. Ludvigsen, B. H. K., Product, G., Manager, A., Baez, G., Manager, B. U., & Group, I. C. (n.d.). Controlling stability for non-dairy alternative drinks, 1–4.
24. Bridges, M. (2018). Moo-ove Over, Cow's Milk: The Rise of Plant-Based Dairy Alternatives, *Practical Gastroenterology*, (January).
25. Dasgupta, N., Ranjan, S., Mundra, S., Ramalingam, C., & Kumar, A. (2016). Fabrication of Food Grade Vitamin E Nanoemulsion by Low Energy Approach, Characterization and Its Application, *International Journal of Food Properties*, 19(3), 700–708.
26. Sotomayor-Gerding, D., Oomah, B. D., Acevedo, F., Morales, E., Bustamante, M., Shene, C., & Rubilar, M. (2016). High carotenoid bioaccessibility through linseed oil nanoemulsions with enhanced physical and oxidative stability, *Food Chemistry*, 199, 463–470.
27. Virginia Campani et.al., (2016), Development of nanoemulsions for topical delivery of vitamin K1, *International Journal of Pharmaceutics*, 511, 170-177.
28. Rebecca Walker, Eric A. Decker, and David Julian McClements , (2015), Development of food-grade nanoemulsions and emulsions for delivery of omega-3 fatty acids: opportunities and obstacles in the food industry , *Food & Function* , 6, 42.
29. Scientific Opinion on the tolerable. Upper intake level of vitamin D (2012), *EFSA Journal*, 10(7): 2813.
30. Dietary Reference Values for nutrients Summary report, (2017), *EFSA Supporting Publications*, 14(12).



31. Turck, D., Bresson, J., Burlingame, B., Dean, T., Fairweather-Tait, S., Heinonen, M., Neuhäuser-Berthold, M. (2017), Dietary reference values for vitamin D, EFSA Journal, 15(5).
32. David Julian McClements, (2005), Food Emulsions Principles, Practices, and Techniques, Second Edition, CRC PRESS.
33. David Julian McClements, (2016), Food Emulsions Principles, Practices, and Techniques, Third Edition, CRC PRESS, chapt.4.
34. David Julian McClements, (2012), Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities, The royal society of chemistry, vol.8, 1719-1729.
35. McClements, Decker, (2000), Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems, Journal of Food Science, 65, 1270–1282.
36. Krog, Sparso, (2004), Food Emulsifiers: Their chemical and physical properties, in Food Emulsions, 4th ed., Friberg, S., Larsson, K., Sjoblom, J., Eds., Marcel Dekker, New York, NY, Chap. 2.
37. Maurya, V. K., & Aggarwal, M. (2017),. Enhancing Bio-Availability of Vitamin D by Nano-Engineered Based Delivery Systems- An Overview, Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 6(7), 340–353.
38. McDowell, L. R., (2000), Vitamins in animal and human nutrition, Iowa State University Press, South State Avenue, Ames, Iowa.
39. www.grandviewresearch.com, “Dairy Alternatives Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Soy Milk, Almond Milk, Rice Milk), By Formulation (Plain, Flavored), By Application (Food, Beverages), And Segment Forecasts, 2019 – 2025”
40. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/dairy-alternatives-market>, “Dairy Alternative Products Market - Growth, Trends and Forecast (2019 - 2024)”

10 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



Πίνακας 6. Φυτικά ροφήματα αγοράς

ΠΡΟΪΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΛΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ΔΕΛΤΑ Φιστίκι Ρόφημα 1L		Ανά 100m	117kj/ 28kcal	1,2g	0,2g	3,7g	2,4g	0,2g	0,5g	0,1g	0,92μg	3,68μg		0,3μg	120μg
		Ανά Ποτήρι 250 ml	295kj/ 70kcal	3,0g	0,5g	9,3g	6,0g	0,5g	1,3g	0,25g	2,3μg	9,2μg		0,75μg	300μg
Συστατικά	Νερό, φιστίκι (2,5%), ζάχαρη, ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, γαλακτωματοποιητής: λεκιθίνη ηλίανθου, σταθεροποιητής: κόμμι ιζελάν, βιταμίνες: B12, D,E.														
ΔΕΛΤΑ Αμύγδαλο Ρόφημα 1L		Ανά 100m	153kj/ 37kcal	1,7g	0,1g	4,4g	3,6g	0,4g	0,7g	0,1g	0,92μg	3,68μg	0,28μg	0,3μg	120μg
		Ανά Ποτήρι 250 ml	385kj/ 92kcal	4,3g	0,3g	11,0g	9,0g	1,0g	1,8g	0,25g	2,3μg	9,2μg	0,7μg	0,75μg	300μg
Συστατικά	Νερό, αμύγδαλο (3%), ζάχαρη, ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, γαλακτωματοποιητής: λεκιθίνη ηλίανθου, σταθεροποιητής: κόμμι ιζελάν, βιταμίνες: B2, B12, D,E.														



Συνέχεια Πίνακα 6

ΠΡΟΙΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΩΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚ ΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΩΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΛΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ΔΕΛΤΑ Αμύγδαλο Ρόφημα χωρίς προσθήκη ζάχαρης 1L		Ανά 100ml	129kj/ 31kcal	1,7g	0,1g	3,0g	2,0g	0,4g	0,7g	0,1g	0,92μg	3,68μg	0,28μg	0,3μg	120μg
		Ανά Ποτήρι 250 ml	325kj/ 78kcal	4,3g	0,3g	7,5g	5,0g	1,0g	1,8g	0,25g	2,3μg	9,2μg	0,7μg	0,75μg	300μg
Συστατικά	Νερό, αμύγδαλο (3%), ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, γαλακτωματοποιητής: λεκιθίνη ηλίανθου, σταθεροποιητής: κόμμι τζελάν, βιταμίνες: B2, B12, D,E.														
ΔΕΛΤΑ Καρύδα Ρόφημα 1L		Ανά 100ml	145kj/ 35kcal	1,5g	1,0g	5,0g	2,7g	0,2g	0,2g	0,10g	0,92μg	3,68μg		0,3μg	120μg
		Ανά Ποτήρι 250 ml	366kj/ 87kcal	3,8g	2,5g	12,5g	6,8g	0,5g	0,5g	0,25g	2,3μg	9,2μg		0,75μg	300μg
Συστατικά	Νερό, ρύζι (5,1%), καρύδα (1,5%), ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, φυσικό άρωμα, σταθεροποιητής: κόμμι τζελάν, βιταμίνες: B12, D,E.														

Συνέχεια Πίνακα 6



ΠΡΟΙΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚ ΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΛΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D2	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ΒΙΤΑΜ Ρόφημα Αμυγδαλού 1L		Ανά 100ml	172kJ / 41 kcal	3,5 g	0,4 g	1,7 g	1,7 g	<0,5 g	0,7 g	0,12 g	1,5μg		0,21 μg	0,38 μg	120 μg
		Ανά Ποτήρι 250 ml	430 kJ / 103 kcal	8,75 g	1,0 g	4,25 g	4,25 g	<1,25 g	1,75 g	0,3 g	3,75μg		0,53 μg	0,95 μg	300 μg
Συστατικά	Νερό, αμύγδαλα 2,5%, φυτικά έλαια 2% (ηλιέλαιο, έλαιο λιναρόσπορου), ζάχαρη, σταθεροποιητές (κόμμι τζελάν, κόμμι γκουάρ), γαλακτωματοποιητές (λεκιθίνες), ανθρακικό ασβέστιο, αλάτι, βιταμίνες B2, B12, D2, φυσική αρωματική ύλη.														
ΒΙΤΑΜ Ρόφημα Σόγιας 1L		Ανά 100ml	222kJ / 53 kcal	3,7 g	0,5 g	1,8 g	1,7 g	<0,5 g	3 g	0,08 g	1,5 μg		0,21 μg	0,38 μg	120 μg
		Ανά Ποτήρι 250 ml	555 kJ / 133 kcal	9,25 g	1,25 g	4,50 g	4,25 g	<1,25 g	7,5 g	0,2 g	3,75 μg		0,53 μg	0,95 μg	300 μg
Συστατικά	Νερό, καρποί σόγιας 6,9%, φυτικά έλαια 2% (ηλιέλαιο, έλαιο λιναρόσπορου), ζάχαρη, ανθρακικό ασβέστιο, σταθεροποιητής (κόμμι τζελάν), αλάτι, ρυθμιστής οξύτητας (όξινο φωσφορικό κάλιο), φυσική αρωματική ύλη, βιταμίνες B2, B12, D2.														

Συνέχεια Πίνακα 6

ΠΡΟΙΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚ ΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΛΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D2	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ΒΙΤΑΜ Ρόφημα Φουντούκι Κακάο 1L		Ανά 100ml	221 kJ / 53 kcal	3,4 g	0,4 g	4,7 g	4,5 g	0,6 g	0,6 g	0,12 g	1,5 µg		0,21 µg	0,38 µg	120 µg
		Ανά Ποτήρι 250 ml	553 kJ / 133 kcal	8,5 g	1,0 g	11,75 g	11,25 g	1,5 g	1,5 g	0,3 g	3,75 µg		0,53 µg	0,95 µg	300 µg
Συστατικά	Νερό, ζάχαρη, φουντούκι 2%, φυτικά έλαια 2% (ηλιέλαιο, έλαιο λιναρόσπορου), αποβουτυρωμένη σκόνη κακάο 1,2%, ανθρακικό ασβέστιο, αλάτι, σταθεροποιητές (κόμμι τζελάν, κόμμι γκουάρ), γαλακτωματοποιητής (λεκιθίνες), φυσικές αρωματικές ύλες, βιταμίνες B2, B12, D2.														
ALPRO Ρόφημα Σόγιας Original 1L		Ανά 100ml	163kJ / 39kcal	1,8g	0,3g	2,5g	2,5g	0,5g	3,0g	0,09g	0,75µg 15%*		0,21mg 15%*	0,38µg 15%*	120mg 15%*
Συστατικά	Νερό, αποφλοιωμένοι καρποί σόγιας (8%), ζάχαρη, ανθρακικό ασβέστιο, ρυθμιστής οξύτητας (Φωσφορικά άλατα του καλίου), αρωματική ύλη, θαλασσινό αλάτι, σταθεροποιητής (κόμμι τζελάν), βιταμίνες (B2, B12, D2)														



(*)= των διατροφικών τιμών αναφοράς

Συνέχεια Πίνακα 6

ΠΡΟΙΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚ ΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΛΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ALPRO Ρόφημα Αμυγδαλού Original 1L		Ανά 100ml	102kJ / 24kcal	1,1g	0,1g	3,0g	3,0g	0,2g	0,5g	0,13g	0,75μg 15%*		0,21mg 15%*	0,38μg 15%*	120mg 15%*
Συστατικά	Νερό, ζάχαρη, αμύγδαλο (2%), ουδέτερο φωσφορικό ασβέστιο, θαλασσίνο αλάτι, σταθεροποιητές (κόμμι χαρουπιών, κόμμι τζελάν), γαλακτωματοποιητής (λεκιθίνη ηλίανθου), Βιταμίνες (ριβοφλαβίνη (B2), B12, E, D2).														
ALPRO Ρόφημα Cashew Original 1L		Ανά 100ml	98 kJ / 23 kcal	1,1 g	0,2 g	2,6 g	2,0 g	0,2 g	0,5 g	0,13 g	0,75 μg 15%*	1,8 mg 15%*	0,21 mg 15%*	0,38 μg 15%*	120 mg 15%*
Συστατικά	Νερό, κάσιους (3,1%), ζάχαρη, ουδέτερο Φωσφορικό ασβέστιο, θαλασσίνο αλάτι, σταθεροποιητές (κόμμι χαρουπιών, κόμμι τζελάν), γαλακτωματοποιητής (λεκιθίνες (ηλίανθου)), βιταμίνες (ριβοφλαβίνη (B2), B12, E, D2)														



(*)= των διατροφικών τιμών αναφοράς

Συνέχεια Πίνακα 6


ΠΡΟΙΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚ ΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ALPRO Ρόφημα Καρύδας Original 1L		Ανά 100ml	85 kJ / 20 kcal	0,9g	0,9g	2,7g	1,9g	0,1g	0,1g	0,13g	0,75μg 15%*			0,38μg 15%*	120mg 15%*
Συστατικά	Νερό, γάλα καρύδας (5,3%) (κρέμα καρύδας, νερό), ρύζι (3,3%), ουδέτερο φωσφορικό ασβέστιο, σταθεροποιητές (κόμμι γκουάρ, κόμμι τζελάν, κόμμι ξανθάνης), θαλασσίνο αλάτι, βιταμίνες (B12, D2), αρωματικές ύλες														
ALPRO Ρόφημα Ρυζιού Original 1L		Ανά 100ml	253kJ / 60kcal	1,3g	0,2g	12,2g	5,0g		0,1g	0,1g	0,75μg 15%*		0,21mg 15%*	0,38μg 15%*	120mg 15%*
Συστατικά	Νερό, Ρύζι (12%), Ηλιέλαιο, Φωσφορικός ασβέστιο, (μαλτοδεξτρίνη), γαλακτωματοποιητής (Λεκιθίνη ελαιοκράμβης), θαλασσίνο αλάτι, αρωματική ύλη, Σταθεροποιητής (κόμμι τζελάν), βιταμίνες (ριβοφλαβίνη (B2), B12, D2), ρυθμιστής οξύτητας (Φωσφορικό κάλιο)														

(*)= των διατροφικών τιμών αναφοράς

Συνέχεια Πίνακα 6

ΠΡΟΙΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚ ΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΛΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D2	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ΟΛΥΜΠΟΣ Ρόφημα αμυγδαλού με κακάο 0,5L		Ανά 250ml	119 kcal	4,3 gr	0,7 gr	18,8g	17,8 gr	4,3g	1,3g	0,3 gr	1,75μg	4,50mg	0,53mg	0,94μg	300mg
Συστατικά	Νερό, ζάχαρη, αμύγδαλο (2,5%), κακάο (1,7%), φυτικές ίνες, σταθεροποιητές gellam gum (κόμμι τζελάν), κόμμι χαρουπιού, γαλακτωματοποιητής λεκιθίνη ηλιέλαιου, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες, τριφωσφορικό ασβέστιο, βιταμίνες B2, B12, D2, E.														
ΟΛΥΜΠΟΣ Ρόφημα Αμυγδαλού Φυσική Γεύση 1L		Ανά 250ml	305kJ / 73kcal	3,8g	0,3g	8,0g	7,0g	2,4g	1,8g	0,3g	1,75μg	4,50mg	0,53mg	0,94μg	300mg
Συστατικά	Νερό, αμύγδαλο (2,5%), ζάχαρη, φυτικές ίνες, σταθεροποιητές gellam gum (κόμμι τζελάν), κόμμι χαρουπιού, γαλακτωματοποιητής λεκιθίνη ηλιέλαιου, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες, τριφωσφορικό ασβέστιο, βιταμίνες B2, B12, D2, E.														

Συνέχεια Πίνακα 6

ΠΡΟΙΟΝ			ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΛΙΠΑΡΑ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚ ΕΣ	ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΣΑΚΧΑΡΑ	ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΛΑΤΙ	Βιταμίνη D2	Βιταμίνη E	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B12	Ασβέστιο
ΟΛΥΜΠΟΣ Ρόφημα Αμυγδάλου Χωρίς Προσθήκη Ζάχαρης 1L		Ανά 250ml	59 kcal	4,3 gr	0,7 gr	18,8g	17,8 gr	4,3g	1,3g	0,3 gr	1,75μg	4,50mg	0,53mg	0,94μg	300mg
Συστατικά	Νερό, ζάχαρη, αμύγδαλο (2,5%), κακάο (1,7%), φυτικές ίνες, σταθεροποιητές gellan gum (κόμμι τζελάν), κόμμι χαρουπιού, γαλακτωματοποιητής λεκιθίνη ηλιέλαιου, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες, τριφωσφορικό ασβέστιο, βιταμίνες B2, B12, D2, E.														

Πίνακας 7. Σύσταση διαθρεπτικών στοιχείων αγελαδινού γάλακτος και φυτικών ροφημάτων ανά 240ml (Bridges et al, 2018)

Nutrition Content	Cow's Milk	Almond		Cashew	Coconut		Flax	Hemp	Oat	Pea	Potato	Rice	Soy
Product	2% with Vitamin A & D	Blue Diamond Almond Breeze	Califia Farms Original	Silk Original	So Delicious Original (diluted beverage/ carton)	Thai Kitchen Coconut Milk (canned)	Good Karma Plain	Living Harvest Original	Pacific Original	Ripple Original	Dari-Free	Pacific Original	Silk Original
Energy (kcal)	122	41	59	60	70	424	24	101	130	101	70	130	100
Protein (g)	8.05	1.01	1.00	1.01	0	3.03	0	1.99	4.01	7.99	0	1.01	8.0
Fat (total g)	4.83	2.50	4.01	2.50	4.51	42.42	2.50	7.01	2.50	4.51	0	1.99	4.01
Saturated (g)	3.067	0	0	0	4.512	30.303	0	0.504	0	0.5	0	0	0.501
Carbohydrate (g)	11.71	4.01	6.00	9.00	7.99	9.09	1.01	7.99	24.00	6.00	20	27.00	7.99
Fiber (g)	0	1.0	0.9	0.0	1.0	0	0	0	1.9	0	0	0	1.0
Sugars (g)	12.35	3.00	5.00	7.01	7.01	3.03	0	6.00	19.01	6.00	2	13.99	6.00
Calcium (mg)	293	451	450	451	101	0	300	300	350	451	300	300	299
Iron (mg)	0.05	0.72	0.71	0.36	0	6.55	0.36	1.08	1.80	2.69	0.72	1.08	1.07
Magnesium (mg)	27	N/A	N/A	17	41	N/A	N/A	41	N/A	0	N/A	N/A	39
Potassium (mg)	342	180	N/A	29	41	491	0	N/A	120	451	50	N/A	299
Sodium (mg)	115	149	161	170	0	46	79	110	115	130	120	60	119
Riboflavin (mg)	0.451	0.034	0.424	0.509	N/A	N/A	N/A	0.425	0.509	N/A	0.13	N/A	0.510
Vitamin B12 (mcg)	1.29	N/A	3.01	3.00	3.00	N/A	1.49	1.49	N/A	N/A	0.96	N/A	2.99
Vitamin A (IU)	464	499	500	499	499	0	499	499	499	499	300	499	501
Vitamin D (IU)	120	89	100	101	101	N/A	101	101	101	120	90	101	119

Information obtained from the USDA Food Composition Databases.³ N/A = not available

Πίνακας 8. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αγελαδινού γάλακτος και φυτικών ροφημάτων (Bridges et al, 2018)

Beverage	Pros	Cons
Cow's Milk, 2%	High in protein, calcium and vitamin D	Not suitable for those with allergies or lactose intolerance; higher in saturated fat; may be derived from cattle treated with antibiotics and/or hormones
Soy Milk	Highest protein and least processed among plant-based milks	Higher fat than other plant-based milks; sweetened varieties can contain up to 19 g sugar
Almond Milk	Low-calorie; high in vitamin E	Very low-protein
Rice Milk	Best option for those with multiple allergies	Least amount of protein; often manufactured with added sugars
Oat Milk	Contains fiber, iron, and a moderate amount of protein	Ingredient list could contain potential allergens
Coconut Milk	Good source of potassium (490-600 mg per 8 oz. cup of canned milk); contains iron and fiber	Higher fat content than other plant-based milks; low in protein
Hemp Milk	High in essential fatty acids	Higher fat content than cow's milk; earthy flavor
Cashew Milk	Creamy taste and texture	Low-protein
Flax Milk	Low-calorie; high in essential fatty acids	Very low-protein
Pea Milk	High in protein; creamy taste and texture	Not widely available
Potato Milk	Fat-free; soy-, nut-, gluten- and casein-free	Very low-protein; not widely available; may contain allergenic additives

Πίνακας 9. Συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης D (EFSA, 2017)

Age group (years) ^(a)	α-Tocopherol (mg/d)	Age group (years)	Biotin (µg/d)	Choline (mg/d)	Cobalamin (µg/d)	Folate (µg DFE/d) ^(e)	Niacin (mg NE/MJ) ^(b)	Pantothenic acid (mg/day)	Riboflavin (mg/d)	Thiamin (mg/MJ)	Vitamin A (µg/d) ^(c)	Vitamin B6 (mg/d)	Vitamin C (mg/d)	Vitamin D (µg/d) ^(e)	Vitamin K (µg/d) ^(g)
7–11 mo ^(d)	5	7–11 mo ^(d)	6	160	1.5	80	1.6	3	0.4	0.1	250	0.3	20	10	10
1–2	6	1–3	20	140	1.5	120	1.6	4	0.6	0.1	250	0.6	20	15 ^(f)	12
3–9	9	4–6	25	170	1.5	140	1.6	4	0.7	0.1	300	0.7	30	15 ^(f)	20
		7–10	25	250	2.5	200	1.6	4	1.0	0.1	400	1.0	45	15 ^(f)	30
10–17	13	11–14	35	340	3.5	270	1.6	5	1.4	0.1	600	1.4	70	15 ^(f)	45
		15–17	35	400	4.0	330	1.6	5	1.6	0.1	750	1.7	100	15 ^(f)	65
≥ 18	13	≥ 18	40	400	4.0	330	1.6	5	1.6	0.1	750	1.7	110	15 ^(f)	70

d, day; MJ, megajoule; mo, months