



Σχολή Επιστημών Τροφίμων  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Συγκριτική μελέτη φυτικών ροφημάτων με φασματοσκοπία  
υπερύθρου και χρωματομετρία**

English Title

**Comparative study of plant-based milk beverages using ATR-  
FTIR spectroscopy and colorimetry**

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Στρατονίκη Αθανασοπούλου  
Stratoniki Athanasopoulou

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Βασιλεία Σινάνογλου  
Vassilia Sinanoglou

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2024

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο  
«**Συγκριτική μελέτη φυτικών ροφημάτων με φασματοσκοπία υπερύθρου και  
χρωματομετρία**» που παρουσιάστηκε από την **Στρατονίκη Αθανασοπούλου** και  
βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

	Όνοματεπώνυμο	Βαθμίδα/Ιδιότητα	Ψηφιακή Υπογραφή
Επιβλέπουσα Καθηγήτρια	Βασιλεία Σινάνογλου	Καθηγήτρια, Κοσμήτορας Σχολής Επιστημών Τροφίμων	
Μέλος Επιτροπής	Ευτυχία Κρίτση	Επίκουρη Καθηγήτρια	
Μέλος επιτροπής	Σπυρίδων Κοντελής	Επίκουρος Καθηγητής	

### **Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright**

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Στρατονίκη Αθανασοπούλου

## **Ευχαριστίες**

Ευχαριστώ πολύ την επιβλέπουσα καθηγήτρια Βασιλεία Σινάνογλου, για την εμπιστοσύνη της και την καθοδήγηση και βοήθειά της καθ' όλη την σύνταξη της παρούσας εργασίας. Επίσης ευχαριστώ την Υποψήφια Διδάκτορα Γεωργία Λαδίκα και Ναταλία Σταυροπούλου για την βοήθειά τους στην διεξαγωγή των πειραμάτων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

## **Αφιερώσεις**

*Αφιερωμένη στους γονείς μου Σπύρο και Σοφία και στον Χαράλαμπο.*

## Περίληψη

Η αναζήτηση εναλλακτικών ροφημάτων των ζωικών, από τους καταναλωτές, έχει αυξηθεί ιδιαίτερα. Η αγορά των φυτικών ροφημάτων παρουσιάζει ραγδαία αύξηση ενώ δεν έχουν πραγματοποιηθεί επαρκείς επιστημονικές μελέτες για αυτά. Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε έρευνα των φυτικών ροφημάτων που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, καταγραφή των συστατικών και της διατροφικής τους σύστασης και συγκριτική μελέτη αυτών, με την χρήση ενόργανων μεθόδων και συγκεκριμένα, φασματοσκοπίας υπερύθρου, χρωματομετρίας και μικροσκόπησης. Η μελέτη των παραμέτρων του χρώματος, υπέδειξε την συσχέτιση του εμπλουτισμού με πρωτεΐνες, μέταλλα και βιταμίνες με αυξημένη, θετική τιμή στην παράμετρο  $b^*$ , η οποία υποδηλώνει το κίτρινο χρώμα, ενώ σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η περιεκτικότητα του λίπους. Τα ροφήματα με βάση την σόγια και την βρώμη και τον αρακά, παρουσίασαν πιο κίτρινο χρώμα, συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα που εξετάστηκαν, ενώ φωτεινότερα ροφήματα, δηλαδή με υψηλότερη τιμή της παραμέτρου  $L^*$ , αναδείχθηκαν, με μικρή διαφορά, τα ροφήματα με βάση την σόγια το ρύζι και το αμύγδαλο. Στην φασματοσκοπία υπερύθρου, παρατηρήθηκε έντονη απορρόφηση στις ζώνες απορρόφησης των δονήσεων δεσμών που σχετίζονται με τις πρωτεΐνες ( $3300\text{ cm}^{-1} - 3270\text{ cm}^{-1}$  και  $1638\text{ cm}^{-1}$  ως  $1112\text{ cm}^{-1}$ ), στα ροφήματα σόγιας, αρακά και αμυγδάλου, των οποίων η πρώτη ύλη έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Τα ροφήματα καρύδας, σόγιας και αμυγδάλου, παρουσίασαν έντονη απορρόφηση στις ζώνες απορρόφησης των δονήσεων δεσμών που σχετίζονται με το λίπος ( $3010\text{ cm}^{-1}$ ,  $2923\text{ cm}^{-1}$ ,  $2856\text{ cm}^{-1}$ ,  $1746\text{ cm}^{-1}$ ), ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στην ένταση των απορροφήσεων στις ζώνες που αποδίδονται στους υδατάνθρακες. Η μελέτη της δευτεροταγούς δομής των πρωτεϊνών, υπέδειξε την πιθανώς αυξημένη πεπτικότητα των πρωτεϊνών στα ροφήματα ρυζιού και καστανού ρυζιού, ενώ μειωμένη εμφανίστηκε στα ροφήματα με υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο, όπως τα ροφήματα με βάση τη σόγια και τον αρακά, τα οποία εμφανίζουν το υψηλότερο ποσοστό της δομής β-παράλληλου φύλλου και χαμηλότερη αναλογία α-έλικας προς β-παράλληλο φύλλο. Τέλος, η μικροσκόπηση των δειγμάτων, ανέδειξε διαφοροποίηση των ροφημάτων που δεν περιέχουν σάκχαρα και ροφημάτων τα οποία περιέχουν πρόσθετα και τεχνολογικά βοηθήματα, τα οποία εμφάνισαν πυκνότερη δομή, συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα.

**Λέξεις – Κλειδιά: Φυτικά Ροφήματα, Φασματοσκοπία IR, Χρωματομετρία, Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών, Μικροσκόπηση**

## **Abstract**

The search for alternative beverages to animal-based ones by consumers has significantly increased. The market for plant-based beverages is experiencing rapid growth, yet there have not been sufficient scientific studies conducted on them. In the present study, an investigation was conducted on plant-based beverages available in the Greek market, recording their ingredients and nutritional composition, and a comparative study of these was carried out using instrumental methods, specifically infrared spectroscopy, colorimetry, and microscopy. The study of color parameters indicated that enrichment with proteins, minerals, and vitamins is associated with an increased positive value in the  $b^*$  parameter, which indicates yellow color, while fat content also plays a significant role. Beverages based on soy, oats, and peas showed a more yellow color compared to the other beverages examined, while the lightest beverages, i.e., with a higher  $L^*$  value, were found to be, with a slight difference, soy, rice, and almond-based beverages. In infrared spectroscopy, intense absorption was observed in the absorption bands of bond vibrations related to proteins (3300  $\text{cm}^{-1}$  – 3270  $\text{cm}^{-1}$  and 1638  $\text{cm}^{-1}$  to 1112  $\text{cm}^{-1}$ ) in soy, pea, and almond beverages, whose raw materials have high protein content. Coconut, soy, and almond beverages showed intense absorption in the absorption bands of bond vibrations related to fat (3010  $\text{cm}^{-1}$ , 2923  $\text{cm}^{-1}$ , 2856  $\text{cm}^{-1}$ , 1746  $\text{cm}^{-1}$ ), while no differentiation was observed in the intensity of absorption in the bands attributed to carbohydrates. The study of the secondary structure of proteins indicated the increased digestibility of proteins in rice and brown rice beverages, while it appeared reduced in beverages with high protein content, such as soy and pea-based beverages, which exhibit the highest proportion of  $\beta$ -sheet structure and a lower  $\alpha$ -helix to  $\beta$ -sheet ratio. Finally, microscopy of the samples highlighted differentiation between beverages that do not contain sugars and those that contain additives like emulsifiers, which showed a denser structure compared to the other beverages.

**Keywords: Plant – based beverages, IR spectroscopy, Colorimetry, Secondary protein structure, Microscopy**

## **Πίνακας περιεχομένων**

<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
<b>Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες φυτικών ροφημάτων .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Γενικά .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Σόγια .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.1 Χημική σύσταση σόγιας.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Βρώμη .....</b>	<b>4</b>
<b>2.4 Αμύγδαλο.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4.1 Χημική σύσταση Αμυγδάλου.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5 Άλλα είδη καρπών – σπόρων.....</b>	<b>9</b>
<b>2.5.1 Ρόφημα Φυστικιού .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5.2 Ρόφημα Ρυζιού .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5.3 Ρόφημα Καστανού Ρυζιού.....</b>	<b>9</b>
<b>2.5.4 Ρόφημα Κάνναβης.....</b>	<b>10</b>
<b>Κεφάλαιο 3. Τεχνολογία παρασκευής φυτικών ροφημάτων.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Παραγωγική διαδικασία φυτικών ροφημάτων .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Καινοτόμες μέθοδοι επεξεργασίας .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2.2 Παλμικό ηλεκτρικό πεδίο (ΠΗΠ) .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.3 Ομογενοποίηση υψηλής και υπέρ - υψηλής πίεσης (ΗΡΗ, UΗΡΗ).....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.4 Ωμική θέρμανση .....</b>	<b>15</b>
<b>Κεφάλαιο 4. Σκοπός της εργασίας .....</b>	<b>16</b>
<b>Κεφάλαιο 5: Υλικά &amp; Μέθοδοι .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Συλλογή δειγμάτων.....</b>	<b>17</b>
<b>5.2 Πειραματική πορεία .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.1 Παράμετροι χρώματος .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.2 Λυοφιλίωση .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.3 Φασματοσκοπία Υπερύθρου.....</b>	<b>25</b>

5.2.4 Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών .....	25
5.2.5 Μικροσκόπηση.....	26
<b>Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα &amp; Συζήτηση.....</b>	<b>27</b>
6.1 Χημική σύσταση.....	27
6.2 Μετρήσεις Χρώματος .....	28
6.3 Φασματοσκοπία Μέσου Υπερύθρου (ATR-FTIR) .....	31
6.4 Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών .....	36
6.5 Μικροσκόπηση .....	38
<b>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και υποδείξεις για περαιτέρω έρευνα .....</b>	<b>44</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΘΕ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.....</b>	<b>46</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II : ΚΛΑΣΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟΤΑΓΟΥΣ ΔΟΜΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>48</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III : ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΕΙΣ ΜΕΣΟΥ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΝΑΓΡΑΦΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟ 5.3.....</b>	<b>50</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΡΟΦΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΝΑΓΡΑΦΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟ 6.1.....</b>	<b>51</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>52</b>
<b>Πηγές Εικόνων.....</b>	<b>63</b>

## **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά και σύσταση αμινοξέων (% αμινοξέα στα 100g πρωτεΐνης) των κύριων σφαιρινών της σόγιας (Garcia et al., 1997) .....	4
Πίνακας 2 Χημική σύσταση βρώμης (g/100 g σε ξηρή βάση) (Boukid, 2021) .....	5
Πίνακας 3 Ποσότητα αμινοξέων πρωτεϊνών βρώμης ( g/100g απομονωμένης πρωτεΐνης) (Boukid, 2021) .....	6
Πίνακας 4: Θρεπτικό περιεχόμενο αμυγδάλων (Tomishima, et.al, 2021).....	8
Πίνακας 5: Κατηγοριοποίηση φυτικών ροφημάτων με βάση την προέλευσή τους (Reyes-Jurado, et al, 2021) .....	9



Πίνακας 6: Κωδικοποίηση δειγμάτων και συστατικά .....	17
Πίνακας 7: Επεξήγηση κωδικοποίησης δειγμάτων .....	22
Πίνακας 8: Γενική χημική σύσταση ανά κατηγορία φυτικού ροφήματος.....	27
Πίνακας 9: Παράμετροι χρώματος ανά κατηγορία φυτικού ροφήματος.....	28
Πίνακας 10: Παράμετροι χρώματος ζωικών γαλάτων (Milovanovic et al., 2020).....	31
Πίνακας 11: Απορροφήσεις χαρακτηριστικών ομάδων μακρομορίων και άλλων ενώσεων με βάση την βιβλιογραφία.....	31
Πίνακας 12: Απορροφήσεις μέσου υπερύθρου ανά κατηγορία ροφημάτων .....	32
Πίνακας 13: Μοριακά είδη πρωτεϊνών ανά κατηγορία φυτικού ροφήματος .....	36

## **Κατάλογος Εικόνων**

Εικόνα 1 Φασόλια σόγιας ( πηγή: <a href="https://www.organicfacts.net/health-benefits/cereal/soybeans.html">https://www.organicfacts.net/health-benefits/cereal/soybeans.html</a> ) .....	3
Εικόνα 2 Χημική δομή β-γλυκάνης από βρώμη (Pillai, et al, 2015).....	5
Εικόνα 3: Τοποθέτηση δειγμάτων για λυοφιλίωση .....	24
Εικόνα 4: Δείγματα μετά την λυοφιλίωση.....	24
Εικόνα 5: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (1).....	39
Εικόνα 6: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (2).....	40
Εικόνα 7: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (3).....	41
Εικόνα 8: Εικόνα 6: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (4) .....	42

## **Κατάλογος διαγραμμάτων**

Διάγραμμα 1: Γενικό διάγραμμα ροής παραγωγής φυτικών ροφημάτων (Bocker, et.al, 2022) .....	11
--	----

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, ως αντίκτυπο ηθικών ανησυχιών, περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και συνειδητού τρόπου ζωής, όσον αφορά το κομμάτι της διατροφής, η ζήτηση για φυτικά υποκατάστατα του γάλακτος, έχει αυξηθεί σημαντικά. Ταυτόχρονα, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγής γάλακτος, το οποίο είναι υψηλό, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης γης και νερού, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της ανησυχίας για την καλή διαβίωση των ζώων, ωθεί τους καταναλωτές στην αναζήτηση εναλλακτικών επιλογών. Τα ροφήματα φυτικής προέλευσης, είναι ροφήματα που προέρχονται από φυτικές πρώτες ύλες, συμπεριλαμβανομένων των ξηρών καρπών, των δημητριακών, των οσπρίων και των σπόρων. Τα ροφήματα αυτά, έχουν λάβει ιδιαίτερη προσοχή ως βιώσιμα υποκατάστατα του γάλακτος, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν επιλογή για ιδιαίτερες ομάδες του πληθυσμού όπως τα άτομα με δυσανεξία στην λακτόζη ή αλλεργία στις πρωτεΐνες του γάλακτος και τα άτομα που ακολουθούν χορτοφαγική (vegetarian) ή ακραιφνώς χορτοφαγική (vegan), διατροφή (Xie et al., 2023). Τα περισσότερα τρόφιμα φυτικής προέλευσης, έχουν συγκριτικά, μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο απ' ότι τα ζωικά. Αρκετές μελέτες έχουν παράσχει αποδείξεις για χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, χρήση γης και νερού στην παραγωγή φυτικών τροφίμων, σε αντίθεση με την παραγωγή ζωικών. Μελέτες, επίσης, συνδέουν την αυξημένη πρόσληψη τροφίμων φυτικής προέλευσης, με πλεονεκτήματα για την ανθρώπινη υγεία όπως είναι η αύξηση του προσδόκιμου ζωής και η θετική επίδραση των τροφών αυτών σε καρδιαγγειακά νοσήματα, διαβήτη τύπου II και καρκίνο (Abe-Inge et al., 2024). Επιπλέον, παρεμβατική μελέτη των Zugravu et al. (2022), με διάρκεια ενός έτους, συσχετίζει την υιοθέτηση φυτικής διατροφής με βελτίωση του δείκτη μάζας σώματος (BMI) και των λιπιδαιμικών δεικτών. Τα οφέλη της φυτικής διατροφής για την υγεία, αποδίδονται κυρίως στα βιοενεργά συστατικά που περιέχονται στα φυτικά τρόφιμα, όπως είναι τα βιοενεργά πεπτίδια, τα καροτενοειδή, τα φλαβονοειδή και οι φυτικές ίνες (Abe-Inge et al., 2024). Συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα, τα περισσότερα φυτικά υποκατάστατα γάλακτος στερούνται θρεπτικών συστατικών, όπως είναι οι πρωτεΐνες, ωστόσο, περιέχουν τα προαναφερθέντα βιοενεργά συστατικά, τα οποία προάγουν την ανθρώπινη υγεία και κατά συνέπεια ελκύουν τους ευαισθητοποιημένους, σε θέματα υγείας, καταναλωτές (Talay et al., 2023; Velangi et al., 2022). Ο αυξανόμενος αριθμός ατόμων που παρουσιάζουν δυσανεξία στην λακτόζη σε συνδυασμό με την αύξηση των υποστηρικτών ειδικών διατροφών, καθιστούν αναγκαία τη βιομηχανική παραγωγή υποκατάστατων των ζωικών προϊόντων,

όπως είναι τα φυτικά ροφήματα (Francisquini et al., 2024). Από τεχνολογική άποψη, οι φυσικοχημικές ιδιότητες των φυτικών ροφημάτων (προσθήκη σε ζεστά ροφήματα ή στο μαγείρεμα) διαφέρουν από αυτές των ζωικών με αποτέλεσμα πολλοί καταναλωτές να είναι απρόθυμοι να τα υιοθετήσουν στην καθημερινότητά τους. Συνεπώς υπάρχει η ανάγκη εξέτασης και κατανόησης των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους προκειμένου να αναπτυχθούν νέα προϊόντα, περισσότερο αποδεκτά, ή να εξαλειφθούν ζητήματα τυποποίησης των υπαρχόντων (McClements et al., 2019).

## Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες φυτικών ροφημάτων

### 2.1 Γενικά

Στο εμπόριο κυκλοφορεί πληθώρα φυτικών ροφημάτων όπως ροφήματα με βάση τη σόγια, το ρύζι, τα αμύγδαλα ή διάφορους ξηρούς καρπούς, τα δημητριακά και σπόρους. Λόγω της συνεχώς αυξανόμενης δημοτικότητας των προϊόντων αυτών, το μερίδιό τους στην αγορά, είναι και αυτό συνεχώς αυξανόμενο (Penha et al., 2021). Παρακάτω αναλύονται οι κυριότερες πρώτες ύλες από τις οποίες παρασκευάζονται τα φυτικά ροφήματα.

### 2.2 Σόγια

Η σόγια (*Glycine max*) είναι φυτό το οποίο παράγεται στην Ανατολική Ασία, ανήκει στο είδος των ψυχανθών και καλλιεργείται παγκοσμίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε πρωτεΐνες και έλαια (Medic et al., 2014). Συγκεκριμένα, το σογιέλαιο αποτελεί το 25% της παγκόσμιας παραγωγής βρώσιμων ελαίων και η πρωτεΐνη σόγιας περίπου τα δύο τρίτα του συμπυκνώματος πρωτεΐνης προοριζόμενο για ζωοτροφές (Agarwal et al., 2013). Από τις πρωτεΐνες της σόγιας παράγεται ποικιλία τροφίμων όπως βρεφικές τροφές, άλευρα και σκευάσματα με μεμονωμένες πρωτεΐνες και συνεπώς έχουν μεγάλο τεχνολογικό ενδιαφέρον. Επιπλέον, με διαφορετική επεξεργασία του καρπού παράγονται τρόφιμα όπως φυτικά υποκατάστατα τυριών, αλκοολούχα ποτά, καρυκεύματα από ζυμωμένους καρπούς σόγιας (miso), θρεπτικά και πλούσια σε πρωτεΐνες προϊόντα σόγιας (tempeh, tofu) και φυτικά υποκατάστατα του κρέατος (Mendel, 2001).



Εικόνα 1 Φασόλια σόγιας (πηγή: <https://www.organicfacts.net/health-benefits/cereal/soybeans.html>)

#### 2.2.1 Χημική σύσταση σόγιας

Η σόγια αποτελεί την καλύτερη πηγή πρόσληψης φυτικής πρωτεΐνης. Το πρωτεϊνικό της περιεχόμενο είναι περίπου 40% (επί ξηρής βάσης) μεγαλύτερο από όλα τα όσπρια και

δημητριακά, ενώ επίσης είναι πλούσια σε μεταλλικά στοιχεία και διαιτητικές ίνες. Οι πρωτεΐνες σόγιας έχουν υψηλή πεπτικότητα μετά από κατάλληλη θερμική επεξεργασία, υψηλή βιολογική αξία και ισορροπημένο προφίλ αμινοξέων (εκτός της μεθειονίνης), με αποτέλεσμα να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της ανθρώπινης διατροφής. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα φυτικά ροφήματα που κυκλοφορούν στο εμπόριο, το ρόφημα σόγιας είναι από τα πιο δημοφιλή, ιδιαίτερα στις Ανατολικές χώρες. Περιέχει επίσης, σίδηρο, ακόρεστα λιπαρά οξέα και συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα, μικρότερη ποσότητα λίπους, υδατανθράκων και ασβεστίου. Επιπλέον, έχει υψηλή συγκέντρωση φωσφατιδυλοχολίνης, βιταμινών και ισοφλαβονών, οι οποίες έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση (Mazumder et al., 2016; Kudelka et al., 2021).

Οι αποθηκευτικές πρωτεΐνες αντιπροσωπεύουν το 65-80% της συνολικής πρωτεΐνης της σόγιας, ενώ στο κλάσμα αυτών, υπερισχύουν ποσοτικά, οι σφαιρίνες γλυκινίνη και β-κονγλυκινίνη (Medic et al., 2014). Στον Πίνακα 1 διακρίνεται η σύσταση αμινοξέων των παραπάνω πρωτεϊνών.

*Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά και σύσταση αμινοξέων (% αμινοξέα στα 100g πρωτεΐνης) των κύριων σφαιρινών της σόγιας (Garcia et al., 1997)*

Πρωτεΐνη	M.B (* 10 <sup>3</sup> )	I.Σ	Αλληλουχία αμινοξέων																				
			Trp	Lys	His	Arg	Asp	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Cys	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Amide ammonia	Sugar	
β-κονγλυκίνη	180-210	4.8	0.3	7.0	1.7	8.8	14.1	2.8	6.8	20.5	4.3	2.9	3.7	0.3	5.1	0.3	6.4	10.3	3.6	7.4	1.7	4.9	
γ-κονγλυκίνη	105-150		0.7	6.8	2.8	6.3	10.0	4.2	6.5	17.5	5.9	6.1	4.7	1.1	6.4	1.4	4.4	7.6	2.1	5.5	—	2.9	
γλυκίνη (11S)	300-350		6.4	1.5	5.7	2.6	8.9	13.9	4.1	6.5	25.1	6.9	5.0	4.0	1.7	4.9	1.3	4.9	8.1	4.5	5.5	1.6	0.8

Σημείωση: M.B: Μοριακό βάρος, I.Σ.: Ισοηλεκτρικό σημείο

## 2.3 Βρώμη

Η βρώμη ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*, στην κατηγορία των σιτηρών, με το είδος *Avena sativa* να είναι το σημαντικότερο από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες (Sadiq Butt et al., 2008). Καλλιεργείται για την παραγωγή ζωοτροφών ή την κατανάλωση από τον άνθρωπο, ενώ η έκταση της καλλιέργειάς της αυξάνεται προοδευτικά λόγω των διατροφικών πλεονεκτημάτων της, της θρεπτικής της αξίας και του χαμηλού κόστους (Ahmad et al., 2014). Επιπλέον, περιέχει πληθώρα βιοδραστικών ενώσεων οι οποίες αναλύονται παρακάτω και σχετίζονται με την μείωση της εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων, σακχαρώδη

διαβήτη τύπου 2, γαστρεντερικών διαταραχών, καρκίνου και την γενικότερη προαγωγή της ανθρώπινης υγείας (Martinez – Villaluenga et al., 2017).

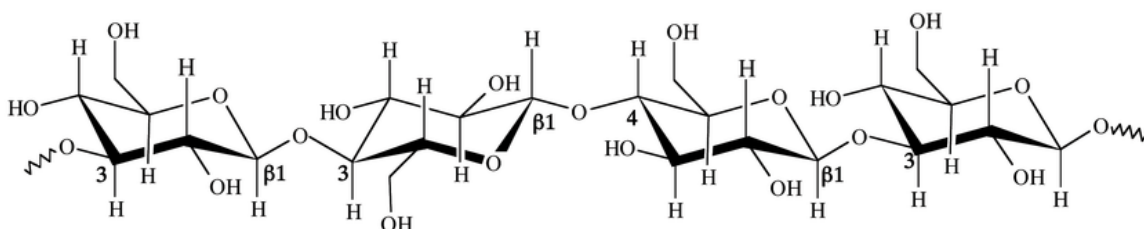
### 2.3.1 Χημική σύσταση βρώμης

Η βρώμη (*A. sativa*) περιέχει ένα ευρύ φάσμα χημικών συστατικών όπως είναι υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, αβενανθραμίδες, τοκοφερόλες, λιπίδια, αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, σαπωνίνες και στερόλες.

Πίνακας 2 Χημική σύσταση βρώμης (g/100 g σε ξηρή βάση) (Boukid, 2021)

Συστατικό	Ποσότητα
Πρωτεΐνες	12-20
Υδατάνθρακες	69-76
Διαιτητικές ίνες	5-10
Λίπη	5-18
Τέφρα	1-2

Από τους υδατάνθρακες της βρώμης, σημαντικότερος καθίσταται η β-γλυκάνη η οποία είναι ένας πολυσακχαρίτης που αποτελεί σημαντικό μέρος των διαιτητικών ινών της (Singh et.al., 2012). Η β-γλυκάνη της βρώμης, σύμφωνα με αρκετές μελέτες, είναι υπεύθυνη για την μείωση της γλυκόζης του αίματος και της χοληστερόλης του ορού. Οι ευεργετικές επιδράσεις της β-γλυκάνης που βρίσκεται στην βρώμη σχετίζονται με τα φυσικοχημικά και ρεολογικά χαρακτηριστικά της, όπως είναι το μοριακό βάρος, η διαμόρφωση, η διαλυτότητα και το ιξώδες της (Martinez-Villaluenga et al., 2017).



Εικόνα 2 Χημική δομή β-γλυκάνης από βρώμη (Pillai, et al, 2015)

Το κλάσμα των πρωτεϊνών της βρώμης περιλαμβάνει σφαιρίνες (50-80%), αλβουμίνες (1-12%), προλαμίνες (4-15%) και γλουτελίνες (≈ 10%). Αξιολόγηση της ποιότητας των πρωτεϊνών της βρώμης, σχετικά με την σύνθεση και ποσότητα των αμινοξέων, παρατίθεται στον Πίνακα 3.

*Πίνακας 3 Ποσότητα αμινοξέων πρωτεϊνών βρώμης ( g/100g απομονωμένης πρωτεΐνης) (Boukid, 2021)*

<i>Αμινοξέα</i>	<i>Βρώμη</i>
<b>Απαραίτητα αμινοξέα</b>	
Ισολευκίνη	1.3
Λευκίνη	3.8
Θρεονίνη	1.5
Φαινυλαλανίνη	2.7
Λυσίνη	1.3
Ιστιδίνη	0.9
Βαλίνη	2
Μεθειονίνη	0.1
Απαραίτητα αμινοξέα / Ολικά αμινοξέα	36
<b>Μη απαραίτητα αμινοξέα</b>	
Σερίνη	2.2
Γλουταμινικό οξύ	11
Γλυκίνη	1.7
Αλανίνη	2.2
Κυστεΐνη	0.4
Αργινίνη	3.1
Προλίνη	2.5
Τυροσίνη	1.5

Συγκριτικά με την σόγια, η βρώμη παρουσιάζει χαμηλότερο ποσοστό απαραίτητων αμινοξέων, αλλά υψηλότερο ποσοστό θειούχων (Μεθειονίνη, Κυστεΐνη). Επίσης, σύμφωνα με την αναλογία απαραίτητων αμινοξέων προς συνολικά αμινοξέα, οι πρωτεΐνες της βρώμης μπορούν να χαρακτηρισθούν ως υψηλής ποιότητας αφού η τιμή αυτή ( $\frac{\text{Απαραίτητα αμινοξέα}}{\text{Συνολικά αμινοξέα}} = 36\%$ ) αντιστοιχεί στην τιμή για τις πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας που ορίζει ο FAO (Boukid, 2021). Αρκετές μελέτες, όπως των Emmons et al. (1999) και Handelman et al. (1999) έχουν αποδείξει την αντιοξειδωτική δράση των εκχυλισμάτων βρώμης. Η αντιοξειδωτική δράση οφείλεται σε ενώσεις όπως τοκοφερόλες, φυτικό οξύ, φαινολικές ενώσεις, φλαβονοειδή, στερόλες και αβενανθραμίδες (Peterson, 2001).

Το λιπιδικό κλάσμα του κόκκου της βρώμης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το ενεργειακό της περιεχόμενο και έχει σημαντικό αντίκτυπο στην διατροφική της αξία, εξαιτίας του υψηλού περιεχομένου σε ακόρεστα λιπαρά οξέα (Zhou, 1999).

## **2.4 Αμύγδαλο**

Το αμύγδαλο (*Prunus dulcis*), είναι ο ξηρός καρπός που καταναλώνεται ευρέως και παρέχει πληθώρα θρεπτικών συστατικών για τον ανθρώπινο οργανισμό (Al Tamimi, 2016). Τα συστατικά του αμυγδάλου έχουν χαρακτηριστεί για την αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντιυπερλιπιδαιμική, και αντικαρκινική τους δράση, όπως για την ικανότητα μείωσης της συσσώρευσης αιμοπεταλίων και ενίσχυσης του ανοσοποιητικού συστήματος (Shori et al., 2021). Συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα, το ρόφημα αμυγδάλου έχει 50% λιγότερες θερμίδες και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται από ανθρώπους για την μείωση του σωματικού βάρους (Velangi, 2022).

### **2.4.1 Χημική σύσταση Αμυγδάλου**

Τα αμύγδαλα έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, δεν περιέχουν χοληστερόλη και νάτριο και είναι σχετικά σταθερά τρόφιμα. Θεωρούνται εξαιρετική πηγή βιταμίνης E, ριβοφλαβίνης (βιταμίνη B2) και μαγνησίου ενώ επίσης είναι καλή πηγή διαιτητικών ινών. Η χημική τους σύσταση επηρεάζεται από την ποικιλία, αγροπεριβαλλοντικούς παράγοντες, το στάδιο ωρίμανσης και τις συνθήκες αποθήκευσης μετά την συγκομιδή. Στον Πίνακα 4 παρατίθεται το θρεπτικό περιεχόμενο των καρπών του αμυγδάλου.



Πίνακας 4: Θρεπτικό περιεχόμενο αμυγδάλων (Tomishima, et.al, 2021)

Μακροθρεπτικά συστατικά	Εύρος (mg/100g)	Μέσος όρος (mg/100g)
Υγρασία	1.68-6.53	4.25
Υδατάνθρακες	14-26.63	21
Πρωτεΐνες	10-29	21
Ολικά λιπίδια	31.72-66.1	52.3
Κορεσμένα λιπαρά οξέα	3.2-11.98	7.1
Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα	26.6-82.54	55.9
Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα	8.35-29.92	15.53
Σάκχαρα	2.1-6.5	4.1
Μικροθρεπτικά συστατικά	Εύρος (mg/100g)	Μέσος όρος (mg/100g)
Κάλιο	465-1510	831
Ασβέστιο	160-663	271
Μαγνήσιο	159-404	304
Φώσφορος	310-938	597
Χαλκός	0.463-4.76	1.76
Μαγγάνιο	1.31-3.97	2.66
α-τοκοφερόλη	13.91-38	25
Βιταμίνη Β2	0.46-2.26	1.25

Οι πρωτεΐνες του αμυγδάλου περιέχουν σχετικά υψηλό ποσοστό αργινίνης (2,46 g/100 g πρωτεΐνης) και έχουν επίσης καλή πεπτικότητα (βαθμολογία PDCAAS = 44,3-47,8). Παρόλο που ο πυρήνας αμυγδάλου έχει υψηλό ποσοστό ολικού λίπους, το μεγαλύτερο κλάσμα αυτού είναι κυρίως μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και ως εκ τούτου διαθέτει υψηλή οξειδωτική σταθερότητα. Τα πιο άφθονα ακόρεστα λιπαρά οξέα στα αμύγδαλα είναι το ελαϊκό, το λινελαϊκό, το λινολενικό και το παλμιτολεϊκό οξύ, ενώ το πιο άφθονο, κορεσμένο, το παλμιτικό οξύ. Τέλος, τα αμύγδαλα περιέχουν μία σειρά φαινολικών ενώσεων όπως φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, ανθοκυανίνες, τανίνες και λιγνάνες, των οποίων η κατανάλωση παρέχει πολυάριθμα οφέλη για την υγεία όπως τη μείωση συχνότητας εμφάνισης χρόνιων ασθενειών, καρκίνου κλπ. (Tomishima et al., 2021).

## 2.5 Άλλα είδη καρπών – σπόρων

Άλλα είδη φυτικών ροφημάτων που απαντώνται στο εμπόριο είναι ροφήματα από ρύζι, καρύδα, καστανό ρύζι, κάνναβη, κινόα, φυστίκι, κάσιους, αρακά κ.α. (McClements et al., 2019; Abou-Dobara et al., 2016).

Πίνακας 5: Κατηγοριοποίηση φυτικών ροφημάτων με βάση την προέλευσή τους (Reyes-Jurado, et al, 2021)

Κατηγορία	Υποκατάστατο γάλακτος
Δημητριακά	Βρώμη, Ρύζι, Καλαμπόκι, Σιτάρι, Σίκαλη, Καμούτ
Όσπρια	Σόγια, Φυστίκι, Κόκκινο φασόλι, Λούπινο, Αρακάς, Ρεβύθι
Ξηροί Καρποί	Αμύγδαλο, Κάσιους, Καρύδα, Φουντούκι, Φυστίκι, Καρύδι
Ελαιώδεις σπόροι	Σουσάμι, Λιναρόσπορος, Κάνναβη, Ηλιόσπορος
Ψευδοδημητριακά	Κινόα, Αμάρανθος

### 2.5.1 Ρόφημα Φυστικιού

Το ρόφημα φυστικιού είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, μέταλλα και απαραίτητα λιπαρά οξέα, όπως το λινελαϊκό και το ελαϊκό οξύ, τα οποία θεωρούνται ιδιαίτερα πολύτιμα για την ανθρώπινη διατροφή. Χρησιμοποιείται ευρέως στην Ινδία και άλλες αναπτυσσόμενες χώρες από άτομα που κάνουν ειδικές διατροφές ή παιδιά με αλλεργία στις πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος (Abou- Dobara et al., 2016).

### 2.5.2 Ρόφημα Ρυζιού

Το ρόφημα ρυζιού θεωρείται η καλύτερη υποαλλεργική εναλλακτική πρόταση ροφήματος, έναντι του αγελαδινού γάλακτος. Είναι απαλλαγμένο από χοληστερόλη και ακόρεστα λιπαρά οξέα, ενώ ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα και παρέχει αντιβακτηριδιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε σελήνιο και μαγνήσιο (Abou-Dobara et.al., 2016).

### 2.5.3 Ρόφημα Καστανού Ρυζιού

Τα ροφήματα με βάση το καστανό ρύζι αποτελούν καλή εναλλακτική πηγή πρωτεϊνών, ενώ επίσης έχει διαπιστωθεί ότι η περιεκτικότητά του σε βιταμίνες και ανόργανα άλατα είναι 2-3 φορές υψηλότερη από το λευκό ρύζι. Επιπλέον, έχει χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, γεγονός

το οποίο συνδέει την πρόσληψή του με τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 και έχει εξεταστεί για την θεραπεία της ασθένειας beri-beri (Latifah et al., 2018).

#### **2.5.4 Ρόφημα Κάνναβης**

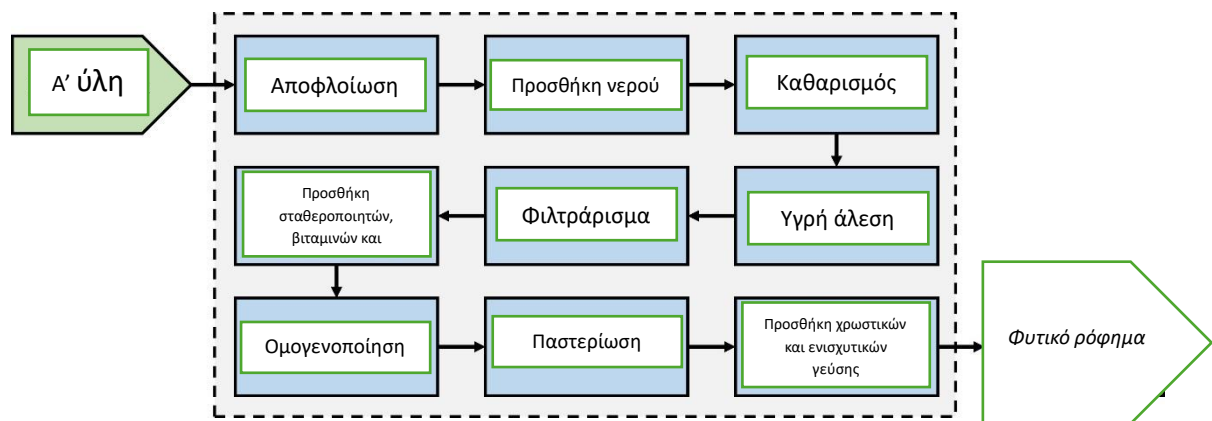
Οι σπόροι κάνναβης είναι πλούσιοι σε ω-3 λιπαρά οξέα και είναι από τα λίγα τρόφιμα φυτικής προέλευσης τα οποία έχουν επαρκή ποσότητα όλων των απαραίτητων αμινοξέων. Συνεπώς, αν και περιέχουν χαμηλό ποσοστό πρωτεϊνών συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα, οι πρωτεΐνες τους θεωρούνται πλήρης, γεγονός το οποίο καθιστά τους σπόρους κάνναβης ιδανικούς για παραγωγή φυτικών ροφημάτων (Curl, et.al, 2020).

## Κεφάλαιο 3. Τεχνολογία παρασκευής φυτικών ροφημάτων

### 3.1 Παραγωγική διαδικασία φυτικών ροφημάτων

Τα φυτικά ροφήματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως εναιωρήματα ή γαλακτώματα λίπους σε νερό. Δεδομένης της ποικιλίας των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, δεν υπάρχουν τεχνολογικοί κανονισμοί ποιότητας, με αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντικός αριθμός μη τυποποιημένων βιομηχανικών προϊόντων στην αγορά. Κατά συνέπεια, τα ροφήματα αυτά διαφέρουν ως προς τη σύσταση, την παραγωγική διαδικασία, τη σταθερότητα, την αποθήκευση, την ονομασία πώλησης και την τιμή αγοράς (Francisquini et al., 2024).

Ένα γενικό διάγραμμα ροής της παραγωγής διαδικασίας φυτικών ροφημάτων, διακρίνεται στο *διάγραμμα 1*.



*Διάγραμμα 1: Γενικό διάγραμμα ροής παραγωγής φυτικών ροφημάτων (Bocker, et.al, 2022)*

Η μορφή της επεξεργασίας των φυτικών ροφημάτων εξαρτάται άμεσα από την φυσιολογία της πρώτης ύλης που θα χρησιμοποιηθεί με σκοπό την υψηλότερη δυνατή απόδοση. Για παράδειγμα, οι ξηροί καρποί αποφλοιώνονται ενώ τα δημητριακά και ψευδοδημητριακά, τοποθετούνται σε ζεστό νερό και ξηραίνονται. Επιπλέον, οι πρώτες ύλες μπορούν να καβουρδιστούν ή να προστεθούν σε αυτές οξέα ή βάσεις (με σκοπό την αποτελεσματικότερη αποφλοιώση), για να ενισχυθεί με αυτό τον τρόπο η σταθερότητα του γαλακτώματος, αυξάνοντας έτσι την συνολικότερη απόδοση της διεργασίας (Bocker et al., 2022). Στα ροφήματα που η πρώτη ύλη περιέχει υψηλό ποσοστό αμύλου, τεχνολογικό πρόβλημα αποτελεί η αποσταθεροποίηση του γαλακτώματος. Για αυτό τον λόγο, προστίθενται ένζυμα (α και β-αμυλάση) τα οποία υδρολύουν το άμυλο και συνεπώς η προσθήκη τους συμβάλλει στην σταθεροποίηση του γαλακτώματος (Sethi et al., 2016).

### 1. Προεπεξεργασία πρώτης ύλης

Η προεπεξεργασία της πρώτης ύλης συχνά περιλαμβάνει το στάδιο της τοποθέτησης σε νερό ή σε αλκαλικό διάλυμα 0,2 % - 2% όξινου ανθρακικού νατρίου ( $\text{NaHCO}_3$ ) (Reyes-Jurado et al., 2021). Η διαδικασία αυτή, αποσκοπεί στην μείωση της αμυλόζης και το μαλάκωμα του εξωτερικού φλοιού προκειμένου να διευκολυνθεί η διεργασία της αποφλοιώσης και της άλεσης (Romulo, 2022). Με αυτό τον τρόπο, αυξάνεται η απόδοση της αποφλοιώσης και κατ' επέκταση η συνολικότερη απόδοση της επεξεργασίας. Άλλες μέθοδοι προεπεξεργασίας της πρώτης ύλης είναι το ζεμάτισμα (εξάλειψη ανεπιθύμητου flavor), η απολίπανση ή η ζύμωση (αύξηση διατροφικής αξίας). Το ζεμάτισμα απαιτείται για την αδρανοποίηση των αναστολέων της θρυψίνης και των λιποξυγενασών, οι οποίες προσδίδουν δυσάρεστη οσμή και γεύση στο ρόφημα σόγιας και φυστικιού (Reyes-Jurado et al., 2021).

### 2. Υγρή άλεση

Η εκχύλιση με υγρή άλεση είναι η πιο συνήθης διαδικασία για την παρασκευή φυτικών ροφημάτων. Η διαδικασία περιλαμβάνει την προσθήκη νερού κατά τη μείωση του μεγέθους (άλεση) της πρώτης ύλης. Παράγοντες που επηρεάζουν την τελική συγκέντρωση της πρώτης ύλης στο φυτικό ρόφημα είναι η θερμοκρασία, το pH, η ποσότητα του προστιθέμενου νερού και ο ρυθμός της εκχύλισης (Romulo, 2022).

### 3. Φιλτράρισμα- Φυγοκέντρωση

Το φιλτράρισμα ή η φυγοκέντρωση αποσκοπούν στον διαχωρισμό των μεγάλων και αδιάλυτων σωματιδίων που παραμένουν ως υπολείμματα από το στάδιο της άλεσης (Manasa, 2020).

### 4. Εμπλουτισμός – Ομογενοποίηση

Τα φυτικά ροφήματα, έναντι του ζωικού γάλακτος, υστερούν σε βασικά μικροθρεπτικά συστατικά όπως το ασβέστιο και η βιταμίνη D. Για αυτό τον λόγο μετά το στάδιο του φιλτραρίσματος σε αρκετά προϊόντα της αγοράς πραγματοποιείται εμπλουτισμός αυτών (Zhou et al., 2021). Επιπλέον, ως τεχνολογικά βοηθήματα, συχνά προστίθενται σταθεροποιητές και γαλακτωματοποιητές. Η προσθήκη σταθεροποιητών και γαλακτωματοποιητών, ακολουθούμενη από την διαδικασία της ομογενοποίησης με μηχανικά μέσα, βελτιώνει την σταθερότητα του γαλακτώματος με την μείωση του μεγέθους των σωματιδίων, αποτρέποντας, έτσι, τον σχηματισμό συσσωματωμάτων και λιποσφαιρίων και αυξάνοντας την διασπορά τους (Romulo, 2022).

### 5. Θερμική επεξεργασία

Τα ροφήματα φυτικής προέλευσης αποτελούν πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών για πολλούς μικροοργανισμούς οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα και την ασφάλεια του προϊόντος κατά την αποθήκευση. Η εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας, εκτός της παράτασης της διάρκειας ζωής των φυτικών ροφημάτων, έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την γεύση και τη γενικότερη αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Συνηθίζεται η εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας υπερυψηλής θερμοκρασίας (UHT: Ultra High Temperature) στα φυτικά ροφήματα, όπως και ο κατάλληλος συνδυασμός θερμικής επεξεργασίας συναρτήσει του χρόνου. : Ενδεικτικά αναφέρονται η παστερίωση σε θερμοκρασίες < 100 °C, η αποστείρωση στους 121 °C για έως και 20 min και η εφαρμογή υπερυψηλής θερμοκρασίας (135 °C- 150°C). Στα παστεριωμένα προϊόντα απαιτείται περαιτέρω αποθήκευση σε θερμοκρασίες ψύξης ενώ τα αποστειρωμένα μπορούν να αποθηκευτούν σε θερμοκρασία δωματίου (Munekata et al., 2020).

## **3.2 Καινοτόμες μέθοδοι επεξεργασίας**

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ολοένα και περισσότερες, καινοτόμες, μέθοδοι επεξεργασίας χρησιμοποιούνται, για την παραγωγή φυτικών ροφημάτων, οι οποίες αποσκοπούν στην βελτίωση της σταθερότητάς τους. Οι μέθοδοι αυτοί, περιλαμβάνουν διεργασίες οι οποίες ελαττώνουν το μέγεθος των σωματιδίων σε διασπορά και αποτρέπουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Σε αυτές περιλαμβάνονται η χρήση υπερήχων, η ομογενοποίηση υψηλής πίεσης (HPH), το παλμικό ηλεκτρικό πεδίο, η ωμική θέρμανση και η ομογενοποίηση με χρήση υπερυψηλής πίεσης (Mishra et al., 2023).

### **3.2.1 Επεξεργασία με υπερήχους**

Η τεχνολογία των υπερήχων έχει ευρεία εφαρμογή σε στην επεξεργασία των τροφίμων, αποτελώντας μία βιώσιμη και χαμηλού κόστους εναλλακτική διεργασία. Η χρήση υπερήχων είναι ταχεία μέθοδος, με δυνατότητα αύξησης της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας και εξάλειψη σταδίων αυτής, ενώ βελτιώνει την διάρκεια ζωής διατηρώντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την διατροφική αξία των τροφίμων (Bhargava, et al, 2021). Η επεξεργασία αυτή στοχεύει στην ομογενοποίηση των ροφημάτων με χρήση υπερήχων συχνότητας μεγαλύτερης των 20 kHz (Sandhya et al., 2021). Στα ροφήματα φυτικής προέλευσης, η επεξεργασία με υπερήχους χρησιμοποιείται κυρίως για την βελτίωση

της σταθερότητας των ροφημάτων, την αύξηση της διαλυτότητας των πρωτεϊνών, την μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών (Mishra et al., 2023). Μελέτη των Salve et al. (2019) διαπιστώνει ότι η χρήση υπερήχων σε ροφήματα φιστικιού, μειώνει αποτελεσματικά τους μύκητες και τις ζύμες, ενώ επίσης, βελτιώνει σημαντικά το χρώμα του προϊόντος (Salve et al., 2019). Άλλη μελέτη των Morales-de La Peña et al. (2018) παρατηρεί το αποτέλεσμα της επεξεργασίας με υπερήχους στην περιεκτικότητα ισοφλαβονών του ροφήματος σόγιας. Με τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων των υπερήχων (χρόνος, θερμοκρασία, ισχύς), παρατηρήθηκε η αύξηση της συνολικής περιεκτικότητας σε ισοφλαβόνες μετά την επεξεργασία, συγκριτικά με ένα δείγμα αναφοράς.

### **3.2.2 Παλμικό ηλεκτρικό πεδίο (ΠΗΠ)**

Η τεχνολογία παλμικού ηλεκτρικού πεδίου είναι μία μη θερμική τεχνολογία επεξεργασίας που περιλαμβάνει την χρήση ηλεκτρικών πεδίων έντασης 1 έως 80 kV/cm για χρονική διάρκεια της τάξης των millisecond. Η επεξεργασία αυτή ταξινομείται με βάση την ένταση των παλμών σε: χαμηλής έντασης (1-10 kV/cm), μέσης έντασης (10-20 kV/cm) και υψηλής έντασης (20-40 kV/cm). Τα χαμηλά παλμικά ηλεκτρικά πεδία μπορούν δυνητικά να βελτιώσουν την απελευθέρωση βιοδραστικών χημικών ενώσεων από προϊόντα τροφίμων, όπως οι αγλυκόνες και η β-γλυκοσιδάση, ενώ τα μεσαίας έντασης συμβάλλουν στην αδρανοποίηση των μικροοργανισμών. Τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία χρησιμοποιούνται κυρίως για την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών, τη μείωση των ενζυματικών δραστηριοτήτων και την βελτίωση των λειτουργικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων των φυτικών ροφημάτων (Mishra et al., 2023). Από μελέτη των Morales et al. (2011) στην οποία ροφήματα σόγιας υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με παλμικά ηλεκτρικά πεδία, διαπιστώθηκε η αύξηση της περιεκτικότητας της εσπεριδίνης ενώ άλλες ενώσεις όπως η ζεαξανθίνη, η β-κρυπτοξανθίνη και η λουτεΐνη, μειώθηκαν. Αντίθετα, η περιεκτικότητα σε καροτενοειδή παρέμεινε σταθερή. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε εσπεριδίνη, άρα και της περιεκτικότητας σε φαινολικές ενώσεις, ενίσχυσε και διατήρησε την σταθερότητα του προϊόντος κατά την αποθήκευση (Morales-de La Peña et al., 2011).

### **3.2.3 Ομογενοποίηση υψηλής και υπέρ - υψηλής πίεσης (HPH, UHPH)**

Η ομογενοποίηση υψηλής και υπερ-υψηλής πίεσης (HPH, UHPH) είναι και αυτή μία μη θερμική επεξεργασία η οποία χρησιμοποιείται ως εναλλακτική της συμβατικής θερμικής

επεξεργασίας. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στη συνεχή ροή ενός ρευστού, μέσω μίας βαλβίδας με στενό διάκενο, η οποία αυξάνει την ταχύτητα και οδηγεί σε έντονη πτώση της πίεσης, σε ατμοσφαιρική. Έτσι, ασκούνται υψηλές μηχανικές τάσεις στα μακρομόρια και τα αιωρούμενα σωματίδια στο ρευστό με αποτέλεσμα αυτά να συστρέφονται, παραμορφώνονται η/και να διασπώνται (Gul et al., 2017). Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής σε ρόφημα σόγιας οδήγησε σε σημαντική μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και κατ' επέκταση συνέβαλλε στην διασπορά των σωματιδίων εντός του γαλακτώματος (Flores et al., 2013). Η UHPH χρησιμοποιείται και για την ολική η μερική αναστολή μικροοργανισμών, το οποίο αποτελεί το κυριότερό της πλεονέκτημα, και κατά συνέπεια παρατείνει την σταθερότητα και την διάρκεια ζωής των ροφημάτων αυτών (Codina-Torella, et al., 2018). Ως εκ τούτου, η χρήση υψηλής και υπέρ – υψηλής πίεσης είναι αποτελεσματικές μη θερμικές επεξεργασίες που μπορούν να εφαρμοστούν σε θερμοευαίσθητα προϊόντα, βελτιώνοντας τις λειτουργικές, και διατροφικές τους ιδιότητες και αυξάνοντας τη διατηρησιμότητά τους (Mishra et al., 2023).

#### **3.2.4 Ωμική θέρμανση**

Η ωμική θέρμανση αποτελεί μία καινοτόμο τεχνική της οποίας η αρχή βασίζεται στην διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος εντός του τροφίμου. Παρέχει ταχεία και σταθερή θέρμανση των τροφίμων, η οποία μειώνει σημαντικά το μικροβιακό φορτίο και παρέχει ασφαλή και ποιοτικά τρόφιμα. Η ωμική θέρμανση χρησιμοποιείται για το ζεμάτισμα, την προθέρμανση, την παστερίωση και την αποστείρωση των τροφίμων. Επιπλέον, είναι αποτελεσματική τεχνική για την αδρανοποίηση των ενζύμων και έχει χρησιμοποιηθεί για την αποστείρωση και παστερίωση φυτικών ροφημάτων (Kumar, 2018; Mishra et al., 2013).



## Κεφάλαιο 4. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συγκριτική μελέτη φυτικών ροφημάτων με φασματοσκοπία υπερύθρου και χρωματομετρία. Τα φυτικά ροφήματα έχουν ήδη λάβει ένα μεγάλο μερίδιο στην ελληνική αγορά, με την ζήτησή τους να είναι συνεχώς αυξανόμενη. Ειδικές πληθυσμιακές ομάδες όπως είναι τα άτομα με δυσανεξία στην λακτόζη η οποία περιέχεται στα ζωικά γάλατα, ή άτομα που ακολουθούν ειδική διατροφή, έχουν οδηγήσει πολλές βιομηχανίες στην παραγωγή διαφορετικών φυτικών ροφημάτων, προερχόμενα από διάφορους καρπούς και σπόρους, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη ποικιλία αυτών. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με την ανεπάρκεια σχετικών επιστημονικών δημοσιεύσεων, καθιστούν αναγκαία την εκτενέστερη μελέτη των ροφημάτων αυτών, με χρήση ταχέων και μη καταστρεπτικών μεθόδων, το οποίο αποτελεί έναυσμα για την σύνταξη της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ενδεδειγμένος έλεγχος των ροφημάτων που κυκλοφορούν στην εγχώρια αγορά, καταγραφή των συστατικών και της διατροφικής τους σημασίας, μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος και ανάλυση αυτών με χρήση φασματοσκοπίας υπερύθρου. Στη συνέχεια ακολούθησαν η συγκριτική μελέτη και αξιολόγηση αυτών και περαιτέρω στατιστική επεξεργασία με στόχο τη διάκριση των δειγμάτων και την ανάδειξη των χαρακτηριστικών που τα διαφοροποιούν.

## Κεφάλαιο 5: Υλικά & Μέθοδοι

### 5.1 Συλλογή δειγμάτων

Συλλέχθηκαν, συνολικά, πενήντα πέντε (55) δείγματα, από τα οποία τα 54 βρίσκονταν σε υγρή μορφή και το 1 υπό μορφή σκόνης, τα οποία αγοράστηκαν από την ελληνική αγορά, αφού πρώτα καταγράφηκαν όλα τα ροφήματα που κυκλοφορούν. Τα δείγματα επιλέχθηκαν με βάση το είδος του καρπού, του πιθανού εμπλουτισμού τους με πρωτεΐνες ή μέταλλα και ιχνοστοιχεία και την διαθεσιμότητά τους. Η αποθήκευσή τους στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες ψύξης (θερμοκρασία  $\approx 4$  °C), μετά το άνοιγμα της συσκευασίας και για όσο διήρκεσαν τα πειράματα, χωρίς την πάροδο της ημερομηνίας λήξης τους. Στον παρακάτω Πίνακα διακρίνεται η κωδικοποίηση των δειγμάτων καθώς και τα χαρακτηριστικά τους

Πίνακας 6: Κωδικοποίηση δειγμάτων και συστατικά

Αναγνωριστικό	Κωδικός	Συστατικά
ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΣΟΓΙΑΣ		
A1	SB1	Βάση σόγιας (νερό, αποφλοιωμένοι καρποί σόγιας (8%), ζάχαρη, ρυθμιστές οξύτητας (φωσφορικά άλατα του καλίου), ανθρακικό ασβέστιο, άρωμα, κόμμι τζελάν, βιταμίνες (B2,B12,D2)
A2	SPB2	Βάση σόγιας (νερό, αποφλοιωμένοι καρποί σόγιας (13.1%), ζάχαρη, ρυθμιστές οξύτητας (φωσφορικά άλατα του καλίου), ανθρακικό ασβέστιο, αρωματικές ύλες, κόμμι τζελάν, βιταμίνες (B2,B12,D2)
A3	SGFB3	Νερό, αποφλοιωμένοι καρποί σόγιας ιταλίας (8%), θαλασσινό αλάτι
A4	SB4	Νερό, Καρποί σόγιας bio 8%, αλάτι
A5	SB5	Νερό, αποφλοιωμένα και αλεσμένα φασόλια σόγιας bio 8.8%, ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο, θαλασσινό αλάτι
ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΡΥΖΙΟΥ		

B1	RGFB1	Νερό πηγής, ρύζι 17% (bio), ηλιέλαιο (Bio), καρθαμέλαιο (bio), θαλασσινό αλάτι
B2	RB2	Νερό, ρύζι (14%-bio), ηλιέλαιο (bio), θαλασσινό αλάτι
B3	RB3	Νερό, ρύζι 14% bio, ηλιέλαιο bio, θαλασσινό αλάτι
B4	RB4	Νερό, ρύζι 17% bio, ηλιέλαιο bio, αλάτι
B5	RGFB5	Βάση ρυζιού (νερό, ρύζι 14,7%), ηλιέλαιο(organic), θαλασσινό αλάτι
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΒΡΩΜΗΣ</b>		
Γ1	OB1	Νερό πηγής, βρώμη bio 14%, ηλιέλαιο (bio), καρθαμέλαιο (bio), θαλασσινό αλάτι
Γ2	OGFB2	Νερό πηγής, βρώμη (χωρίς γλουτένη) 14%, ηλιέλαιο (Bio), καρθαμέλαιο (bio), θαλασσινό αλάτι
Γ3	OB3	Νερό, βρώμη(16%) bio, ηλιέλαιο
Γ4	OB4	Νερό, βρώμη 10%, πρωτεΐνη μπιζελιού, ηλιέλαιο, άλατα ασβεστίου ορθοφωσφορικού οξέος, θαλασσινό αλάτι, ρυθμιστής οξύτητας: φωσφορικό κάλιο, κόμμι τζελαν, φυσικές αρωματικές ύλες, βιταμίνες B2, B12, D
Γ5	OB5	Νερό, βρώμη (8%), ηλιόσπορος 1%, κολοκυθόσπορος 0.5%, σουσάμι 0.5%, ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, λεκιθίνη ηλιάνθου, κόμμι τζελάν, βιταμίνες B12, D2,E
Γ6	OB6	Νερό, βρώμη ολικής 15% (bio), ηλιέλαιο(Bio), θαλασσινό αλάτι
Γ7	OGFB7	Νερό, βρώμη ολικής άλεσης(11% ), ηλιέλαιο, θαλασσινό αλάτι
Γ8	OB8	Βάση βρώμης (νερό, βρώμη 10.5%), διαλυτές ίνες καλαμποκιού, ηλιέλαιο, ουδέτερο φωσφορικό ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, κόμμι τζελαν, βιταμίνες B2 B12 D2

Γ9	OSFB9	Βάση βρώμης (νερό, βρώμη (EE/Εκτός EE) 8.7%, διαλυτές ίνες καλαμποκιού, ηλιέλαιο, ανθρακικό ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, κόμμι τζελάν, βιταμίνες (B2,B12,D2)
Γ10	OB10	Νερό, βρώμη bio, ηλιέλαιο bio, αλάτι
Γ11	OB11	Νερό, βρώμη bio 10%, ηλιέλαιο bio, μαγειρικό αλάτι
Γ12	OPB12	Νερό, βρώμη 12%, πρωτεΐνη αρακά 3.15%, εδώδιμες ίνες, ηλιέλαιο, κόμμι τζελάν, λεκιθίνη ηλιελαίου, όξινο ανθρακικό νάτριο, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες, φωσφορικό ασβέστιο, βιταμίνες B2,B12,D2,E
Γ13	OB13	Βάση βρώμης (νερό, βρώμη (8.7%), ηλιέλαιο, ίνα ρίζας κιχωρίου, ζάχαρη, πρωτεΐνη μπιζελιού, ανθρακικό ασβέστιο, ρυθμιστής οξύτητας (φωσφορικό κάλιο), αρωματικές ύλες, θαλασσινό αλάτι, λεκιθίνες, κόμμι τζελάν, βιταμίνη D2
Γ14	OB14	Βάση βρώμης (νερό, βρώμη (8.7%), ηλιέλαιο, ίνα ρίζας κιχωρίου, ζάχαρη, πρωτεΐνη μπιζελιού, ανθρακικό ασβέστιο, ρυθμιστής οξύτητας (φωσφορικό κάλιο), αρωματικές ύλες, λεκιθίνες, θαλασσινό αλάτι, κόμμι τζελάν, βιταμίνη D2
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΚΙΝΟΑ</b>		
Δ1	QGFB1	Νερό πηγής, κινόα (8%), ιταλικό ρύζι (7%), ηλιέλαιο (Bio), καρθαμέλαιο (bio), θαλασσινό αλάτι
Δ2	QB2	Σκόνη κινόα (50%) bio, μαλτοδεξτρίνη καλαμποκιού bio, ηλιέλαιο bio
<b>ΡΟΦΗΜΑ ΡΕΒΥΘΙΟΥ</b>		
Ε1	CHB1	Νερό πηγής, ρεβύθια(12%), θαλασσινό αλάτι
<b>ΡΟΦΗΜΑ ΦΑΓΟΠΥΡΟΥ</b>		
Ζ1	FGFB1	Νερό πηγής, φαγόπυρο (8%), ιταλικό ρύζι (7%), ηλιέλαιο 7%, καρθαμέλαιο (bio), θαλασσινό αλάτι
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΚΑΣΤΑΝΟΥ ΡΥΖΙΟΥ</b>		

H1	BRGFB1	Νερό πηγής, καστανό Ρύζι 17% (bio) ιταλίας, ηλιέλαιο (Bio), καρθαμέλαιο (bio), Θαλασσινό αλάτι
H2	BRGFB2	Νερό πηγής, καστανό Ρύζι 17% (bio), ηλιέλαιο ψυχρής έκθλιψης (bio), θαλασσινό αλάτι
H3	BRGFB3	Νερό, καστανό ρύζι 17% (bio) ιταλίας, ηλιέλαιο ψυχρής έκθλιψης, θαλασσινό αλάτι
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΑΜΥΓΔΑΛΟΥ</b>		
Θ1	AB1	Νερό, αμύγδαλο 2% bio, κόμμι τζελάν, χαρουπιού, λεκιθίνη ηλιελαίου, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες
Θ2	ASFB2	Νερό, αμύγδαλα Bio (5%), πρωτεΐνη μπιζελιού bio, άμυλο ταπιόκας Bio, κόμμι χαρουπιών bio, φυσικό άρωμα αμυγδάλου bio
Θ3	ASFB3	Νερό, αμύγδαλο 2.3%, πρωτεΐνη μπιζελιού, άλατα ασβεστίου ορθοφωσφορικού οξέος, θαλασσινό αλάτι, φωσφορικό κάλιο, κόμμι τζελάν, λεκιθίνη ηλιάνθου, φυσικές αρωματικές ύλες, βιταμίνες B2,B1
Θ4	APB4	Νερό, πρωτεΐνη αρακά 3.1%, αμύγδαλο 2.5%, ζάχαρη, εδώδιμες ίνες, ρυθμιστής οξύτητας: φωσφορικό κάλιο, ασβέστιο, λεκιθίνη ηλιάνθου, θαλασσινό αλάτι, φυσικό άρωμα, κόμμι τζελάν, βιταμίνες (B2,B12,D2,E)
Θ5	AB5	Νερό, αμύγδαλο 3%, ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, λεκιθίνη ηλιάνθου, κόμμι τζελάν, βιταμίνες B2,B12,D2,E
Θ6	AB6	Νερό, αμύγδαλο (3%), ζάχαρη, ρυθμιστής οξύτητας (φωσφορικά άλατα του καλίου), ασβέστιο, λεκιθίνη ηλιάνθου, θαλασσινό αλάτι, κόμμι τζελάν και γκουάρ, βιταμίνες B2,B12,D,E
Θ7	AGFB7	Νερό, αμύγδαλα, θαλασσινό αλάτι, πυκνωτικό μέσο: κόμμι γκουάρ
Θ8	AB8	Νερό, αμύγδαλο 5% bio, άμυλο ρυζιού bio, πρωτεΐνη μπιζελιού bio
Θ9	AB9	Νερό, αμύγδαλο (2.3%), ζάχαρη, ουδέτερο φωσφορικό ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, κόμμι χαρουπιών και τζελαν, λεκιθίνη ηλιάνθου, φυσικό άρωμα, βιταμίνες (B2,B12,E,D2)

Θ10	ASFB10	Νερό, αμύγδαλο (2.3%), ουδέτερο φωσφορικό ασβέστιο, θαλασσινό αλάτι, κόμμι χαρουπιών και τζελαν, λεκιθίνες ηλιάνθου, βιταμίνες B2,B12,E,D2
Θ11	AB11	Νερό, αμύγδαλο 2% bio, κόμμι τζελάν, χαρουπιού, λεκιθίνη ηλιελαίου , θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες
Θ12	AB12	Νερό, καλαμοσάκχαρο bio, αμύγδαλα bio 2.3%, θαλασσινό αλάτι, κόμμι τζελάν, λεκιθίνες ηλιάνθου bio
Θ13	ASFB13	Νερό, αμύγδαλα bio, Θαλασσινό αλάτι, κόμμι χαρουπιών bio, κόμμι τζελάν, λεκιθίνες ηλιάνθου bio
Θ14	AB14	Νερό, αμύγδαλο 3%, εδώδιμες ίνες, κόμμι τζελαν, χαρουπιού, λεκιθίνη ηλιελαίου, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες, φωσφορικό ασβέστιο, όξινο ανθρακικό νάτριο, βιταμίνες B2, B12, D2, E
Θ15	AB15	Νερό, αμύγδαλο 2.5%, ζάχαρη, εδώδιμες ίνες, κόμμι τζελάν, χαρουπιού, λεκιθίνη ηλιελαίου, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες, φωσφορικό ασβέστιο, όξινο ανθρακικό νάτριο, βιταμίνες B2,B12,D2,E
Θ16	APB16	Νερό, πρωτεΐνη αρακά 2.9%, αμύγδαλο 2.5%, φρουκτόζη, εδώδιμες ίνες, κόμμι τζελάν, λεκιθίνη ηλιελαίου, θαλασσινό αλάτι, αρωματικές ύλες, φωσφορικό ασβέστιο, όξινο ανθρακικό νάτριο, βιταμίνες B2,B12,D2,E
<b>ΡΟΦΗΜΑ KANNABΗΣ</b>		
I1	HSFB1	Νερό, σπόροι κάνναβης 3% bio, λάδι κάνναβης (1.3%) bio, άμυλο ταπιόκας bio, λεκιθίνη ηλιάνθου
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΚΑΡΥΔΑΣ</b>		
K1	CSFB1	Νερό, γάλα καρύδας (8.5%) bio, άμυλο ταπιόκας bio, φυσικό άρωμα καρύδας bio, θαλασσινό αλάτι
K2	CB2	Νερό, γάλα καρύδας (5.3%) (κρέμα καρύδας,νερό), ρύζι (3.3%), ουδέτερο φωσφορικό ασβέστιο, κόμμια (γκουάρ, τζελάν, ξανθάνης), θαλασσινό αλάτι, αρώματα, βιταμίνες (B12,D2)

K3	CSFB3	Νερό, γάλα καρύδας (7%) (κρέμα καρύδας, νερό), νερό καρύδας(2.6%), ουδέτερο φωσφορικό ασβέστιο, φυσικό άρωμα καρύδας, κόμμεα (γκουάρ, ξανθάνης, τζελάν), θαλασσινό αλάτι, βιταμίνες (B12,D2)
K4	CB4	Νερό, γάλα καρύδας bio 5.3 % (νερό, κρέμα καρύδας), ρύζι bio 3.3%, θαλασσινό αλάτι, φυσική αρωματική ύλη καρύδας, κόμμι γκουάρ bio , κόμμι τζελάν bio, κόμμι ξανθάνης bio
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΑΡΑΚΑ</b>		
Λ1	EB1	Νερό, κραμβέλαιο, πρωτεΐνη αρακά 2.5%, σιρόπι αγαύης, ρυθμιστής οξύτητας: φωσφορικό δικάλιο, ανθρακικό ασβέστιο, φωσφορικά άλατα ασβεστίου, έλαιο βρώμης, αλάτι, βιταμίνες B12,B2,D
Λ2	ESFB2	Νερό, πρωτεΐνη αρακά 1.9%, κραμβέλαιο, φωσφορικό δικάλιο, έλαιο βρώμης, ανθρακικό ασβέστιο, φωσφορικά άλατα ασβεστίου, φυσικό άρωμα, αλάτι, βιταμίνες (B2,B12,D)
<b>ΡΟΦΗΜΑ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΞΗΡΩΝ ΚΑΡΠΩΝ</b>		
M1	3NB1	Νερό, δημητριακά (ντίνκελ, ρύζι, βρώμη), φουντούκια(2%), αμύγδαλα 1%, αλεύρι αμυγδάλου, θαλασσινό αλάτι, κόμμεα (γκουάρ, κόμμι ξανθάνη)

Ακολουθεί Πίνακας με την επεξήγηση της κωδικοποίησης των δειγμάτων

*Πίνακας 7: Επεξήγηση κωδικοποίησης δειγμάτων*

Κωδικοποίηση πρώτης ύλης	Κωδικοποίηση ιδιαίτερων χαρακτηριστικών
S = Σόγια	SF = Χωρίς ζάχαρη
O = Βρώμη	P = Πρωτεϊνούχο
R = Ρύζι	GF = Χωρίς γλουτένη
BR = Καστανό Ρύζι	B = Ρόφημα (Beverage)
A = Αμύγδαλο	
CH = Ρεβίθι	

C = Καρύδα	
F = Φαγόπυρο	
3N = 3 δημητριακά	
H = Κάνναβη	
E = Αρακάς	

## 5.2 Πειραματική πορεία

### 5.2.1 Παράμετροι χρώματος

Έπειτα από την συλλογή, καταγραφή και ταξινόμηση των δειγμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των παραμέτρων του χρώματος, σύμφωνα με το σύστημα LAB με την χρήση χρωματόμετρου τριπλής διέγερσης (CR-400 Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan). Το χρωματόμετρο αποτελείται από μία ελαφριά λαβή στο άκρο της οποίας βρίσκεται η κεφαλή μέτρησης διαμέτρου 8 mm και από έναν επεξεργαστή δεδομένων με μνήμη 300 μετρήσεων. Χρησιμοποιεί φωτισμό διάχυσης και έχει οπτική γωνία 0° για ακριβείς μετρήσεις μεγάλης ποικιλίας αντικειμένου. Πριν από κάθε χρήση το χρωματόμετρο βαθμονομείται με χρήση της πρότυπης λευκής κεραμικής πλάκας με ( $L^* = 97,83$ ,  $a^* = -0,45$  και  $b^* = 1,88$ ). Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε τρυβλία Petri και πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις των παραπάνω παραμέτρων ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  και  $h$ ) για κάθε ένα από αυτά, σε 3 διαφορετικά σημεία. Για τον προσδιορισμό των χρωματικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε το ευρέως χρησιμοποιούμενο στον ποιοτικό έλεγχο των τροφίμων χρωματικό μοντέλο CIELab όπου  $L^*$ : φωτεινότητα (0 μαύρο έως 100 λευκό),  $a^*$ : πράσινη-κόκκινη απόχρωση (-120 - +120),  $b^*$ : μπλε - κίτρινη απόχρωση (-120 - +120),  $h$ : χροιά σε μοίρες (Briones, et al., 2005)

Μετά τον υπολογισμό των παραπάνω παραμέτρων πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του δείκτη λευκότητας Hunter – Hunter Whiteness Index, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad (\text{Σχέση 1})$$

όπου  $L$ ,  $a$  και  $b$  οι παράμετροι που υπολογίσθηκαν παραπάνω (Zhu et al., 2009; Briones et al., 2005).

### 5.2.2 Λυοφιλίωση

Έπειτα, τα υγρά δείγματα οδηγήθηκαν προς λυοφιλίωση προκειμένου να αναλυθούν με φασματοσκοπία υπερύθρου, προκειμένου να εξαλειφθούν σφάλματα μετρήσεων λόγω της



υψηλής περιεκτικότητάς τους σε υγρασία. Η διαδικασία της λυοφιλίωσης πραγματοποιήθηκε ως εξής:

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ταψάκι, όπως διακρίνεται στην εικόνα 3 και κάθε υποδοχή γεμίστηκε με ίδια ποσότητα δείγματος. Τοποθετήθηκε θερμοστοιχείο για συνεχή καταγραφή της θερμοκρασίας και τα δείγματα μεταφέρθηκαν στην κατάψυξη. Μετά το πέρας μίας ημέρας, τα κατεψυγμένα πλέον δείγματα τοποθετήθηκαν στον λυοφιλιωτή (Gellert, CryoDryer 20) όπου και απέμειναν για 3 ημέρες, μέχρι την πλήρη αφυδάτωσή τους.



*Εικόνα 3: Τοποθέτηση δειγμάτων για λυοφιλίωση*



*Εικόνα 4: Δείγματα μετά την λυοφιλίωση*

### 5.2.3 Φασματοσκοπία Υπερύθρου

Η λήψη των φασμάτων FTIR πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία δωματίου, χρησιμοποιώντας την μέθοδο της αποσβένουσας ολικής ανάκλασης (ATR). Κάθε δείγμα λυοφιλωμένου φυτικού ροφήματος τοποθετήθηκε προσεκτικά στο φασματόμετρο ATR-FTIR (Shimadzu, IRAffinity-1S FTIR Spectrometer, Japan). Η τιμή αναφοράς της αποσβένουσας ολικής ανάκλασης καθορίστηκε στα  $3284,77 \text{ cm}^{-1}$ . Τόσο το φάσμα με κενό τον θάλαμο τοποθέτησης του δείγματος με σκοπό την μείωση του θορύβου (background scan) όσο και τα φάσματα των δειγμάτων καταγράφηκαν στην περιοχή μεταξύ  $4.000-499 \text{ cm}^{-1}$  με την διακριτική ικανότητα του οργάνου στα  $4 \text{ cm}^{-1}$ . Τα φάσματα FTIR των δειγμάτων υπεβλήθησαν σε ATR διόρθωση, κανονικοποίηση και ομαλοποίηση (ATR Correction, Normalize, Soothing), ενώ η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την χρήση του λογισμικού LabSolutions IR. Τέλος, καταγράφηκαν συνολικά όλες οι απορροφήσεις και οι διορθωμένες εντάσεις των κορυφών.

### 5.2.4 Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών

Για την εύρεση της δευτεροταγούς δομής των πρωτεϊνών των φυτικών ροφημάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα OriginLab 8.5. Για τον σκοπό αυτό, επιλέχθηκαν οι εντάσεις των απορροφήσεων των λυοφιλωμένων φυτικών ροφημάτων της ζώνης του αμιδίου I (amide I) σε εύρος κυματαριθμών  $1600 \text{ cm}^{-1}$  έως  $1700 \text{ cm}^{-1}$ , η οποία οφείλεται στην ισχυρή απορρόφηση της δόνησης τάσης του C=O σε πεπτίδια και πρωτεΐνες και παρέχει πληροφορίες για την δευτεροταγή δομή των πρωτεϊνών (Kritsi, et al., 2024). Συγκεκριμένα οι ATR διορθωμένες εντάσεις των απορροφήσεων, που αντιστοιχούν σε κυματαριθμούς από  $1600 \text{ cm}^{-1}$  έως  $1700 \text{ cm}^{-1}$ , για κάθε δείγμα, υποβλήθηκαν σε παραγωγή και ελήφθη η δεύτερη παράγωγός τους. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις Gauss για την ανάλυση προσαρμογής καμπύλης της περιοχής του αμιδίου I. Η καμπύλες Gauss προσαρμόστηκαν στις κορυφές που εντοπίστηκαν στο φάσμα και η σχετική αφθονία των διαφόρων δευτεροταγών δομών (*β-φύλλο, τυχαίο σπείρωμα, α-έλικα, β-στροφή*) προσδιορίστηκε με ανάλυση του εμβαδόν κάθε αναδεικνυόμενης κορυφής. Το ποσοστό των δευτεροταγών δομών των πρωτεϊνών υπολογίστηκε με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Αναλογία δευτεροταγούς δομής πρωτεΐνης} = \frac{\text{Εμβαδόν αναδεικνυόμενης κορυφής}}{\text{Συνολικό εμβαδόν περιοχής αμιδίου I}} * 100$$

### 5.2.5 Μικροσκόπηση

Τα δείγματα οδηγήθηκαν προς μικροσκόπηση, προκειμένου να εξεταστούν και να αναδειχθούν τυχόν διαφορές στα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Χρησιμοποιήθηκε το μικροσκόπιο Olympus CX 23 και ακολουθήθηκε η εξής πειραματική πορεία, για κάθε δείγμα:

Με σταγονόμετρο τοποθετείται μία σταγόνα δείγματος σε αντικειμενοφόρο πλάκα, στην οποία τοποθετείται μία καλυπτρίδα για την ομοιόμορφη εξάπλωση του υγρού και η πλάκα μεταφέρεται στην τράπεζα του μικροσκοπίου. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ρύθμιση της εστίασης και του ύψους της τράπεζας με τον μικρομετρικό και μακρομετρικό κοχλία και το δείγμα εξετάζεται με τον αντικειμενικό φακό, μεγέθυνσης x10 και x40. Ο προσοφθάλμιος φακός του μικροσκοπίου επιφέρει, επίσης, μία μεγέθυνση κατά 10 φορές, συνεπώς, η συνολική μεγέθυνση στην οποία εξετάζονται τα δείγματα είναι x100 και x400. Με χρήση της προσαρτιζόμενης στο μικροσκόπιο, κάμερας, Olympus EP50 και του προγράμματος EPView, λαμβάνονται αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες των δειγμάτων, για κάθε έναν από τους δύο βαθμούς μεγέθυνσης.

## Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα & Συζήτηση

Στην συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη φυτικών ροφημάτων με χρήση ενόργανων αναλυτικών μεθόδων. Αρχικώς, έγινε ενδεδειγμένος έλεγχος των ροφημάτων που κυκλοφορούν στην εγχώρια αγορά, και καταγραφή των συστατικών και της διατροφικής τους σήμανσης. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε, μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος των φυτικών ροφημάτων και ανάλυση αυτών με χρήση φασματοσκοπίας υπερύθρου. Για καλύτερη αξιολόγηση των ευρημάτων της έρευνας τα φυτικά ροφήματα ομαδοποιήθηκαν σύμφωνα με την φυτική πρώτη ύλη τους εφ' όσον υπήρχαν περισσότερα, κοινής προελεύσεως, είδη. Εξαιρέση αποτελούν τα ροφήματα με βάση την κινόα, από τα οποία το ένα βρίσκεται σε στερεή μορφή και ενυδατώθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του παραγωγού. Στη συνέχεια ακολούθησαν η συγκριτική μελέτη και αξιολόγηση αυτών και περαιτέρω στατιστική επεξεργασία με στόχο τη διάκριση των δειγμάτων και την ανάδειξη των χαρακτηριστικών που τα διαφοροποιούν. Επίσης στα παραρτήματα δίνονται οι τιμές όλων των παραπάνω αναλύσεων για όλα τα ροφήματα που μελετήθηκαν. Τέλος, αναπτύσσονται ξεχωριστά τα αποτελέσματα της μελέτης, συνοδευόμενα από σχετική συζήτηση.

### 6.1 Χημική σύσταση

Στον Πίνακα 8 καταγράφονται οι πληροφορίες της γενικής χημικής σύστασης (λιπαρές ύλες, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, αλάτι) ανά 100 g προϊόντος, για κάθε κατηγορία φυτικού ροφήματος, οι οποίες λήφθηκαν από την επισήμανση αυτών.

Πίνακας 8: Γενική χημική σύσταση ανά κατηγορία φυτικού ροφήματος

Γενική χημική σύσταση	Ροφήματα με βάση τη σόγια (A1-A5)	Ροφήματα με βάση το ρύζι (B1-B4)	Ροφήματα με βάση τη βρώμη (Γ1-Γ14)	Ροφήματα με βάση το καστανό ρύζι (H1-H3)	Ροφήματα με βάση το αμύγδαλο (Θ1-Θ16)	Ροφήματα με βάση την καρύδα (K1-K4)	Ροφήματα με βάση τον αρακά (Λ1-Λ2)
Λιπαρές ύλες	2,1±0,4α	1,2±0,2β	1,5±0,6αβ	1,1±0,2β	1,7±0,6αβ	1,5±0,8αβ	2,4±0,5α
Υδατάνθρακες	2,2±0,8α	11,6±0,9β	7,1±1,8γ	11,7±1,5β	2,2±2,0α	1,8±1,3α	1,0±1,4α
Πρωτεΐνες	3,7±0,8α	0,2±0,2β	0,8±0,8βγ	0,00±0,00*	1,1±0,9γ	0,2±0,2β	1,8±0,3γ
Αλάτι	0,11±0,03αγ	0,09±0,01α	0,11±0,04αγ	0,08±0,01α	0,12±0,02γ	0,10±0,02αγ	0,03±0,02δ

\*Δείγματα των οποίων η ποσότητα αυτή, στην διατροφική σήμανση αναγράφεται: <0,5 g /100 g προϊόντος

Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος σειράς υποδηλώνουν την ύπαρξη σημαντικής διαφοράς μεταξύ των τιμών ( $P<0.05$ )

Με βάση τις πληροφορίες του Πίνακα 8, παρατηρείται ότι τα ροφήματα με βάση την σόγια περιέχουν σημαντικά ( $P<0.05$ ) υψηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται από το αυξημένη περιεκτικότητα πρωτεΐνης στον καρπό της σόγιας (Chalupa-Krebzdak et al, 2018 ; Medic et al, 2014). Ακολουθούν τα ροφήματα με βάση τον αρακά και έπειτα με βάση το αμύγδαλο. Υψηλότερο ποσοστό λίπους, παρατηρείται, επίσης, στα ροφήματα με βάση τη σόγια και τον αρακά. Τα ροφήματα με βάση το ρύζι και το καστανό ρύζι περιέχουν σημαντικά, υψηλότερο ποσοστό υδατανθράκων, όπως αναμένεται, εξαιτίας του υψηλού περιεχομένου τους σε άμυλο, ενώ ακολουθούν, τα ροφήματα με βάση την βρώμη (Saleh et al, 2019), Τα ροφήματα με βάση την σόγια, το αμύγδαλο, την καρύδα και τον αρακά, περιέχουν στατιστικά χαμηλότερο ποσοστό υδατανθράκων από τα προαναφερθέντα ροφήματα.

## 6.2 Μετρήσεις Χρώματος

Δεδομένου ότι το χρώμα των προϊόντων τροφίμων αποτελεί σημαντικό παράγοντα αποδοχής τους από τους καταναλωτές, κρίθηκε απαραίτητη η μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος και η συγκριτική μελέτη αυτών τόσο μεταξύ των φυτικών ροφημάτων όσο και με άλλα ροφήματα που κυκλοφορούν στην αγορά. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 8 παρατίθενται οι παράμετροι χρώματος  $L^*$  (φωτεινότητα),  $a^*$  (κόκκινο-πράσινο),  $b^*$  (κίτρινο-μπλε),  $h$  (απόχρωση), και ο δείκτης λευκότητας (Whiteness Index - WI)

Πίνακας 9: Παράμετροι χρώματος ανά κατηγορία φυτικού ροφήματος

Ροφήματα	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$h$	WI
Σόγια (A1-A5)	62,30±4,54αγ	-1,09±0,82α	8,77±2,22α	96,67±3,86α	61,17±3,99
Ρύζι (B1-B4)	59,65±5,42αγ	-0,42±0,35α	3,42±1,43β	100,02±10,68α	59,48±5,42
Βρώμη (Γ1-Γ14)	56,89±3,04αβ	-0,65±0,41α	6,16±1,68α	96,56±4,37α	56,41±2,90
Καστανό Ρύζι (Η1-Η3)	54,15±1,11β	-0,08±0,56α	4,29±2,11β	95,37±12,24α	53,92±1,22
Αμύγδαλο (Θ1-Θ16)	60,01±5,50αγ	-0,26±0,48α	5,94±2,59αβ	92,89±4,98α	59,45±5,13
Καρύδα (Κ1-Κ4)	56,09±2,25αβ	-0,35±0,19α	1,89±2,14β	117,10±31,19α	56,01±2,38

Αρακάς (Λ1- Λ2)	61,01±0,78γ	-0,62±1,15α	8,42±2,24α	95,39±9,14α	60,07±1,22
--------------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------

Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος της ίδιας στήλης υποδηλώνουν την ύπαρξη σημαντικής διαφοράς μεταξύ των τιμών ( $P < 0.05$ )

Με βάση τα δεδομένα του παραπάνω Πίνακα, προκύπτουν τα ακόλουθα σημαντικά ευρήματα. Τα ροφήματα με βάση την σόγια, την βρώμη και τον αρακά εμφανίζουν υψηλότερη, θετική τιμή  $b^*$  και χαμηλότερη τιμή  $a^*$ , με αποτέλεσμα η εμφάνισή τους να είναι πιο κιτρινωπή, συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα. Η κιτρινωπή εμφάνιση σε φυτικά ροφήματα είναι πιθανόν ανεπιθύμητη από τους καταναλωτές διότι υπάρχει η τάση εύρεσης φυτικών ροφημάτων με ίδια οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με το ζωικό γάλα (Munekata et al., 2020). Στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P < 0,05$ ), όσον αφορά την παράμετρο  $L^*$ , εντοπίζεται μεταξύ των ροφημάτων με βάση τη σόγια, το ρύζι και το αμύγδαλο, έναντι των ροφημάτων με βάση το καστανό ρύζι. Συγκεκριμένα, τα πρώτα εμφανίζουν υψηλότερη τιμή της παραμέτρου  $L^*$  συγκριτικά με τα δεύτερα, γεγονός το οποίο υποδηλώνει την υψηλότερη φωτεινότητα, στα ροφήματα αυτά. Επιπλέον, τα ροφήματα με βάση την βρώμη, το καστανό ρύζι, και την καρύδα, διαφέρουν στατιστικά από τα ροφήματα με βάση τον αρακά, ως προς την παράμετρο  $L^*$ , με τα πρώτα να εμφανίζουν χαμηλότερη, στατιστικά, τιμή. Η παράμετρος  $b^*$  διαφέρει, σημαντικά, μεταξύ των δειγμάτων ροφημάτων σόγιας, βρώμης και αρακά και ρυζιού, καστανού ρυζιού και καρύδας, με τα πρώτα να εμφανίζουν υψηλότερη θετική τιμή στην παράμετρο  $b^*$ . Συνεπώς, τα πρώτα ροφήματα έχουν σημαντικότερη, στατιστικά, κίτρινη απόχρωση. Η παράμετρος  $b^*$  για τα ροφήματα με βάση το αμύγδαλο, δεν έχει στατιστικά σημαντική διαφορά από καμία κατηγορία ροφήματος.

Ως προς την παράμετρο  $a^*$  που υποδεικνύει τον κόκκινο και πράσινο χρωματισμό, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων.

Τα δείγματα που είναι εμπλουτισμένα με πρωτεΐνη (όπως διακρίνονται στο παράρτημα Ι) και διαθέτουν τον ισχυρισμό διατροφής «πηγή πρωτεΐνης» ή «πλούσιο σε πρωτεΐνες», σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (ΕΚ 1924/2006), συγκρινόμενα με το σύνολο των δειγμάτων, εμφανίζουν, επίσης, αυξημένη τιμή στην παράμετρο  $b^*$ . Συγκεκριμένα:

- 1) SPB2 (Ρόφημα σόγιας με πρωτεΐνη):  $b^* = 10,97 \pm 0,12$
- 2) OPB12 (Ρόφημα βρώμης με πρωτεΐνη):  $b^* = 9,81 \pm 0,08$
- 3) APB4 (Ρόφημα αμυγδάλου με πρωτεΐνη):  $b^* = 6,88 \pm 0,37$
- 4) APB16 (Ρόφημα αμυγδάλου με πρωτεΐνη):  $b^* = 11,50 \pm 0,06$

5) CHB1 (Ρόφημα πρωτεΐνης- ρεβυθιού):  $b^* = 7,28 \pm 0,05$

Μελέτη των Rocha et al. (2017), στην οποία παρασκευάστηκε ρόφημα εμπλουτισμένο με πρωτεΐνες ορού γάλακτος και λουτεΐνη, συσχετίζει την αύξηση της περιεκτικότητας της προστιθέμενης πρωτεΐνης με την αύξηση των παραμέτρων  $b^*$  και κατά συνέπεια αύξηση του κίτρινου χρώματος. Επιπλέον, σε πείραμα των Quiñones et al. (1998), παρατηρήθηκε μείωση του κίτρινου χρώματος σε εμπλουτισμένα με ίδια ποσότητα πρωτεΐνης, ζωικά γάλατα με 3.5 και 1.5% λιπαρά, ενώ αύξηση αυτού, σε γάλατα με 0 και 1.5% λιπαρά.

Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι η περιεκτικότητα του ροφήματος σε λίπος και πρωτεΐνη, συσχετίζεται άμεσα με την εμφάνιση και το χρώμα του και ειδικότερα με την κίτρινη απόχρωση. Η περιεκτικότητα των φυτικών ροφημάτων σε λίπος, με βάση τον Πίνακα 8, είναι μεγαλύτερη στα ροφήματα με βάση την σόγια, τον αρακά και το αμύγδαλο. Στο παρόν πείραμα, παρατηρήθηκε αύξηση του κίτρινου χρώματος με την αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και λίπος, σε εμπλουτισμένα με πρωτεΐνη, ροφήματα, με βάση την σόγια τον αρακά και το αμύγδαλο.

Επιπλέον, ροφήματα με βάση τον ίδιο καρπό – σπόρο, τα οποία είναι εμπλουτισμένα με ασβέστιο και βιταμίνες, όπως αναγράφεται στον Πίνακα 6, εμφανίζουν διαφορές στις παραμέτρους του χρώματος. Συγκεκριμένα, για τα ροφήματα με βάση την βρώμη, τα ροφήματα με κωδικό OB4, OB5, OB8, OB13, O14 και OSFB9 (Παράρτημα I) παρουσιάζουν υψηλότερη θετική τιμή της παραμέτρου  $b^*$ , συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα της ίδιας κατηγορίας. Αντίστοιχα για τα ροφήματα με βάση το αμύγδαλο, τα ροφήματα με κωδικό ASFB3, AB5, AB6, AB9, ASFB10, AB14, AB15, συγκρινόμενά με τα υπόλοιπα ροφήματα αμυγδαλού, εμφανίζουν υψηλότερη αρνητική τιμή της παραμέτρου  $a^*$ . Η συσχέτιση αυτή παρατηρείται και στα ροφήματα καρύδας με κωδικό CB2 και CSFB3. Συμπερασματικά, ο εμπλουτισμός των φυτικών ροφημάτων με βιταμίνες και μέταλλα σε συνδυασμό με τον τύπο του καρπού που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του, έχουν άμεσο αντίκτυπο στο χρώμα του τελικού προϊόντος.

Τέλος, στον παρακάτω Πίνακα παρατίθενται οι τιμές των παραμέτρων του χρώματος για ζωικά γάλατα. Η τιμή  $L^*$  όλων των φυτικών ροφημάτων, η οποία αναπαριστά την φωτεινότητα – λευκότητα του προϊόντος, είναι αρκετά χαμηλότερη συγκρινόμενη με τα ζωικά γάλατα. Οι παράμετροι  $a^*$  και  $b^*$  των ροφημάτων σόγιας παρατηρείται ότι είναι σε παραπλήσιες τιμές με εκείνες του αγελαδινού γάλατος, όπως αυτές διακρίνονται στον Πίνακα 10.

Τα ροφήματα OB13 και OB14 με βάση την επισήμανσή τους, η οποία υποδηλώνει την εγγύτητα της γεύσης τους με αυτή του ζωικού γάλακτος, παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές στις χρωματικές παραμέτρους, οι οποίες δεν πλησιάζουν εκείνες των ζωικών γαλάτων.

*Πίνακας 10: Παράμετροι χρώματος ζωικών γαλάτων (Milovanovic et al., 2020)*

Παράμετρος χρώματος/ Πηγή γάλακτος	Αγελάδα (n=41)	Κατσίκι (n=1)	Πρόβατο (n=3)
<b>L*</b>	81,0 ± 8,1	86,0 ± 0,0	79,9 ± 8,9
<b>a*</b>	-1,5 ± 3,0	-2,1 ± 0,0	-2,4 ± 1,3
<b>b*</b>	7,5 ± 4,4	5,5 ± 0,0	7,5 ± 1,3

### 6.3 Φασματοσκοπία Μέσου Υπερύθρου (ATR-FTIR)

Για την αποτίμηση των φασμάτων μέσου υπερύθρου, μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση αναμενόμενων απορροφήσεων και χαρακτηριστικών απορροφήσεων χαρακτηριστικών ομάδων μακρομορίων και ενώσεων, δομήθηκε ο παρακάτω γενικός Πίνακας.

*Πίνακας 11: Απορροφήσεις χαρακτηριστικών ομάδων μακρομορίων και άλλων ενώσεων με βάση την βιβλιογραφία*

Ζώνη απορρόφησης	Είδος δόνησης	Βιβλιογραφική αναφορά
3287–3290 cm <sup>-1</sup>	Αμίδιο I, δόνηση τάσης N-H σε αμίδια και πρωτεΐνες	Candoğan, K, et al., (2021), Barth (2007)
3007 cm <sup>-1</sup>	Δόνηση τάσης ακόρεστου C με sp <sup>2</sup> υβριδισμό με H	Nandiyanto, et al., (2019).
2922 cm <sup>-1</sup>	Ασύμμετρη δόνηση τάσης C-H σε μεθυλένια λιπαρών οξέων	Candoğan, K, et al., (2021)
2854 cm <sup>-1</sup>	Συμμετρική δόνηση τάσης C-H σε μεθυλένια λιπαρών οξέων	Candoğan, K, et al., (2021)



1743 cm <sup>-1</sup>	Δόνηση τάσης καρβονυλίου (C=O) , εστέρες χοληστερόλης, τριγλυκερίδια	Candoğan, K, et al., (2021), Lestari, et al., (2022). Arifah, et al., (2022).
1638 cm <sup>-1</sup>	Ζώνη απορρόφησης Αμίδιου I band: ισχυρή απορρόφηση δόνησης τάσης C=O σε πεπτίδια και πρωτεΐνες	Sinanoglou, et al., (2018).
1545 cm <sup>-1</sup>	Ζώνη απορρόφησης αμίδιου II (δονήσεις τάσης C-N και δονήσεις κάμψης N-H)	Sinanoglou, et al., (2018).
1458, 1417 και 1377 cm <sup>-1</sup>	Δονήσεις κάμψης μεθυλίου και μεθυλενίου (-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> ), πρωτεϊνικών τμημάτων	Candoğan, K, et al., (2021), Sinanoglou, et al., (2018).
1314–1205 cm <sup>-1</sup>	Αμίδιο III: Δονήσεις κάμψης N-H και O=C-N και δονήσεις τάσης C-N στις πρωτεΐνες	Candoğan, K, et al., (2021)
1240 και 1157 cm <sup>-1</sup>	Δόνηση τάσης C-O σε C-OH ομάδες αμινοξέων, πρωτεϊνών και υδατανθράκων	Candoğan, K, et al., (2021), Lamyaa, et al., (2013), Balan, et al., (2020)
1020-1100 cm <sup>-1</sup>	Δόνηση τάσης C-O σε γλυκόζη, φρουκτόζη και σακχαρόζη	Grassi et al., 2014
1030 cm <sup>-1</sup>	Δόνηση τάσης C-O σε λιπίδια, πρωτοταγής αλκοόλες και πολυσακχαρίτες	Candoğan, K, et al., (2021), Conceição et al., (2019), Foda, et al., (2013)
718-721 cm <sup>-1</sup>	Δόνηση κάμψης cis δεσμού -HC=CH-	Lestari, et al., (2022). Windarsih, et al., (2020).

Στον παρακάτω Πίνακα 12, παρατίθενται οι εντάσεις των απορροφήσεων των φυτικών ροφημάτων σε ομαδοποιημένες ζώνες απορρόφησης.

*Πίνακας 12: Απορροφήσεις μέσου υπερίθρου ανά κατηγορία ροφημάτων*

Κυματριθμός (cm <sup>-1</sup> )	Ροφήματα με βάση τη Σόγια (Α1-Α5)	Ροφήματα με βάση το Ρύζι (Β1-Β4)	Ροφήματα με βάση τη Βρώμη (Γ1-Γ14)	Ροφήματα με βάση το Καστανό	Ροφήματα με βάση το Αμύγδαλο (Θ1-Θ16)	Ροφήματα με βάση την Καρύδα (Κ1-Κ4)	Ροφήματα με βάση τον Αρακά (Λ1-Λ2)

				Ρύζι (H1-H3)			
3300-3270	0,518±0,026	0,649±0,364	0,781±0,082	0,808±0,021	0,732±0,125	0,750±0,151	0,529±0,193
3010	0,028±0,002	0,003±0,004	0,007±0,006	0,001±0,002	0,013±0,011	-	0,011±0,015
2925-2922	0,409±0,021	0,204±0,116	0,265±0,055	0,240±0,027	0,449±0,143	0,401±0,199	0,407±0,074
2856-2854	0,128±0,007	0,023±0,017	0,041±0,025	0,023±0,009	0,136±0,083	0,120±0,114	0,136±0,032
1745-1743	0,192±0,010	0,129±0,071	0,121±0,084	0,175±0,101	0,17±0,068	0,230±0,18	0,14±0,021
1649-1631	0,407±0,021	0,049±0,005	0,120±0,063	0,045±0,003	0,373±0,18	0,083±0,03	0,447±0,057
1545-1535	0,224±0,013	0,001±0,002	0,025±0,035	0,005±0,001	0,157±0,12	0,011±0,018	0,248±0,091
1460-1440	0,053±0,003	-	0,007±0,013	-	0,049±0,036	0,033±0,046	0,077±0,008
1421-1396	0,066±0,004	0,038±0,001	0,032±0,014	0,039±0,003	0,054±0,028	0,032±0,016	0,132±0,074
1365-1313	0,003±0,000	0,071±0,027	0,046±0,004	0,091±0,036	0,013±0,007	0,03±0,018	0,006±0,006
1257-1220	0,060±0,003	0,033±0,021	0,034±0,033	0,050±0,031	0,043±0,023	0,020±0,009	0,073±0,002
1149-1132	0,043±0,003	0,117±0,008	0,088±0,028	0,113±0,005	0,045±0,041	0,139±0,043	0,014±0,002
1107-1100	0,006±0,001	0,022±0,002	0,010±0,009	0,021±0,002	0,01±0,015	0,011±0,013	-
1075-1045	0,161±0,090	0,051±0,010	0,036±0,015	0,055±0,002	0,047±0,118	0,031±0,040	0,415±0,112
1022-1010	-	0,615±0,021	0,568±0,050	0,635±0,008	0,314±0,243	0,617±0,100	-
999-979	0,110±0,130	-	-	-	0,092±0,145	-	0,100±0,033
932-920	0,032±0,040	0,052±0,004	0,042±0,012	0,052±0,002	0,047±0,058	0,049±0,016	0,007±0,009
870-835	0,018±0,020	0,039±0,003	0,024±0,009	0,038±0,003	0,020±0,012	0,027±0,012	0,071±0,030
819-817	-	-	-	-	0,009±0,017	0,003±0,006	0,023±0,033
763-755	-	0,035±0,004	0,028±0,005	0,037±0,002	0,034±0,019	0,028±0,015	0,031±0,043
705-694	0,007±0,010	0,023±0,002	0,020±0,007	0,023±0,002	0,015±0,008	0,019±0,008	0,030±0,011
667-630	0,004±0,010	-	0,007±0,008	-	0,001±0,003	0,004±0,005	0,009±0,012
575-532	0,015±0,020	0,029±0,004	0,026±0,008	0,020±0,015	0,031±0,022	0,048±0,014	-
526-516	-	0,016±0,004	0,016±0,008	0,017±0,002	0,008±0,011	0,014±0,015	0,094±0,016

Στην περιοχή 3300 – 3270  $\text{cm}^{-1}$  παρατηρούνται έντονες απορροφήσεις σε όλες τις κατηγορίες φυτικών ροφημάτων, ειδικά στα ροφήματα με βάση το καστανό ρύζι και την βρώμη. Η απορρόφηση αυτή αποδίδεται στην δόνηση τάσης του δεσμού N-H στις πρωτεΐνες και τα αμιδιό (Candoğan et al., 2021; Barth, 2007). Τα ροφήματα αυτά, όπως αναγράφεται στην διατροφική τους σήμανση, περιέχουν μικρότερη των 0,5 g/100 g ροφήματος ποσότητα πρωτεϊνών η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα. Συνεπώς, η έντονη απορρόφηση στην ζώνη αυτή, στα ροφήματα με βάση το καστανό ρύζι και την βρώμη, αποδίδεται στην δόνηση τάσης του OH των πολυσακχαριτών (Hong et al., 2021). Τα ροφήματα με υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο, όπως τα ροφήματα σόγιας, αρακά και αμυγδάλου, εμφανίζουν επίσης υψηλές απορροφήσεις στην ζώνη αυτή, όπως είναι αναμενόμενο. Οι απορροφήσεις σε κυματαριθμούς πλησίον των 3010  $\text{cm}^{-1}$ , 2923  $\text{cm}^{-1}$ , 2856  $\text{cm}^{-1}$  και 1746  $\text{cm}^{-1}$  σχετίζονται με την δόνηση τάσης C-H στους *cis* διπλούς δεσμούς, στην ασύμμετρη και συμμετρική δόνηση τάσης C-H, σε μεθυλένια λιπαρών οξέων και στη

δόνηση τάσης του καρβονυλίου (C=O) σε τριγλυκερίδια (Nandiyanto et al., 2019; Candoğan et al., 2021; Yuzhen et al., 2014). Τα ροφήματα με υψηλή περιεκτικότητα λίπους, όπως τα ροφήματα την καρύδα, το αμύγδαλο, τον αρακά και την σόγια εμφανίζουν έντονες απορροφήσεις στις παραπάνω περιοχές. Στις ζώνες απορρόφησης των δεσμών που σχετίζονται με πρωτεϊνικά τμήματα και πεπτίδια ( $1638\text{ cm}^{-1}$  έως  $1112\text{ cm}^{-1}$ ) υψηλή ένταση κορυφών παρατηρείται στα ροφήματα με υψηλότερη περιεκτικότητα πρωτεϊνών, δηλαδή στα ροφήματα με βάση την σόγια, τον αρακά και το αμύγδαλο (Sinanoglou et al., 2018; Candoğan et al., 2021; Lamya et al., 2013; Balan et al., 2020). Στο εύρος  $1240\text{ cm}^{-1}$  έως  $1030\text{ cm}^{-1}$ , οι απορροφήσεις στο οποίο αποδίδονται στους υδατάνθρακες, δεν διακρίνεται σημαντική διαφορά μεταξύ απορροφήσεων διαφορετικής κατηγορίας ροφημάτων. Παρόλο που υψηλότερη ένταση αναμένεται σε ροφήματα με βάση το ρύζι, το καστανό ρύζι και την βρώμη, όπου σύμφωνα με την διατροφική τους σήμανση (βλ. Πίνακα 8), έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό υδατανθράκων, αρκετά από τα ροφήματα που εξετάστηκαν, είναι εμπλουτισμένα με υδατάνθρακες – σάκχαρα, γεγονός το οποίο δικαιολογεί την εγγύτητα των απορροφήσεων. Σύμφωνα με τους Tulchinsky et al. (1976), η περιοχή από  $1000\text{ cm}^{-1}$  έως  $800\text{ cm}^{-1}$  αναφέρεται σε περίπλοκες μορφές πολυσακχαριτών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή  $819\text{--}817\text{ cm}^{-1}$ , στην οποία παρατηρείται απορρόφηση, σχεδόν αποκλειστικά από τα ροφήματα με βάση τον αρακά. Η περιοχή  $845\text{--}810\text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται στο  $\alpha$ -ανωμερές των υδατανθράκων, γεγονός το οποίο πιθανόν υποδηλώνει την υπερίσχυση της δομής αυτής στον αρακά (Tulchinsky et al., 1976).

Τα ροφήματα με βάση την κινόα, όπως καταγράφονται στο παράρτημα III, εμφανίζουν έντονη απορρόφηση στις ζώνες  $1022\text{--}1010\text{ cm}^{-1}$ ,  $2925\text{--}2922\text{ cm}^{-1}$  και  $3300\text{--}3270\text{ cm}^{-1}$ . Η απορρόφηση στην πρώτη ζώνη, αποδίδεται στην δόνηση τάσης του δεσμού C-O σε σάκχαρα και πολυσακχαρίτες, και η έντονη αυτή απορρόφηση στα ροφήματα με βάση την κινόα, έρχεται σε συμφωνία με το υψηλό περιεχόμενο υδατανθράκων που περιέχει (Vilcacundo et al., 2017). Οι επόμενες ζώνες απορροφήσεις, αποδίδονται, αντίστοιχα, στα λιπαρά οξέα (δόνηση τάσης C-H σε μεθυλένια λιπαρών οξέων) και στις πρωτεΐνες (δόνηση τάσης N-H σε αμίδια και πρωτεΐνες). Το ρόφημα με βάση το ρεβίθι, παρουσιάζει έντονη απορρόφηση στις περιοχές  $1649\text{--}1631\text{ cm}^{-1}$ ,  $2925\text{--}2922\text{ cm}^{-1}$  και  $3300\text{--}3270\text{ cm}^{-1}$ . Η έντονη απορρόφηση στην πρώτη και τρίτη περιοχή, η οποία αποδίδεται στις πρωτεΐνες και συγκεκριμένα στο αμίδιο I, είναι αναμενόμενη, εξαιτίας της πρώτης ύλης του ροφήματος. Το ρεβίθι περιέχει υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών, συγκριτικά με τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για άλλα φυτικά ροφήματα, ενώ επίσης, η διατροφική επισήμανση του ροφήματος επιβεβαιώνει το

υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο (Jukanti et al, 2012). Το ρόφημα με βάση το φαγόπυρο, εμφανίζει έντονη απορρόφηση στις ζώνες που απορροφούν οι πρωτεΐνες (3300-3270  $\text{cm}^{-1}$ , 1365-1313  $\text{cm}^{-1}$ ) και τα λιπίδια (1745-1743  $\text{cm}^{-1}$ , 2925-2922  $\text{cm}^{-1}$ ) και επίσης στην ζώνη 1022-1010  $\text{cm}^{-1}$ , η οποία αποδίδεται στους υδατάνθρακες. Το ρόφημα αυτό, σύμφωνα με πληροφορίες της γενικής χημικής του σύστασης που λήφθηκαν από την ετικέτα (βλ. παράρτημα IV), αλλά και βιβλιογραφική ανασκόπηση της πρώτης ύλης, έχει υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες ( $\approx 70\%$  ο καρπός), γεγονός το οποίο συνάδει με την έντονη απορρόφηση (Wijngaard et al, 2006). Επιπλέον, το φαγόπυρο έχει ένα αρκετά σημαντικό ποσοστό πρωτεϊνών ( $\approx 12\%$  στον καρπό), στο κλάσμα των οποίων υπερισχύουν ποσοτικά οι σφαιρίνες (Zhu, 2021). Στο ρόφημα με βάση την κάνναβη, έντονη απορρόφηση παρουσιάστηκε στις ζώνες 1022-1010  $\text{cm}^{-1}$ , 1149-1132  $\text{cm}^{-1}$ , 1545-1535  $\text{cm}^{-1}$ , 2925-2922  $\text{cm}^{-1}$  και 3300-3270  $\text{cm}^{-1}$ , οι οποίες αντιστοιχούν στους υδατάνθρακες, τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια. Οι σπόροι κάνναβης περιέχουν περίπου 25% λίπος, το οποίο αποτελείται κυρίως από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, με εξαιρετική αναλογία  $\frac{\omega 3}{\omega 6}$  λιπαρών οξέων, ενώ επίσης έχουν υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών ( $\approx 25-30\%$ ) και υδατανθράκων ( $\approx 20-30\%$ ) (Presa-Lombardi et al, 2023 ; Montero et al, 2023).

## 6.4 Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών

Στον Πίνακα 13 παρατίθενται τα μοριακά είδη πρωτεϊνών σε κάθε κατηγορία ροφήματος.

Πίνακας 13: Μοριακά είδη πρωτεϊνών ανά κατηγορία φυτικού ροφήματος

Ροφήματα	β-Parallel Sheet (%)	Random Coil (%)	α-Helix (%)	β-Turn (%)	Ratio: α-helix:β-Parallel sheet
Σόγια (A1-A5)	47,75±12,77α	26,55±13,72α	18,32±5,83α	7,38±4,34	0,41±0,21
Ρύζι (B1-B4)	14,79±4,18β	49,45±6,27β	31,33±5,10β	4,44±2,96	2,28±0,79
Βρώμη (Γ1-Γ14)	12,41±8,51β	35,37±4,46γ	36,17±5,41β	18,77±4,72	4,94±5,06
Καστανό Ρύζι (H1-H3)	18,85±5,97β	43,86±8,99β	29,38±7,13β	7,91±8,08	1,7±0,74
Αμύγδαλο (Θ1-Θ16)	22,06±16,56β	25,51±3,97α	32,96±7,11β	19,78±10,17	5,19±7,45
Καρύδα (Κ1-Κ4)	14,07±9,43β	35,94±7,84γ	35,79±12,00β	14,4±6,22	1,66±0,45
Αρακάς (Λ1-Λ2)	40,17±16,66α	33,06±3,79γ	20,43±8,53α	6,34±4,34	0,61±0,46

Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος της ίδιας στήλης υποδηλώνουν την ύπαρξη σημαντικής διαφοράς μεταξύ των τιμών ( $P < 0.05$ )

Σύμφωνα με τον παραπάνω Πίνακα, παρατηρούνται τα εξής:

Τα ροφήματα με βάση την σόγια και τον αρακά, περιέχουν στατιστικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) ποσοστό της δομής του β – παράλληλου φύλλου, συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα, ενώ δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των υπόλοιπων ροφημάτων, ως προς αυτή τη δομή. Σχετικά με την δομή τυχαίου σπειρώματος, τα ροφήματα με βάση το ρύζι και το καστανό ρύζι, έχουν σημαντικά υψηλότερο ποσοστό της δομής αυτής, συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα. Επίσης, σημαντική διαφορά υπάρχει και στα ροφήματα με βάση τη σόγια και του αμυγδάλου, με τα ροφήματα βρώμης, καρύδας και αρακά, με τα πρώτα να εμφανίζουν χαμηλότερο ποσοστό της δομής τυχαίου σπειρώματος. Όσον αφορά τη δομή της α- έλικας, τα ροφήματα με βάση τη σόγια και τον αρακά, όπου είναι και αυτά με το υψηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης, όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 6.1, εμφανίζουν σημαντικά μειωμένο ποσοστό της δομής αυτής, συγκριτικά με τα υπόλοιπα φυτικά ροφήματα.

Στα ροφήματα με βάση την σόγια και τον αρακά, υπερισχύει το  $\beta$  – παράλληλο φύλλο ενώ στα ροφήματα με βάση το ρύζι και το καστανό ρύζι, τα τυχαία σπειρώματα. Οι κύριες πρωτεΐνες στον καρπό της σόγιας είναι οι σφαιρίνες: γλυκίνη και  $\beta$ - κονγλυκίνη (Singh et al., 2015). Αντίστοιχες μελέτες των Yang et al. (2016) και Zhao et al. (2008), σε συμφωνία με το πειραματικό αποτέλεσμα της παρούσας εργασίας, διαπιστώνουν την υπερίσχυση του  $\beta$  - παράλληλου φύλλου στις σφαιρίνες αυτές. Αντίστοιχα, για απομονωμένες πρωτεΐνες αρακά, η βιβλιογραφική ανασκόπηση των Shevkani et al. (2019), υπέδειξε την υπερίσχυση των δομών  $\beta$  – παράλληλου φύλλου, ενώ ακολουθεί, ποσοτικά η δομή της  $\alpha$ - έλικας και όχι τα τυχαία σπειρώματα (Random Coil). Οι κυριότερες, ποσοτικά, πρωτεΐνες στο ρύζι και στο καστανό ρύζι είναι η αλβουμίνη, η γλοβουλίνη, η γλουτελίνη και η προλαμίνη. (Amagliani et al., 2017).

Στα ροφήματα με βάση τη βρώμη και την καρύδα υπερισχύουν οι δομές της  $\alpha$ - έλικας και του τυχαίου σπειρώματος. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, οι Liu et al. (2009), ανέλυσαν την δευτεροταγή δομή απομονωμένης πρωτεΐνης βρώμης και συμπέραναν ότι το μεγαλύτερο κλάσμα αποδίδεται στην δομή του  $\beta$ -παράλληλου φύλλου. Τέλος, στα ροφήματα με βάση το αμύγδαλο υπερισχύει, με μικρή διαφορά, η δομή της  $\alpha$  - έλικας.

Το ποσοστό του κλάσματος των δομών των πρωτεϊνών του  $\beta$ - φύλλου, όπως και η αναλογία  $\alpha$ -έλικας προς  $\beta$  – φύλλο και το τυχαίο σπείρωμα, σύμφωνα με μελέτη των Bai et al. (2015) σχετίζονται με την θρεπτική αξία και την πεπτικότητα των πρωτεϊνών. Αναλυτικότερα, υψηλότερη αναλογία  $\beta$  – φύλλου, σχετίζονται με χαμηλότερη πεπτικότητα των πρωτεϊνών στο λεπτό έντερο λόγω του μεγάλου αριθμού δεσμού υδρογόνου που περιέχουν, οι οποίοι εμποδίζουν την δράση της πρωτεάσης. Αντίθετα, το ποσοστό των τυχαίων σπειρωμάτων συσχετίστηκε θετικά με την διαλυτότητα των πρωτεϊνών και την πεπτικότητά τους, πιθανόν λόγω των λιγότερων δεσμών υδρογόνου της δομής οι οποίοι μπορούν να ευνοήσουν την αλληλεπίδραση με ένζυμα (Bai et al., 2015; Yu, 2007). Από τα παραπάνω, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι πρωτεΐνες ροφημάτων με βάση την σόγια και τον αρακά έχουν, πιθανώς, χαμηλότερη πεπτικότητα, από ότι εκείνες στα ροφήματα ρυζιού και καστανού ρυζιού, οι οποίες εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερο ποσοστό τυχαίων σπειρωμάτων.

Στα ροφήματα με βάση την κινόα, όπως και στο ρόφημα με βάση το φαγόπυρο (Παράρτημα II), υπερισχύουν ποσοτικά οι δομές της  $\alpha$ - έλικας και των τυχαίων

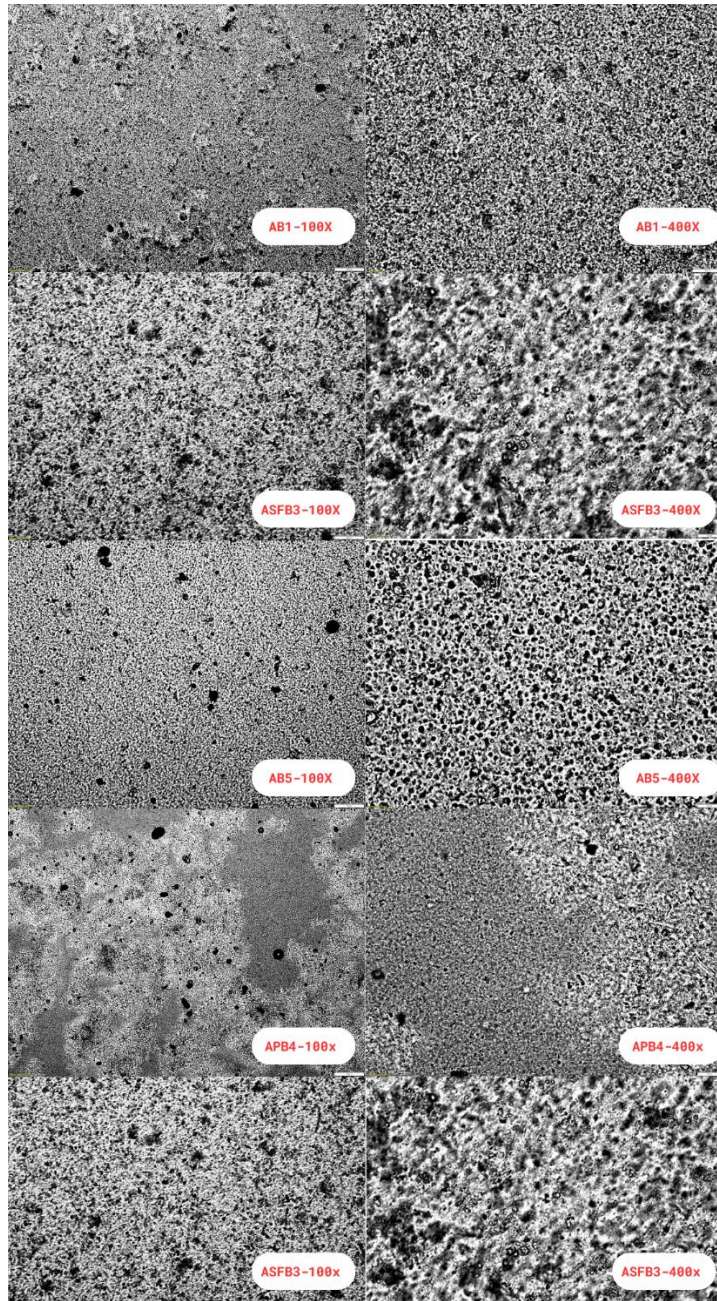
σπειρωμάτων. Στο ρόφημα με βάση το ρεβίθι, οι μοριακές δομές των πρωτεϊνών, ισοκατανέμονται σε δομές β- παράλληλου φύλλου, τυχαίου σπειρώματος και α- έλικας, ενώ σε μικρότερο ποσοστό βρίσκεται η μορφή της β- στροφής.

### **6.5 Μικροσκόπηση**

Η μικροσκόπηση των φυτικών ροφημάτων με την χρήση οπτικού μικροσκοπίου, χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό μεγάλων σωματιδίων σε αυτά, όπως οι φυτικοί ιστοί ή τα μεγάλα λιποσφαιρίδια. Επιπλέον, αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για τον προσδιορισμό της συσσωμάτωσης και του σχήματος των σωματιδίων, στα γαλακτώματα γάλακτος (Kayeye, 2023).

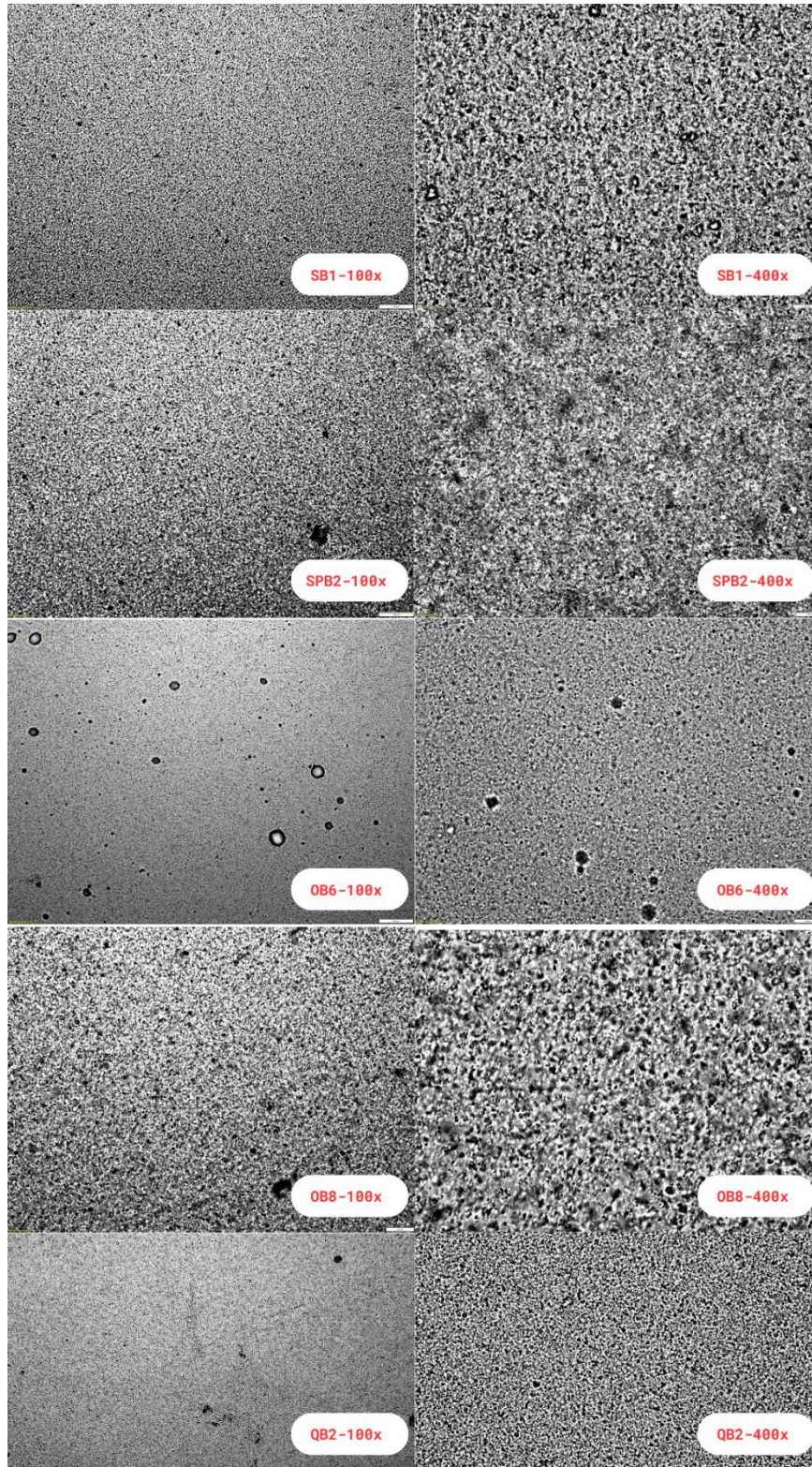
Πραγματοποιήθηκε μικροσκόπηση όλων των δειγμάτων, σε υγρή μορφή, με την χρήση οπτικού μικροσκοπίου, και καταγράφηκαν φωτογραφίες σε μεγέθυνση x100 και x400. Παρακάτω παρατίθενται χαρακτηριστικές φωτογραφίες των δειγμάτων φυτικών ροφημάτων.





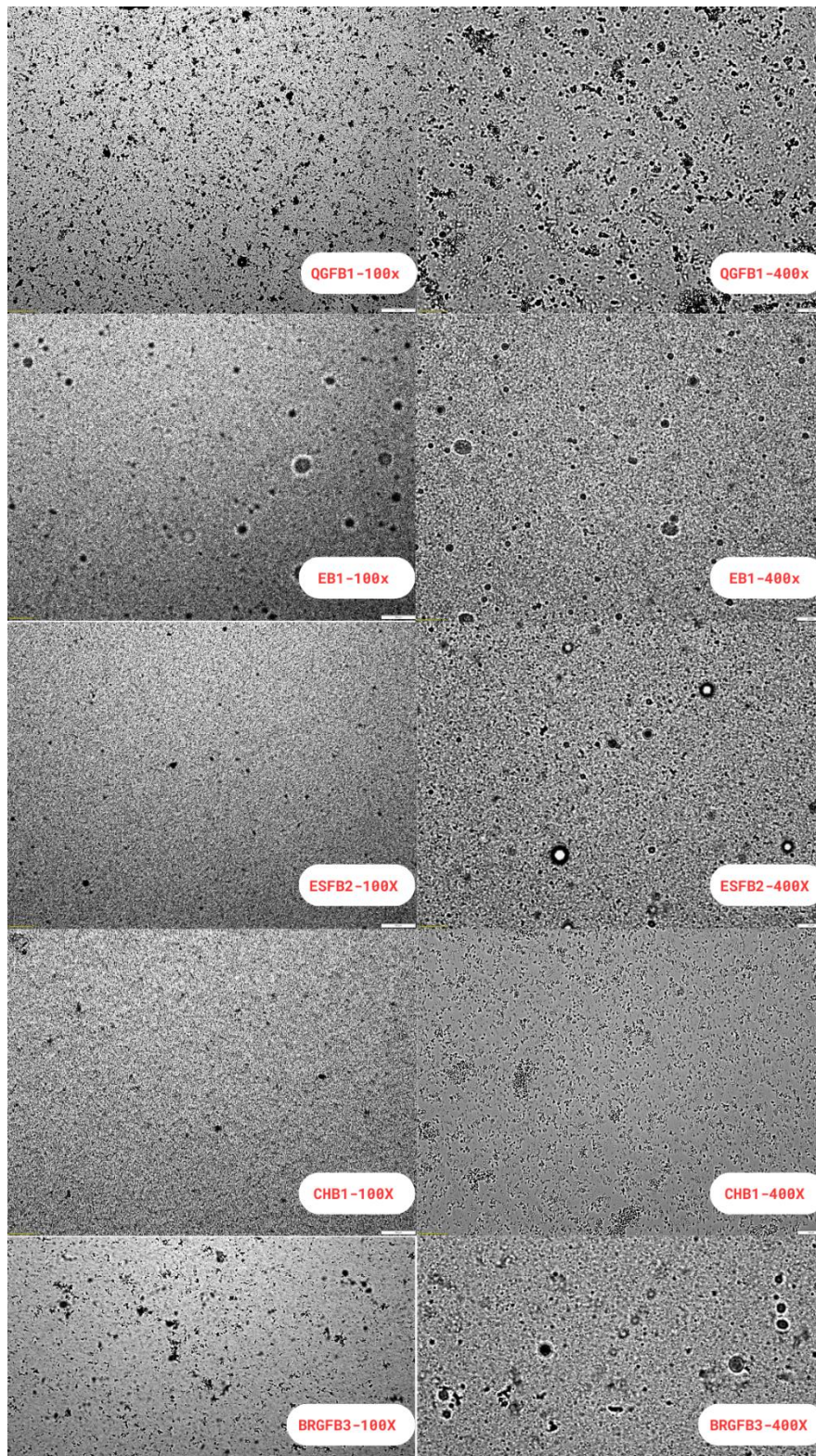
Εικόνα 5: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (1)





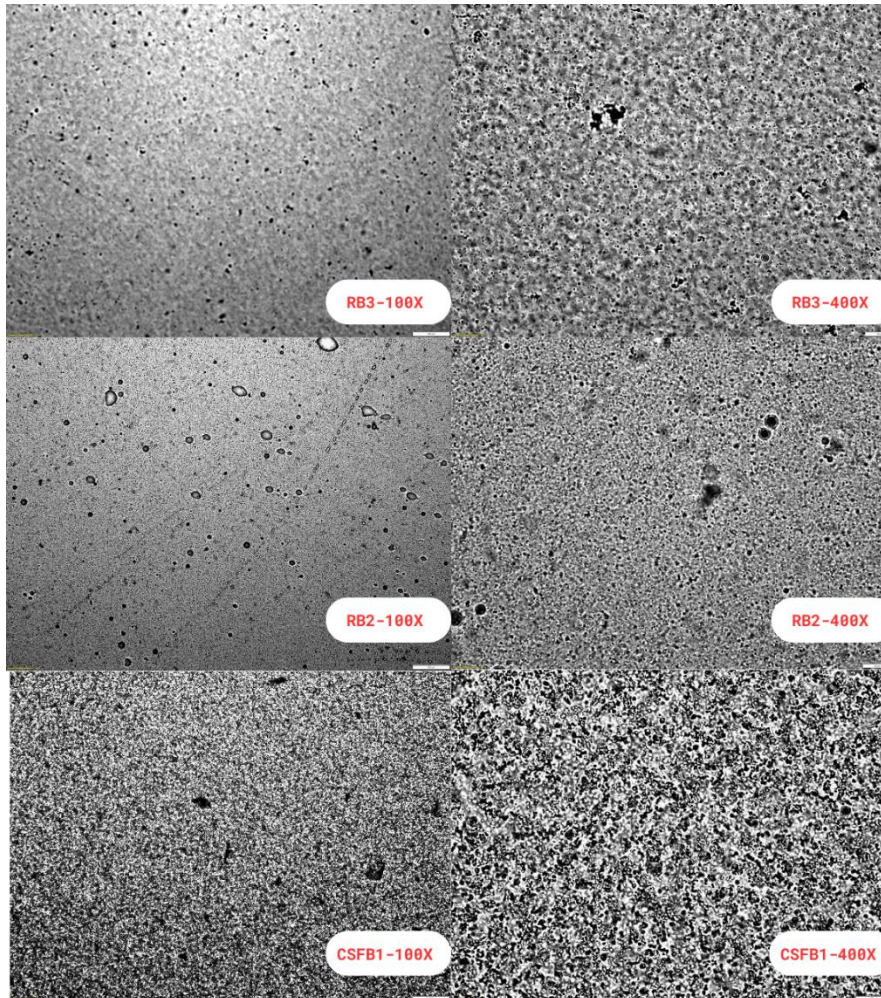
Εικόνα 6: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (2)





Εικόνα 7: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (3)





Εικόνα 8: Εικόνα 6: Φωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου φυτικών ροφημάτων σε μεγέθυνση x100 και x400 (4)

Στα δείγματα αμυγδάλου, όπως αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα 5, ενδιαφέρον εμφανίζουν τα ροφήματα χωρίς ζάχαρη, τα οποία διακρίνονται από ιδιαίτερα πυκνή δομή συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα αμυγδάλου, ενώ δεν παρατηρείται το ίδιο και στα υπόλοιπα ροφήματα. Τα σάκχαρα, σύμφωνα με μελέτη των Maskan et. al (2000), στην οποία προστέθηκαν σάκχαρα σε γαλακτώμα ηλιελαίου σε νερό, έχουν θετική επίδραση στην σταθεροποίηση του γαλακτώματος. Όλα τα ροφήματα που μελετήθηκαν, τα οποία δεν περιέχουν σάκχαρα, έχουν προσθήκη σταθεροποιητών ή πυκνωτικών μέσων. Στο ρόφημα βρώμης με κωδικό OB6 (εικόνα 6), το οποίο δεν περιέχει γαλακτωματοποιητές (βλ. Πίνακα 6) παρατηρούνται διακριτές σφαιρικές δομές, σε αντίθεση με το ρόφημα βρώμης με κωδικό OB8. Το δείγμα OB8, σύμφωνα με τα συστατικά του, περιέχει, μεταξύ άλλων, διαλυτές ίνες καλαμποκιού, κόμμα τζελάν και βιταμίνες. Η ίδια διαφοροποίηση βρέθηκε και στα υπόλοιπα δείγματα βρώμης με και χωρίς παράγοντες γαλακτωματοποίησης ή σταθεροποίησης. Η πυκνή

δομή του ροφήματος αυτού, όπως εμφανίζεται στην εικόνα 6, πιθανόν να σχετίζεται με τις προσθήκες αυτές και συνεπώς με την σταθερότητα του γαλακτώματος. Αντίστοιχο φαινόμενο, παρατηρείται και στα ροφήματα με βάση την σόγια.

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και υποδείξεις για περαιτέρω έρευνα

Από την παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε διαφοροποίηση των δειγμάτων στα οποία είχε πραγματοποιηθεί εμπλουτισμός με πρωτεΐνη, βιταμίνες και μέταλλα, όσον αφορά τις παραμέτρους του χρώματος, ενώ σημαντικό ρόλο σε αυτό διαδραματίζει και το ποσοστό λίπους. Συγκεκριμένα, στα εμπλουτισμένα με πρωτεΐνη, μέταλλα και βιταμίνες, ροφήματα, παρατηρήθηκε αυξημένη, θετική τιμή της παραμέτρου  $b^*$ , η οποία αναφέρεται στον κιτρινωπό χρωματισμό. Επιπλέον, φωτεινότερα ροφήματα, δηλαδή ροφήματα με υψηλότερη τιμή της παραμέτρου  $L^*$ , βρέθηκαν τα ροφήματα σόγιας, ρυζιού και αμυγδάλου, κανένα όμως από τα ροφήματα που εξετάστηκαν δεν παρουσίασε ομοιότητα με τα ζωικά γάλατα, ως προς την παράμετρο αυτή. Το χρώμα των φυτικών ροφημάτων και ειδικότερα η λευκότητά τους, είναι σημαντικό για την αποδοχή από τους καταναλωτές, οι οποίοι παρουσιάζουν την επιθυμία εύρεσης αντίστοιχων, οργανοληπτικά, με το γάλα, φυτικά ροφήματα. Συνεπώς, περαιτέρω έρευνα στην βελτιστοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και συγκεκριμένα του χρώματος των φυτικών ροφημάτων, θα ήταν ενδιαφέρουσα.

Όσον αφορά την φασματοσκοπία υπερύθρου, όπως είναι αναμενόμενο, οι εντάσεις των απορροφήσεων των δειγμάτων, στις περιοχές που απορροφούν διάφορα μακρομόρια (πρωτεΐνες, λιπαρά οξέα, υδατάνθρακες) ήταν, γενικά, ανάλογες με την περιεκτικότητά τους στα μακρομόρια αυτά. Συγκεκριμένα, τα ροφήματα με υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο (σόγιας, αρακά, αμυγδάλου), παρουσίασαν έντονες απορροφήσεις στις περιοχές  $3300\text{ cm}^{-1}$  -  $3270\text{ cm}^{-1}$  και  $1638\text{ cm}^{-1}$  έως  $1112\text{ cm}^{-1}$ , οι οποίες αποδίδονται σε δονήσεις δεσμών σε πρωτεΐνες και πεπτίδια. Επιπλέον, τα ροφήματα καρύδας, αμυγδάλου, αρακά και σόγιας, όπου παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα λίπους, εμφανίζουν και έντονη απορρόφηση στις περιοχές όπου αποδίδονται σε αυτό ( $3010\text{ cm}^{-1}$ ,  $2923\text{ cm}^{-1}$ ,  $2856\text{ cm}^{-1}$ ,  $1746\text{ cm}^{-1}$ ). Όσον αφορά τους υδατάνθρακες, δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη διαφοροποίηση των δειγμάτων ως προς την ένταση των απορροφήσεων στις περιοχές που αποδίδονται σε αυτούς. Ενδιαφέρον, όμως, παρουσιάζει η περιοχή  $819\text{ cm}^{-1}$  –  $817\text{ cm}^{-1}$  στην οποία παρατηρείται απορρόφηση σχεδόν αποκλειστικά από τα ροφήματα με βάση τον αρακά. Η περιοχή

αυτή αποδίδεται στα α- ανωμερή των υδατανθράκων, γεγονός το οποίο πιθανόν να υποδηλώνει υπερίσχυση της δομής αυτής στον αρακά.

Σχετικά με τις μοριακές δομές των πρωτεϊνών, τα ροφήματα με βάση την σόγια και τον αρακά, εμφανίζουν σημαντικά, υψηλότερο ποσοστό β-παράλληλου φύλλου, συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα και χαμηλότερο ποσοστό α-έλικας. Το υψηλό ποσοστό β-παράλληλου φύλλου, στα ροφήματα με βάση την σόγια, δικαιολογείται από την υπερίσχυση της μοριακής δομής αυτής, στις πρωτεΐνες (σφαιρίνες) της σόγιας. Τα ροφήματα με βάση την σόγια και το αμύγδαλο, εμφανίζουν χαμηλότερο ποσοστό της δομής τυχαίου σπειρώματος, συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα, ενώ υψηλότερο ποσοστό παρατηρείται στα ροφήματα με βάση το ρύζι και το καστανό ρύζι. Το ποσοστό των δομών αυτών, όπως και η αναλογία α-έλικας προς β-παράλληλο φύλλο, σχετίζεται με την θρεπτική αξία και την πεπτικότητα των πρωτεϊνών. Η υψηλή αναλογία β-παράλληλου φύλλου έχει συσχετιστεί με χαμηλότερη πεπτικότητα των πρωτεϊνών στο λεπτό έντερο, ενώ υψηλή αναλογία τυχαίων σπειρωμάτων όπως και αυξημένος λόγος α-έλικας προς β-παράλληλο φύλλο, συσχετίζεται με αυξημένη πεπτικότητα. Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα ροφήματα με βάση την σόγια και τον αρακά, τα οποία είναι εκείνα με το υψηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης, πιθανόν να έχουν χαμηλότερη πεπτικότητα, συγκριτικά με τα ροφήματα με βάση το ρύζι και το καστανό ρύζι, τα οποία παρουσιάζουν υψηλότερο ποσοστό τυχαίων σπειρωμάτων. Τα ροφήματα με βάση την σόγια και τον αρακά, έχουν την χαμηλότερη τιμή στην αναλογία α-έλικας προς β-παράλληλο φύλλο, ενώ υψηλότερη τιμή, εμφανίζουν τα ροφήματα με βάση την βρώμη και το αμύγδαλο. Συμπερασματικά, οι πρωτεΐνες στα ροφήματα βρώμης και αμυγδάλου, πιθανώς να έχουν καλύτερη πεπτικότητα από αυτές των ροφημάτων σόγιας και αρακά.

Τέλος, η μικροσκόπηση των δειγμάτων, υπέδειξε διαφοροποιήσεις των φυτικών ροφημάτων, ως προς την δομή τους, η οποία φαίνεται να σχετίζεται με τα συστατικά που περιέχουν. Συγκεκριμένα, τα ροφήματα τα οποία δεν περιέχουν σάκχαρα, όπως και τα ροφήματα που περιέχουν πρόσθετα και τεχνολογικά βοηθήματα, όπως γαλακτωματοποιητές και πυκνωτικά μέσα, παρουσιάζουν πυκνότερη δομή συγκριτικά με τα υπόλοιπα ροφήματα. Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι, πιθανόν, δομή αυτή να σχετίζεται με την σταθερότητα του γαλακτώματος, στα φυτικά ροφήματα.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ  
ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΘΕ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

	<b>Δείγμα</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>h</b>
<b>Σόγια</b>	SB1	60,18±0,17	-0,86±0,01	8,66±0,04	95,68±0,04
	SPB2	60,99±0,30	-0,91±0,02	10,97±0,12	94,73±0,04
	SGFB3	59,82±0,21	-0,26±0,01	6,23±0,07	92,41±0,07
	SB4	60,12±0,59	-0,97±0,03	6,94±0,08	97,92±0,24
	SB5	70,39±0,27	-2,47±0,01	11,05±0,08	102,59±0,04
<b>Ρύζι</b>	RGFB1	58,98±0,40	-0,71±0,03	1,36±0,04	117,43±1,55
	RB2	56,44 ± 0,28	-0,39 ± 0,02	2,94 ± 0,06	97,61 ± 0,49
	RB3	58,46 ± 0,27	-0,64 ± 0,03	1,72 ± 0,02	110,49 ± 0,42
	RB4	67,95 ± 0,38	-0,52 ± 0,02	3,24 ± 0,05	99,08 ± 0,53
	RGFB5	53,68 ± 0,21	-0,64 ± 0,05	4,58 ± 0,10	97,90 ± 0,66
<b>Βρώμη</b>	OB1	57,23 ± 0,04	-0,94 ± 0,04	4,41 ± 0,06	101,94 ± 0,31
	OGFB2	56,98 ± 0,40	-0,90 ± 0,08	4,41 ± 0,07	101,55 ± 0,83
	OB3	50,09 ± 0,23	-0,74 ± 0,10	4,60 ± 0,20	99,14 ± 0,87
	OB4	54,44 ± 0,53	-0,35 ± 0,03	6,69 ± 0,18	92,98 ± 0,26
	OB5	53,30 ± 0,35	-0,09 ± 0,08	5,49 ± 0,25	90,93 ± 0,80
	OB6	56,13 ± 0,42	-0,86 ± 0,10	4,85 ± 0,08	100,01 ± 1,07
	OGFB7	58,38 ± 0,11	-0,38 ± 0,02	5,46 ± 0,01	93,92 ± 0,25
	OB8	54,72 ± 0,43	-0,63 ± 0,02	8,61 ± 0,07	94,16 ± 0,07
	OSFB9	57,91 ± 0,12	-1,53 ± 0,03	8,03 ± 0,08	100,78 ± 0,08
	OB10	59,67 ± 0,21	-0,72 ± 0,03	5,84 ± 0,03	97,05 ± 0,25
	OB11	57,16 ± 0,12	-1,06 ± 0,02	4,92 ± 0,03	102,15 ± 0,23
	OPB12	62,09 ± 0,20	-0,61 ± 0,04	9,81 ± 0,08	93,58 ± 0,25
	OB13	58,49 ± 0,28	-0,49 ± 0,00	6,03 ± 0,10	94,66 ± 0,11
	OB14	59,84 ± 0,29	0,12 ± 0,04	7,03 ± 0,11	89,00 ± 0,28
<b>Κινόα</b>	QGFB1	55,46 ± 0,17	-0,66 ± 0,03	4,82 ± 0,06	97,74 ± 0,25
	QB2	53,75 ± 0,26	0,61 ± 0,07	6,07 ± 0,20	84,19 ± 0,74
<b>Ρεβόθι</b>	CHB1	54,75 ± 0,21	0,02 ± 0,01	7,28 ± 0,05	89,88 ± 0,08

<b>Φαγόπυρο</b>	FGFB1	50,99 ± 0,28	0,97 ± 0,02	5,15 ± 0,04	79,36 ± 0,28
<b>Καστανό ρύζι</b>	BRGFB1	54,72 ± 0,82	-0,66 ± 0,01	1,86 ± 0,02	109,29 ± 0,35
	BRGFB2	54,87 ± 0,27	-0,04 ± 0,03	5,25 ± 0,13	90,52 ± 0,26
	BRGFB3	52,87 ± 0,13	0,47 ± 0,01	5,75 ± 0,03	86,30 ± 0,10
<b>Αμύγδαλο</b>	AB1	58,53 ± 0,33	0,40 ± 0,02	5,85 ± 0,06	86,05 ± 0,13
	ASFB2	58,31 ± 0,91	-0,09 ± 0,04	3,63 ± 0,18	91,48 ± 0,51
	ASFB3	54,74 ± 0,57	-0,32 ± 0,07	6,00 ± 0,26	93,09 ± 0,51
	APB4	52,43 ± 0,52	0,92 ± 0,05	6,88 ± 0,37	82,39 ± 0,05
	AB5	56,20 ± 0,22	-0,41 ± 0,02	6,09 ± 0,11	93,84 ± 0,08
	AB6	56,83 ± 0,38	-0,56 ± 0,02	6,30 ± 0,08	95,10 ± 0,15
	AGFB7	58,03 ± 0,15	-0,03 ± 0,04	4,20 ± 0,02	90,37 ± 0,54
	AB8	61,19 ± 0,38	0,16 ± 0,01	4,97 ± 0,06	88,12 ± 0,13
	AB9	58,24 ± 0,15	-0,57 ± 0,02	5,71 ± 0,04	95,65 ± 0,20
	ASFB10	58,54 ± 0,15	-0,88 ± 0,03	4,91 ± 0,03	100,12 ± 0,32
	AB11	61,57 ± 0,14	-0,33 ± 0,03	1,46 ± 0,04	102,62 ± 1,23
	AB12	58,25 ± 0,11	-0,02 ± 0,03	3,89 ± 0,01	90,38 ± 0,45
	ASFB13	70,38 ± 0,42	-0,34 ± 0,04	4,58 ± 0,03	94,24 ± 0,50
	AB14	71,79 ± 0,32	-0,85 ± 0,03	11,26 ± 0,04	94,30 ± 0,17
	AB15	57,03 ± 0,09	-0,88 ± 0,02	7,89 ± 0,05	96,39 ± 0,15
	APB16	68,19 ± 0,22	-0,43 ± 0,02	11,50 ± 0,06	92,16 ± 0,12
<b>Κάνναβη</b>	HSFB1	56,38 ± 1,08	-0,50 ± 0,07	4,55 ± 0,15	96,30 ± 0,93
<b>Καρύδα</b>	CSFB1	57,09 ± 0,56	-0,23 ± 0,05	1,06 ± 0,05	101,99 ± 3,48
	CB2	56,70 ± 0,09	-0,57 ± 0,02	1,37 ± 0,04	112,40 ± 0,96
	CSFB3	57,79 ± 0,08	-0,44 ± 0,02	0,14 ± 0,01	162,17 ± 1,54
	CB4	52,78 ± 0,26	-0,16 ± 0,01	5,00 ± 0,06	91,85 ± 0,16
<b>Αρακάς</b>	EB1	60,46 ± 0,50	0,19 ± 0,05	10,01 ± 0,22	88,92 ± 0,26
	ESFB2	61,56 ± 0,06	-1,44 ± 0,01	6,84 ± 0,07	101,86 ± 0,14
<b>3 καρποί</b>	3NB1	54,90 ± 0,31	1,28 ± 0,04	6,89 ± 0,10	79,43 ± 0,08



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ : ΚΛΑΣΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟΤΑΓΟΥΣ ΔΟΜΗΣ  
ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

Κωδικός	% <i>β-sheet</i>	% <i>Random coil</i>	% <i>α-helix</i>	% <i>β-turn</i>
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΣΟΓΙΑ</b>				
SB1	34,94	26,80	25,85	12,40
SPB2	37,29	49,86	10,92	1,92
SFGFB3	61,39	17,57	16,18	4,86
SB4	61,12	15,88	16,33	6,66
SB5	43,99	22,65	22,34	11,03
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΚΑΣΤΑΝΟ ΡΥΖΙ</b>				
RGFB1	14,94	43,25	38,33	3,48
RB2	18,73	46,55	26,37	8,36
RB3	8,77	58,31	30,47	2,45
RB4	18,62	45,57	34,53	1,28
RGFB5	12,90	53,54	26,94	6,61
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΒΡΩΜΗ</b>				
OB1	10,54	37,59	36,58	15,28
OGFB2	14,27	35,32	33,76	16,65
OB3	19,45	31,05	31,07	18,42
OB4	9,00	36,80	37,68	16,52
OB5	13,69	31,83	33,24	21,25
OB6	2,90	36,06	40,01	21,03
OGFB7	26,57	29,71	30,56	13,15
OB8	2,54	39,94	43,68	18,92
OSFB9	10,12	39,68	37,89	12,31
OB10	22,24	28,92	29,87	18,97
OB11	5,39	33,03	41,49	30,86
OPB12	25,91	31,77	27,29	15,03
OB13	0,28	39,90	38,02	22,35
OB14	10,80	43,64	45,19	21,97
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΙΝΟΑ</b>				
QGFB1	20,75	33,07	37,20	8,98
QB2	23,29	32,90	35,15	8,65
<b>ΡΟΦΗΜΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΡΕΒΥΘΙ</b>				
CHB1	28,76	30,07	29,46	11,70
<b>ΡΟΦΗΜΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΦΑΓΟΠΥΡΟ</b>				
FGFB1	4,31	41,67	41,12	12,90
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΚΑΣΤΑΝΟ ΡΥΖΙ</b>				
BRGF1	15,90	45,15	37,02	1,93
BRGF2	14,93	52,14	28,24	4,69
BRGF3	25,72	34,29	22,89	17,10
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΑΜΥΓΔΑΛΟ</b>				
AB1	11,77	24,31	39,59	24,34

<b>ASFB2</b>	50,91	22,60	23,19	3,30
<b>ASFB3</b>	53,21	24,02	20,18	2,58
<b>APB4</b>	22,07	33,45	31,71	12,77
<b>AB5</b>	9,02	25,73	39,86	25,38
<b>AB6</b>	2,21	24,04	41,38	32,37
<b>AGFB7</b>	35,86	22,78	27,59	13,77
<b>AB8</b>	2,55	25,85	45,45	31,25
<b>AB9</b>	8,09	24,82	37,99	29,10
<b>ASFB10</b>	24,54	21,85	29,67	23,93
<b>AB11</b>	32,73	19,44	27,16	20,66
<b>AB12</b>	1,68	29,05	38,50	30,78
<b>ASFB13</b>	36,24	22,27	26,01	15,48
<b>AB14</b>	17,56	26,67	33,98	21,79
<b>AB15</b>	14,69	27,09	32,44	25,78
<b>APB16</b>	29,90	34,13	32,70	3,27
<b>ΡΟΦΗΜΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΑΝΝΑΒΗ</b>				
<b>HSF1</b>	16,88	37,81	36,93	8,38
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΑΡΥΔΑ</b>				
<b>CSFB1</b>	16,85	42,42	33,03	7,70
<b>CB2</b>	16,87	35,13	31,94	16,05
<b>CSFB3</b>	0,43	25,19	53,03	22,21
<b>CB4</b>	22,14	41,03	25,18	11,65
<b>ΡΟΦΗΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΑΡΑΚΑ</b>				
<b>EB1</b>	28,39	35,74	26,46	9,41
<b>ESFB2</b>	51,95	30,38	14,39	3,28
<b>ΡΟΦΗΜΑ ΜΕ ΒΑΣΗ 3 ΚΑΡΠΟΥΣ</b>				
<b>3NB1</b>	12,22	23,55	38,70	25,54

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ : ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΕΙΣ ΜΕΣΟΥ  
ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΝΑΓΡΑΦΟΝΤΑΙ  
ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟ 5.3**

Κυματιριθμός (cm <sup>-1</sup> )	ΔΕΙΓΜΑ					
	QB1	QB2	CHB1	FGFB1	HB1	3NB1
526-516	0,017	0,021	0,013	0,02	0,04	0,015
575-532	0,027	0,037	0,016	0,016	0,038	0,028
667-630	0,01	0	0,012	0,011	0,008	0,01
705-694	0,019	0,025	0,01	0,019	0,027	0,019
763-755	0,037	0,043	0,02	0,036	0,024	0,033
819-817	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
870-835	0,033	0,041	0,018	0,03	0,036	0,025
932-920	0,041	0,045	0,03	0,045	0,032	0,025
999-979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1022-1010	0,619	0,546	0,44	0,607	0,568	0,533
1075-1045	0,056	0,057	0,032	0,055	0,069	0,054
1107-1100	0,016	0,000	0,01	0,016	0,000	0,012
1149-1132	0,09	0,138	0,061	0,086	0,146	0,09
1257-1220	0,017	0,019	0,03	0,094		0,027
1365-1313	0,049	0,048	0,01	0,135	0,004	0,029
1421-1396	0,039	0,04	0,053	0,042	0,015	0,05
1460-1446	0,000	0,000	0,000	0,000	0,051	0,000
1545-1535	0,000	0,006	0,07	0,004	0,122	0,03
1649-1631	0,073	0,089	0,222	0,059	0,33	0,155
1745-1743	0,074	0,088	0,026	0,269	0,089	0,077
2856-2854	0,028	0,045	0	0,013	0,085	0,049
2925-2922	0,238	0,292	0,254	0,211	0,376	0,281
3010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000
3300-3270	0,805	0,825	0,833	0,827	0,646	0,852

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV: ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΡΟΦΗΜΑΤΩΝ  
ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΝΑΓΡΑΦΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟ 6.1**

<b>Δείγμα</b>	<b>%Λίπος</b>	<b>%Υδατάνθρακες</b>	<b>%Πρωτεΐνη</b>	<b>%Αλάτι</b>
<b>QGFB1</b>	1,4	10,00	1,10	0,09
<b>QB2 (υπό μορφή σκόνης)</b>	9,5	74,00	5,70	0,4
<b>CHB1</b>	0,5	5,00	2,00	0,1
<b>FGFB1</b>	1,6	9,70	0,80	0,07
<b>HB1</b>	2,9	2,20	1,00	0,1
<b>3NB1</b>	2,8	7,40	1,80	0,17

## Βιβλιογραφία

1. Abe-Inge, V., Aidoo, R., Moncada de la Fuente, M., & Kwofie, E. M. (2024). Plant-based dietary shift: Current trends, barriers, and carriers. *Trends in Food Science & Technology*, *143*, 104292. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104292>
2. Abou-Dobara, M., Ismail, M., & Refat, N. (2016). Chemical Composition, Sensory Evaluation and Starter Activity in Cow, Soy, Peanut and Rice Milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, *5*, 1–8. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2016.05.00175>
3. Agarwal, D. K., Billore, S. D., Sharma, A. N., Dupare, B. U., & Srivastava, S. K. (2013). Soybean: Introduction, Improvement, and Utilization in India—Problems and Prospects. *Agricultural Research*, *2*(4), 293–300. <https://doi.org/10.1007/s40003-013-0088-0>
4. Bai, M., Qin, G., Sun, Z., & Long, G. (2016). Relationship between Molecular Structure Characteristics of Feed Proteins and Protein In vitro Digestibility and Solubility. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *29*(8), 1159–1165. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0701>
5. Begum, A., & Mazumder, Md. A. (2016). *Soy milk as source of nutrient for malnourished population of developing country: A review*.
6. Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., & Sharanagat, V. S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, *70*, 105293. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>
7. Bocker, R., & Silva, E. K. (2022). Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and

- safety aspects. *Future Foods*, 5, 100098.  
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100098>
8. Boukid, F. (2021). Oat proteins as emerging ingredients for food formulation: Where we stand? *European Food Research and Technology*, 247(3), 535–544.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-020-03661-2>
  9. Briones, V., & Aguilera, J. M. (2005). Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food Research International*, 38(1), 87–94.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.09.002>
  10. *Brown Rice Versus White Rice: Nutritional Quality, Potential Health Benefits, Development of Food Products, and Preservation Technologies—Saleh—2019—Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety—Wiley Online Library.* (n.d.). Retrieved 11 July 2024, from  
<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12449>
  11. Chalupa-Krebsdak, S., Long, C. J., & Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, 87, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.07.018>
  12. Codina-Torrella, I., Guamis, B., Zamora, A., Quevedo, J. M., & Trujillo, A. J. (2018). Microbiological stabilization of tiger nuts' milk beverage using ultra-high pressure homogenization. A preliminary study on microbial shelf-life extension. *Food Microbiology*, 69, 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.002>
  13. Curl, S., Rivero, D., & Dahl, W. (2020). Plant-Based Milks: Hemp. *EDIS*, 2020.  
<https://doi.org/10.32473/edis-fs420-2020>
  14. Emmons, C. L., Peterson, D. M., & Paul, G. L. (1999). Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) extracts. 2. In vitro antioxidant activity and contents of phenolic

- and tocol antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(12), 4894–4898. <https://doi.org/10.1021/jf990530i>
15. *Evaluation of the Quality Changes in Three Commercial Pastourma Samples during Refrigerated Storage Using Physicochemical, Microbiological, and Image Analyses Combined with Chemometrics—PubMed*. (n.d.). Retrieved 19 June 2024, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38611323/>
16. Francisquini, J. d'A, Altivo, R., Diaz, C. C. M., Costa, J. de C. da, Kharfan, D., Stephani, R., & Perrone, Í. T. (2024). PHYSICOCHEMICAL ASPECTS OF INDUSTRIAL PLANT-BASED BEVERAGES. *Química Nova*, 47, e. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230089>
17. Friedman, M., & Brandon, D. L. (2001). Nutritional and Health Benefits of Soy Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3), 1069–1086. <https://doi.org/10.1021/jf0009246>
18. *FTIR spectra studies on the secondary structures of 7S and 11S globulins from soybean proteins using AOT reverse micellar extraction—ScienceDirect*. (n.d.). Retrieved 29 June 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X07000343>
19. García, M. C., Torre, M., Marina, M. L., Laborda, F., & Rodriguez, A. R. (1997). Composition and characterization of soyabean and related products. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408399709527779>
20. *GROWTH OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE AND SACCHAROMYCES UVARUM IN A TEMPERATURE GRADIENT INCUBATOR - Walsh—1977—Journal of the Institute of*

- Brewing—Wiley Online Library*. (n.d.). Retrieved 29 May 2024, from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2050-0416.1977.tb06813.x>
21. Gul, O., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Atalar, I., & Yazici, F. (2017). Effect of high pressure homogenization (HPH) on microstructure and rheological properties of hazelnut milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *41*, 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.05.002>
22. Handelman, G., Cao, G., Walter, M., Nightingale, Z., Paul, G., Prior, R., & Blumberg, J. (1999). Antioxidant Capacity of Oat ( *Avena sativa* L. ) Extracts. 1. Inhibition of Low-Density Lipoprotein Oxidation and Oxygen Radical Absorbance Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *47*, 4888–4893. <https://doi.org/10.1021/jf990529j>
23. *Hemp seed's (Cannabis Sativa L) nutritional potential for the development of snack functional foods | OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. (n.d.). Retrieved 11 July 2024, from [https://www.ocljournal.org/articles/oclj/full\\_html/2023/01/oclj230024/oclj230024.html](https://www.ocljournal.org/articles/oclj/full_html/2023/01/oclj230024/oclj230024.html)
24. *High-power ultrasound as pre-treatment in different stages of soymilk manufacturing process to increase the isoflavone content—ScienceDirect*. (n.d.). Retrieved 17 June 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135041771830912X>
25. Hong, T., Yin, J.-Y., Nie, S.-P., & Xie, M.-Y. (2021). Applications of infrared spectroscopy in polysaccharide structural analysis: Progress, challenge and perspective. *Food Chemistry*: *X*, *12*, 100168. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100168>



26. *Impact of high intensity pulsed electric field on antioxidant properties and quality parameters of a fruit juice–soymilk beverage in chilled storage—ScienceDirect.* (n.d.). Retrieved 17 June 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643810000344>
27. *Infrared spectroscopy of proteins—ScienceDirect.* (n.d.). Retrieved 29 June 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005272807001375>
28. Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11–S26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
29. Kudelka, W., Kowalska, M., & Popis, M. (2021). Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition. *Molecules*, 26(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/molecules26165071>
30. Kumar, T. (n.d.). *A Review on Ohmic Heating Technology: Principle, Applications and Scope.*
31. Liu, G., Li, J., Shi, K., Wang, S., Chen, J., Liu, Y., & Huang, Q. (2009). Composition, secondary structure, and self-assembly of oat protein isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11), 4552–4558. <https://doi.org/10.1021/jf900135e>
32. Lu, Y., Du, C., Shao, Y., & Zhou, J. (2014). Characterization of rapeseed oil using FTIR-ATR spectroscopy. *Journal of Food Science and Engineering.*
33. Maraş, R. T. (2023). Comparison of the Nutritional Value of Cow's Milk and Plant-Based Milks. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(6), Article 6. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1331725>

34. Martínez-Villaluenga, C., & Peñas, E. (2017). Health benefits of oat: Current evidence and molecular mechanisms. *Current Opinion in Food Science*, 14, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.01.004>
35. Maskan, M., & Göğüş, F. (2000). Effect of sugar on the rheological properties of sunflower oil–water emulsions. *Journal of Food Engineering*, 43(3), 173–177. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00147-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00147-8)
36. McClements, D. J., Newman, E., & McClements, I. F. (2019). Plant-based Milks: A Review of the Science Underpinning Their Design, Fabrication, and Performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), 2047–2067. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12505>
37. Medic, J., Atkinson, C., & Hurburgh Jr., C. R. (2014). Current Knowledge in Soybean Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(3), 363–384. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2407-9>
38. Milovanovic, B., Djekic, I., Miocinovic, J., Djordjevic, V., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Mörlein, D., & Tomasevic, I. (2020). What Is the Color of Milk and Dairy Products and How Is It Measured? *Foods*, 9(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/foods9111629>
39. Mishra, S., Singh, R., Upadhyay, A., Mishra, S., & Shukla, S. (2023). Emerging trends in processing for cereal and legume-based beverages: A review. *Future Foods*, 8, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100257>
40. Montero, L., Ballesteros-Vivas, D., Gonzalez-Barrios, A. F., & Sánchez-Camargo, A. del P. (2023). Hemp seeds: Nutritional value, associated bioactivities and the potential food applications in the Colombian context. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1039180>

41. Munekata, P. E. S., Domínguez, R., Budaraju, S., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Mallikarjunan, K., Roohinejad, S., & Lorenzo, J. M. (2020). Effect of Innovative Food Processing Technologies on the Physicochemical and Nutritional Properties and Quality of Non-Dairy Plant-Based Beverages. *Foods*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/foods9030288>
42. Mushtaq, A., Gul-Zaffar, ., Z., A. D., & Mehfuza, H. (2014). A review on Oat (*Avena sativa* L.) as a dual-purpose crop. *Scientific Research and Essays*, 9(4), 52–59. <https://doi.org/10.5897/SRE2014.5820>
43. *Non-dairy plant based beverages: A comprehensive review.* (n.d.).
44. (PDF) *A Plant-Based Milk Type: Hemp Seed Milk.* (n.d.). Retrieved 29 May 2024, from [https://www.researchgate.net/publication/362327090\\_A\\_Plant-Based\\_Milk\\_Type\\_Hemp\\_Seed\\_Milk](https://www.researchgate.net/publication/362327090_A_Plant-Based_Milk_Type_Hemp_Seed_Milk)
45. Penha, C. B., Santos, V. D. P., Speranza, P., & Kurozawa, L. E. (2021). Plant-based beverages: Ecofriendly technologies in the production process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 72, 102760. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102760>
46. Peterson, D. M. (2001). Oat Antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 33(2), 115–129. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0349>
47. *Production and characterization of the healthy brown rice milk with sodium alginate addition from brown algae *Sargassum binderi* as emulsifier—IOPscience.* (n.d.). Retrieved 29 May 2024, from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/139/1/012046/meta>
48. Quiñones, H. J., Barbano, D. M., & Philips, L. G. (1998). Influence of Protein Standardization by Ultrafiltration on the Viscosity, Color, and Sensory Properties of

- 2 and 3.3% Milks1. *Journal of Dairy Science*, 81(4), 884–894.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75647-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75647-4)
49. Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2023). Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics. *Food Reviews International*, 39(4), 2320–2351.  
<https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1952421>
50. Rocha, J. de C. G., Mendonça, A. C., Viana, K. W. C., Maia, M. de P., Carvalho, A. F. de, Minim, V. P. R., & Stringheta, P. C. (2017). Beverages formulated with whey protein and added lutein. *Ciência Rural*, 47, e20151606.  
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151606>
51. Romulo, A. (2022). Food Processing Technologies Aspects on Plant-Based Milk Manufacturing: Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1059(1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012064>
52. Salve, A. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2019). Comparative assessment of high-intensity ultrasound and hydrodynamic cavitation processing on physico-chemical properties and microbial inactivation of peanut milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 59, 104728. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104728>
53. *Sci-Hub | Oat: Unique among the cereals | 10.1007/s00394-008-0698-7*. (n.d.). Retrieved 27 May 2024, from <https://sci-hub.53yu.com/10.1007/s00394-008-0698-7>
54. Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>

55. Shevkani, K., Singh, N., Chen, Y., Kaur, A., & Yu, L. (2019). Pulse proteins: Secondary structure, functionality and applications. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 2787–2798. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03723-8>
56. Shori, A. B., & Al Zahrani, A. J. (2021). Non-dairy plant-based milk products as alternatives to conventional dairy products for delivering probiotics. *Food Science and Technology*, 42, e101321. <https://doi.org/10.1590/fst.101321>
57. Singh, A., Meena, M., Kumar, D., Dubey, A. K., & Hassan, Md. I. (2015). Structural and Functional Analysis of Various Globulin Proteins from Soy Seed. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(11), 1491–1502. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.700340>
58. Singh, R., De, S., & Belkheir, A. (2013). *Avena sativa* (Oat), A Potential Nutraceutical and Therapeutic Agent: An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 126–144. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.526725>
59. Tamimi, J. Z. A. (2016). Effects of Almond Milk on Body Measurements and Blood Pressure. *Food and Nutrition Sciences*, 07(06), Article 06. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.76048>
60. Tina Nduaya Kayeye. (2023, October 25). *Particle size and stability of plant-based milks—Insights from various analytical techniques*. [https://figshare.mq.edu.au/articles/thesis/Particle\\_size\\_and\\_stability\\_of\\_plant-based\\_milks\\_-\\_insights\\_from\\_various\\_analytical\\_techniques/23974518/1](https://figshare.mq.edu.au/articles/thesis/Particle_size_and_stability_of_plant-based_milks_-_insights_from_various_analytical_techniques/23974518/1)
61. Tomishima, H., Luo, K., & Mitchell, A. E. (2022). The Almond (*Prunus dulcis*): Chemical Properties, Utilization, and Valorization of Coproducts. *Annual Review of*

*Food Science and Technology*, 13(Volume 13, 2022), 145–166.

<https://doi.org/10.1146/annurev-food-052720-111942>

62. Tul'chinsky, V. M., Zurabyan, S. E., Asankozhoev, K. A., Kogan, G. A., & Khorlin, A. Ya. (1976). Study of the infrared spectra of oligosaccharides in the region 1,000-40 cm<sup>-1</sup>. *Carbohydrate Research*, 51(1), 1–8. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)84031-8](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)84031-8)
63. *Ultrasonication an intensifying tool for preparation of stable nanofluids and study the time influence on distinct properties of graphene nanofluids – A systematic overview—ScienceDirect*. (n.d.). Retrieved 17 June 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417721000201>
64. Valencia-Flores, D. C., Hernández-Herrero, M., Guamis, B., & Ferragut, V. (2013). Comparing the Effects of Ultra-High-Pressure Homogenization and Conventional Thermal Treatments on the Microbiological, Physical, and Chemical Quality of Almond Beverages. *Journal of Food Science*, 78(2), E199–E205. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12029>
65. Velangi, D. M., & Savla, M. (2022a). *Role of Plant Based Milk Alternatives as a Functional Beverage: A Review*. 11.
66. Velangi, Dr. M., & Savla, M. (2022b). Role of Plant Based Milk Alternatives as a Functional Beverage: A Review. *International Journal of Health Sciences and Research*, 12(11), 273–281. <https://doi.org/10.52403/ijhsr.20221135>
67. Vilcacundo, R., & Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>

68. Wijngaard, H. H., & Arendt, E. K. (2006). Buckwheat. *Cereal Chemistry*, 83(4), 391–401. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0391>
69. Xie, A., Dong, Y., Liu, Z., Li, Z., Shao, J., Li, M., & Yue, X. (2023). A Review of Plant-Based Drinks Addressing Nutrients, Flavor, and Processing Technologies. *Foods*, 12(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/foods12213952>
70. Yang, Y., Wang, Z., Wang, R., Sui, X., Qi, B., Han, F., Li, Y., & Jiang, L. (2016). Secondary Structure and Subunit Composition of Soy Protein In Vitro Digested by Pepsin and Its Relation with Digestibility. *BioMed Research International*, 2016, 5498639. <https://doi.org/10.1155/2016/5498639>
71. Yu, P. (2005). Protein secondary structures ( $\alpha$ -helix and  $\beta$ -sheet) at a cellular level and protein fractions in relation to rumen degradation behaviours of protein: A new approach. *British Journal of Nutrition*, 94(5), 655–665. <https://doi.org/10.1079/BJN20051532>
72. Zhou, H., Zheng, B., Zhang, Z., Zhang, R., He, L., & McClements, D. J. (2021). Fortification of Plant-Based Milk with Calcium May Reduce Vitamin D Bioaccessibility: An In Vitro Digestion Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(14), 4223–4233. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c01525>
73. Zhou, M., Robards, K., Glennie-Holmes, M., & Helliwell, S. (1999). Oat lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(2), 159–169. <https://doi.org/10.1007/s11746-999-0213-1>
74. Zhu, F. (2021). Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.081>

75. Zhu, K., Kanu, P. J., Claver, I. P., Zhu, K., Qian, H., & Zhou, H. (2009). A method for evaluating Hunter whiteness of mixed powders. *Advanced Powder Technology*, 20(2), 123–126. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2008.04.001>
76. Zugravu, C. A., Otelea, M. R., Vladareanu, R., Grigoriu, C., Salmen, T., Manolache, F. A., & Bohiltea, R. E. (2022). The Effect of Plant-Based Nutrition Diets on Plasma Lipids Profile—A Study Case in Romania. *Sustainability*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/su14021008>

## Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1 : <https://www.organicfacts.net/health-benefits/cereal/soybeans.html>