



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιοποίηση παραπροϊόντων ροδιού για το σχεδιασμό νέων προϊόντων τροφίμων
με υψηλό φαινολικό περιεχόμενο.

MSc Thesis

Valorization of pomegranate byproducts for the design of new food products with
high phenolic content.



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Μανιφάβα Αθηνά

Manifava Athina

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Τσιάκα Θάλεια

Tsiaka Thaleia



Faculty of Food Sciences

Department of Food Science and Technology

MSc THESIS

Valorization of pomegranate byproducts for the design of new food products with high phenolic content.

Name of student: Manifava Athina

Registration number: 22010

maniath26@gmail.com

Supervisor: Tsiaka Thaleia

AIGALEO 2024

Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο «Αξιοποίηση παραπροϊόντων ροδιού για το σχεδιασμό νέων προϊόντων τροφίμων με υψηλό φαινολικό περιεχόμενο» που παρουσιάστηκε από τον ή την Μανιφάβα Αθηνά και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Όνοματεπώνυμο	Βαθμίδα/Ιδιότητα	Ψηφιακή Υπογραφή
Τσιάκα Θάλεια	Επίκουρη Καθηγήτρια/ Επιβλέπουσα	
Σινάνογλου Βασιλεία	Καθηγήτρια/ Μέλος	
Στρατή Ειρήνη	Καθηγήτρια / Μέλος	

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μανιφάβα Αθηνά του Ευστάθιου, με αριθμό μητρώου 22010 φοιτητής/τρια του του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Επιστημών Τροφίμων, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



Μανιφάβα Αθηνά

Ευχαριστίες

Για αυτό το ταξίδι θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου πρωτίστως προς την κ. Τσιάκα Θάλεια, καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για το ενδιαφέρον και τη συνεχή καθοδήγησή της στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και την κ. Σινάνογλου Βασιλεία καθηγήτρια, Κοσμήτορα του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής καθώς και Πρόεδρο του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων για την δική συμβολή και καθοδήγηση.

Επίσης, για το χρονικό διάστημα της φοίτησής μου αλλά και συγγραφής της διπλωματικής εργασίας, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και στους φίλους μου που ήταν δίπλα μου και με στήριζαν όλοι με τον δικό τους τρόπο για την επίτευξη του στόχο μου.

Μανιφάβα Αθηνά

Η παρούσα διατριβή έχει ως κύριο σκοπό τη μελέτη των παραπροϊόντων του ροδιού, όπως ο φλοιός, και την αξιοποίησή τους για την ανάπτυξη νέων προϊόντων τροφίμων με υψηλό φαινολικό περιεχόμενο βασισμένη στις αρχές της κυκλικής οικονομίας και της βιωσιμότητας. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε παραλαβή βιοδραστικών ενώσεων από τα παραπροϊόντα του ροδιού, όπως οι φαινολικές ενώσεις, με χρήση εκχύλισης υποβοηθούμενης με υπερήχους (ultrasound-assisted extraction, UAE), που αποτελεί μια μη συμβατική, γρήγορη και περιβαλλοντικά φιλική τεχνική εκχύλισης. Στη συνέχεια, έλαβε χώρα ο προσδιορισμός του ολικού φαινολικού περιεχομένου, της αντιοξειδωτικής και της αντιριζικής δράσης των εκχυλισμάτων με τις μεθόδους Folin-Ciocalteu, FRAP και ABTS^{•+}. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των ομάδων βιοδραστικών ενώσεων που περιέχονται στα μελετούμενα εκχυλίσματα με χρήση φασματοσκοπίας υπερύθρου μετασχηματισμού Fourier και αναλύθηκαν οι λειτουργικές τους ιδιότητες με τη χρήση αναλυτικών τεχνικών. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε έρευνα αγοράς με σχετικά εργαλεία (κατασκευή ερωτηματολογίου), με σκοπό την αποτύπωση των απόψεων των καταναλωτών σχετικά με την αποδοχή νέων προϊόντων με βάση τα παραπροϊόντα ροδιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παραπροϊόντα του ροδιού, και κυρίως ο φλοιός του, είναι πλούσια σε βιοδραστικές ουσίες όπως φαινολικές ενώσεις, οι οποίες προσφέρουν σημαντικά αντιοξειδωτικά και αντιμικροβιακά οφέλη. Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν τα παραπροϊόντα του ροδιού ιδιαίτερα υποσχόμενα για την ανάπτυξη νέων καινοτόμων τροφίμων με θετικά αποτελέσματα στη διατροφική αξία και στην υγεία των καταναλωτών. Με βάση τα ευρήματα, η παρούσα διατριβή συνεισφέρει στη γνώση της αξιοποίησης των παραπροϊόντων ροδιού, προσφέροντας προοπτικές για νέες εμπορικές εφαρμογές και υποστηρίζοντας τη βιώσιμη ανάπτυξη και την κυκλική οικονομία στον τομέα της βιομηχανίας των τροφίμων.

Λέξεις κλειδιά: ρόδι, φλοιός ροδιού, παραπροϊόντα, λυοφιλίωση, εκχύλιση με υπερήχους, φαινολικό περιεχόμενο, δοκιμή FRAP, δέσμευση ρίζας ABTS^{•+}, φασματοσκοπία IR

The main objective of this thesis is to study pomegranate by-products, such as the peel, and their utilization for the development of new food products with high phenolic content based on the principles of circular economy and sustainability. In particular, bioactive compounds were extracted from pomegranate by-products, such as phenolic compounds, using ultrasound-assisted extraction (UAE), which is an unconventional, rapid and environmentally friendly extraction technique. Subsequently, the determination of the total phenolic content, antioxidant and anti-radical activity of the extracts was carried out using the Folin-Ciocalteu, FRAP and ABTS^{•+} methods. In addition, analysis of the groups of bioactive compounds contained in the studied extracts was carried out using Fourier transform infrared spectroscopy and their functional properties were analyzed using analytical techniques. At the same time, a market survey will take place by applying specialized tools (questionnaire construction), in order to capture consumers' views on the acceptance of new products based on pomegranate by-products. The results showed that pomegranate by-products, especially the pomegranate rind, are rich in bioactive substances such as phenolic compounds, which offer important antioxidant and antimicrobial benefits. These properties make pomegranate by-products particularly promising for the development of new innovative foods with positive effects on the nutritional value and health of consumers. Based on the findings, this thesis contributes to the knowledge of the utilization of pomegranate by-products, offering potential for new commercial applications and supporting sustainable development and circular economy in the food industry.

Key words: pomegranate, pomegranate peel, by-products, freeze-dryer, ultrasound extraction, phenolic content, FRAP test, binding root of ABTS^{•+}, IR spectroscopy

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract	4
1. Γενικές πληροφορίες για τα ρόδια	5
2. Απώλεια και Σπατάλη των τροφίμων	10
2.1 Ενημέρωση και αντιμετώπιση.....	11
2.2 Βιομηχανίες φρούτων και λαχανικών, διαχείριση παραπροϊόντων	17
2.3 Αξιοποίηση βιοαποβλήτων ροδιού	24
2.4 Πιθανές χρήσεις εκχυλισμάτων από φλοιούς και καρπούς των ροδιών	25
3. Ξήρανση με κατάψυξη (Freeze Drying)	35
4. Επιστημονικά Όργανα και συσκευές	40
4.1 Δείγματα ροδιού και παραπροϊόντων τους.....	40
4.2 Ξήρανση των δειγμάτων ροδιού, μεθοδολογία και υλικά	42
5. Εκχύλιση με υπερήχους των δειγμάτων ροδιού, μεθοδολογία και υλικά	45
6. Προσδιορισμός ολικού φαινολικού περιεχομένου (Total Phenolic Content, TPC) με την μέθοδο Folin-Ciocalteu	48
7. Προσδιορισμός αναγωγικής ισχύος/αντιοξειδωτικής ικανότητας, δοκιμή FRAP (Ferric reducing/antioxidant power)	50
8. Εκτίμηση της ικανότητας δέσμευσης/ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS ^{•+}	52
9. Υπέρυθρη φασματοσκοπία ATR-FTIR, εντοπισμός και ανάλυση των φασματικών ζωνών απορρόφησης από τον καρπό και την φλούδα ροδιών.....	53
10. Έκφραση αποτελεσμάτων – Στατιστική ανάλυση.....	60
10.1 Συσχέτιση Φασματοφωτομετρικών Μεθόδων με τον Δείκτη Pearson’s Correlation	62
11. Έρευνα καταναλωτών με χρήση ερωτηματολογίου	64
11.1 Μέθοδος & Υλικά	64
11.2 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου	66
11.3 Συζήτηση.....	85
12. Συμπεράσματα-Μελλοντικές προοπτικές	87
13. Αναφορές	91
13.1 Πηγές Εικόνων	93

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Χημικές δομές και τύποι από τις κύριες ενώσεις του ροδιού. Πηγή: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/	7
Εικόνα 2 Ρόδι και υγεία. Πηγή: https://www.pexels.com/el-gr/	7
Εικόνα 3 Ειδικές βιοδραστικές ιδιότητες που συνδέονται με τα μέρη του ροδιού.	8
Εικόνα 4 Ταξινόμηση των αποβλήτων τροφίμων κατά κατηγορίες και ανάλογα με την παραγωγή τους στα διάφορα στάδια της τροφικής αλυσίδας. Πηγή: (González-Santana κ.ά., 2022b).....	12
Εικόνα 5 Εσωτερικό μέρος ροδιού. Πηγή: https://www.onmed.gr/diatrofi/story/353296/rodi-ta-simantika-ofeli-toy-gia-tin-ygeia-andron-kai-gynaikon	25
Εικόνα 6 Αξιοποίηση των βιοαποβλήτων ροδιού (καρπός και φλοιός) στη βιομηχανία τροφίμων. Πηγή: (El-Shamy & Farag, 2021).....	28
Εικόνα 7 Αξιοποίηση βιοαποβλήτων ροδιού σε γεωργικές, φαρμακευτικές, βιομηχανικές και οικονομικές εφαρμογές. Πηγή: (El-Shamy & Farag, 2021)	31
Εικόνα 8 Διάφορα προϊόντα βασιζόμενα σε παραπροϊόντα τροφίμων	34
Εικόνα 9 Πολυτοποιημένα δείγματα ροδιού, πριν την εισαγωγή τους στην κατάψυξη.....	43
Εικόνα 10 Δείγματα ροδιού μετά την έξοδο από το freeze dryer (α) καρποί, (β) φλοιοί.	44
Εικόνα 11 Δείγματα ροδιού σε δοχεία falcon κατά τη διάρκεια της εκχύλισης με υπερήχους μέσα σε παγόλουτρο.	46
Εικόνα 12 Δείγματα ροδιού (α) μετά την εκχύλιση με υπερήχους και (β) μετά την φυγοκέντρησή τους. .	47
Εικόνα 13 Αντίδραση των φαινολικών ενώσεων με προσθήκη αντιδραστηρίου F-C, μέσω μηχανισμού μεταφοράς ενός ηλεκτρονίου.	49
Εικόνα 14 Αντίδραση αναγωγής του σιδήρου	50
Εικόνα 15 Λειτουργία και αποτίμηση συστήματος IR. Πηγή: (Mokari κ.ά., 2023)	54
Εικόνα 16 Πιθανό δείγμα παρουσίασης επιδορπίου γιαουρτιού με πούλπα ροδιού.....	85

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Διατροφικός πίνακας ροδιού (ανά 100 gr)	9
Πίνακας 2 Πιθανές εφαρμογές των παραπροϊόντων φρούτων για βιομηχανικούς σκοπούς	21
Πίνακας 3 Ποσότητες (gr) και θερμοκρασίες (T°C) των δειγμάτων ροδιού πριν και μετά την διαδικασία εκχύλισης με υπερήχους	46
Πίνακας 4 Εντάσεις κορυφών φασμάτων IR (cm ⁻¹).....	55
Πίνακας 5 Ζώνες απορρόφησης χαρακτηριστικών ομάδων και μοριακών δεσμών	57
Πίνακας 6 Συγκενρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των πειραματικών μεθόδων (Folin-Ciocalteu, FRAP και ABTS ⁺) και στις δύο ποικιλίες ροδιού Ερμιόνης και Wonderful	61
Πίνακας 7 Συσχέτιση δείκτη Pearson με τις μεθόδους F-C, FRAP και ABTS ⁺	63
Πίνακας 8 Δημογραφικά στοιχεία ηλικίας και μορφωτικού επιπέδου	67
Πίνακας 9 Στοιχεία ερωτηθέντων που δήλωσαν αρνητικό το άκουσμα της λέξης "παραπροϊόν"	74
Πίνακας 10 Στατιστικά αποτελέσματα έρευνας στα άτομα που ήταν αρνητικοί στην δοκιμή τροφίμου που έχει προέλθει από παραπροϊόντα	79
Πίνακας 11 Ανάλυση αποτελεσμάτων σχετικά με την κατανάλωση επιδόρπιου γιαουρτιού συνοδευόμενο από πούλπα φλοιού του ροδιού	81

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 Κατανομή φύλλου των ερωτηθέντων	67
Διάγραμμα 2 Κατανομή ηλικίας των ερωτηθέντων	67
Διάγραμμα 3 Απόψεις καταναλωτών σχετικά με την συχνή κατανάλωση φρούτων	69
Διάγραμμα 4 Κατανομή σπουδαιότητας της ετικέτας στα τρόφιμα	69
Διάγραμμα 5 Πόσο αρνητικός παράγοντας θα ήταν μία "κακή" ετικέτα, ώστε να μην επιλεγεί το προϊόν	70
Διάγραμμα 6 Σύνθεση σημαντικότητας τροφίμου από τους καταναλωτές	71
Διάγραμμα 7 Κατανομή άποψης καταναλωτών σχετικά με την τιμή στα τρόφιμα	71
Διάγραμμα 8 Γνώση έννοιας «παραπροϊόν».....	72
Διάγραμμα 9 Ανάλυση δημογραφικών στοιχείων από όσους δεν γνώριζαν την έννοια του «παραπροϊόντος»	72
Διάγραμμα 10 Ανάλυση δημογραφικών στοιχείων από όσους γνώριζαν την έννοια του «παραπροϊόντος»	73
Διάγραμμα 11 Κατανομή ερώτησης σχετικά με τον αρνητικό αντίκτυπο της λέξης «παραπροϊόν»	74
Διάγραμμα 12 Κατανομή ερώτησης σχετικά με τον αν μπορούν να καταναλωθούν τα παραπροϊόντα τροφίμων	75

Διάγραμμα 13 Προθυμία των ερωτηθέντων για αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών	76
Διάγραμμα 14 Σχετικά με την δεκτικότητα των ερωτηθέντων για δοκιμή τροφίμου που περιέχει παραπροϊόντα.....	77
Διάγραμμα 15 Κατανομή δημογραφικών στοιχείων α) ανδρών β) γυναικών που ήταν δεκτικοί στην δοκιμή τροφίμων από παραπροϊόντα	78
Διάγραμμα 16 Κατανομή σχετικά με την καταναλωτική αγορά σε επιδόρπια γιαουρτιού.....	80

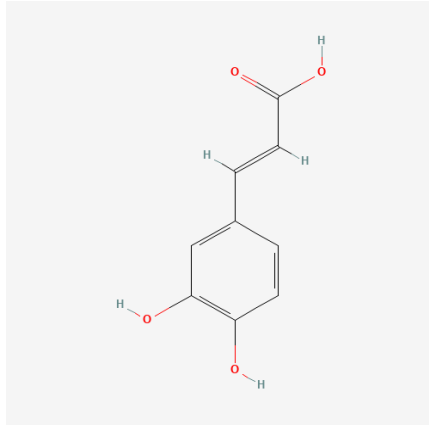
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Γενικές πληροφορίες για τα ρόδια

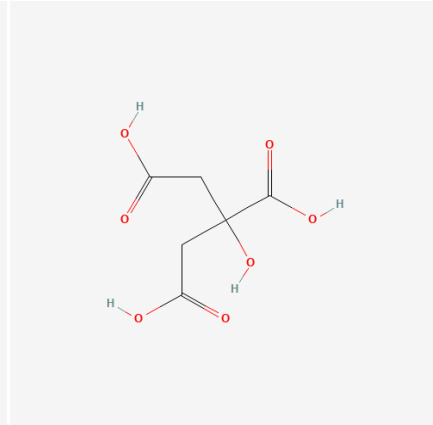
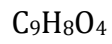
Το ρόδι (*Punica granatum* L.), του οποίου η καλλιέργεια χρονολογείται από τα αρχαία χρόνια, είναι ένας βρώσιμος καρπός που χρησιμοποιείται ως τρόφιμο, ως συστατικό καλλυντικών αλλά και για φαρμακευτικές χρήσεις σε πολλούς πολιτισμούς και χώρες. Είναι παγκοσμίως γνωστό για τις ευεργετικές του ιδιότητες και το πλούσιο περιεχόμενό του σε πολυφαινόλες, φλαβονοειδή, βιταμίνες (βιταμίνη C, βιταμίνη B5, βιταμίνη K, κ.ά) αλλά και για τις αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές και αντιμυκητιακές του ιδιότητες. Επιπλέον, τα εκχυλίσματα φλούδας ροδιού που είναι πλούσια σε αυτές τις ενώσεις έδειξαν ιδιότητες δέσμευσης ελεύθερων ριζών, αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδεις, χημειοπροστατευτικές, πρεβιοτικές και ανοσοτροποποιητικές ιδιότητες για τον καρκίνο του παχέος εντέρου (Khatib κ.ά., 2017).

Η ύπαρξη του ροδιού εντοπίστηκε στην Αιγυπτιακή Αυτοκρατορία και αναφέρεται ότι χρησιμοποιήθηκε στη θεραπεία λοιμώξεων και στη διακόσμηση των σαρκοφάγων. Καταναλώνεται σε πολλές μορφές κυρίως όμως ως χυμός, με τα βιοαπόβλητα-παραπροϊόντα του ροδιού, που αποτελούνται ως επί το πλείστον από φλούδες και ένα μικρό μέρος από τους σπόρους που μένουν προσκολλημένοι στο εσωτερικό της φλούδας (78% και 22% αντίστοιχα ως προς το ποσοστό παραπροϊόντων που βγαίνει), να υπολογίζονται σε 9 τόνους ανά 1 τόνο χυμού. Οι σπόροι ροδιού θεωρούνται πηγή υψηλής ποιότητας ελαίου (12-24%) και φαινολικών ενώσεων. Το έλαιο από σπόρους ροδιού είναι πλούσια πηγή συζευγμένων λινολενικών οξέων (κυρίως πουνικού οξέος), τοκοφερόλων, φυτοστερολών, τριτερπενίων και φωσφολιπιδίων. Αντίθετα, η φλούδα ροδιού που αποτελεί το 40-50% του συνολικού βάρους του καρπού, θεωρείται πλούσια πηγή πολυσακχαριτών (πηκτίνη) και πολυφαινολικών ενώσεων.

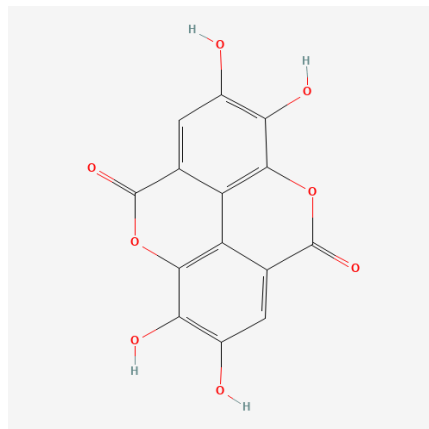
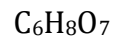
Οι κύριες φαινολικές ενώσεις της φλούδας του ροδιού, περιλαμβάνουν φλαβονοειδή (π.χ. κερκετίνη, επικατεχίνη και κατεχίνες), ανθοκυανίνες (π.χ. δελφινιδίνη, πελαργονιδίνη και κυανιδίνη), τανίνες (ελλαγιταννίνες και παράγωγα ελλαγικού οξέος π.χ., runicalagin και runicalin), και φαινολικά οξέα (γαλλικό, καφεϊκό και χλωρογενικό οξύ), κάποια από τα οποία απεικονίζονται και στην Εικόνα 1 συνοδευόμενα από τους χημικούς τους τύπους (El-Shamy & Farag, 2021).



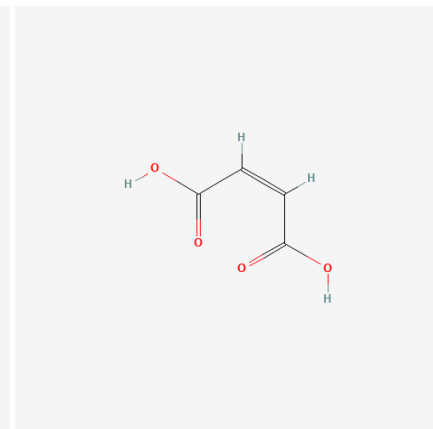
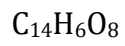
(α)Caffeic acid



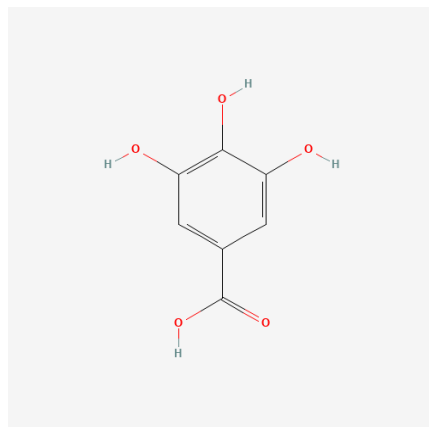
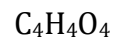
(β) Citric acid



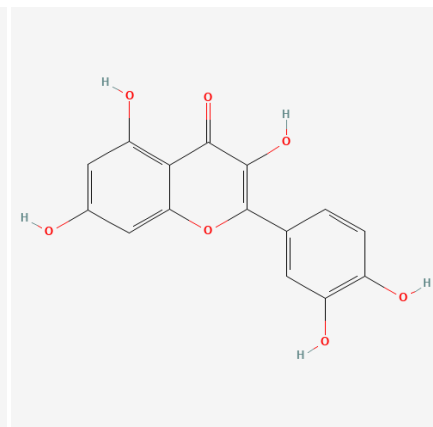
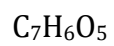
(γ)Ellagic acid



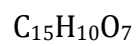
(δ) Maleic acid

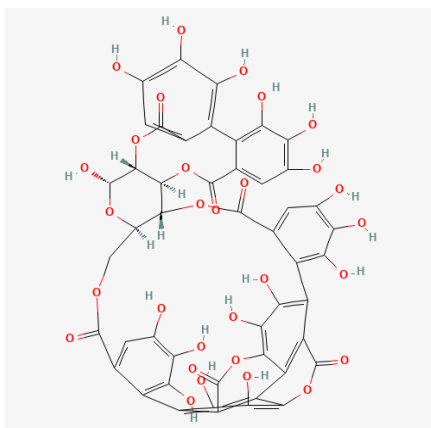


(ε)Gallic acid

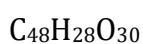


(σ) Quercetin





(Ζ) Punicalagin

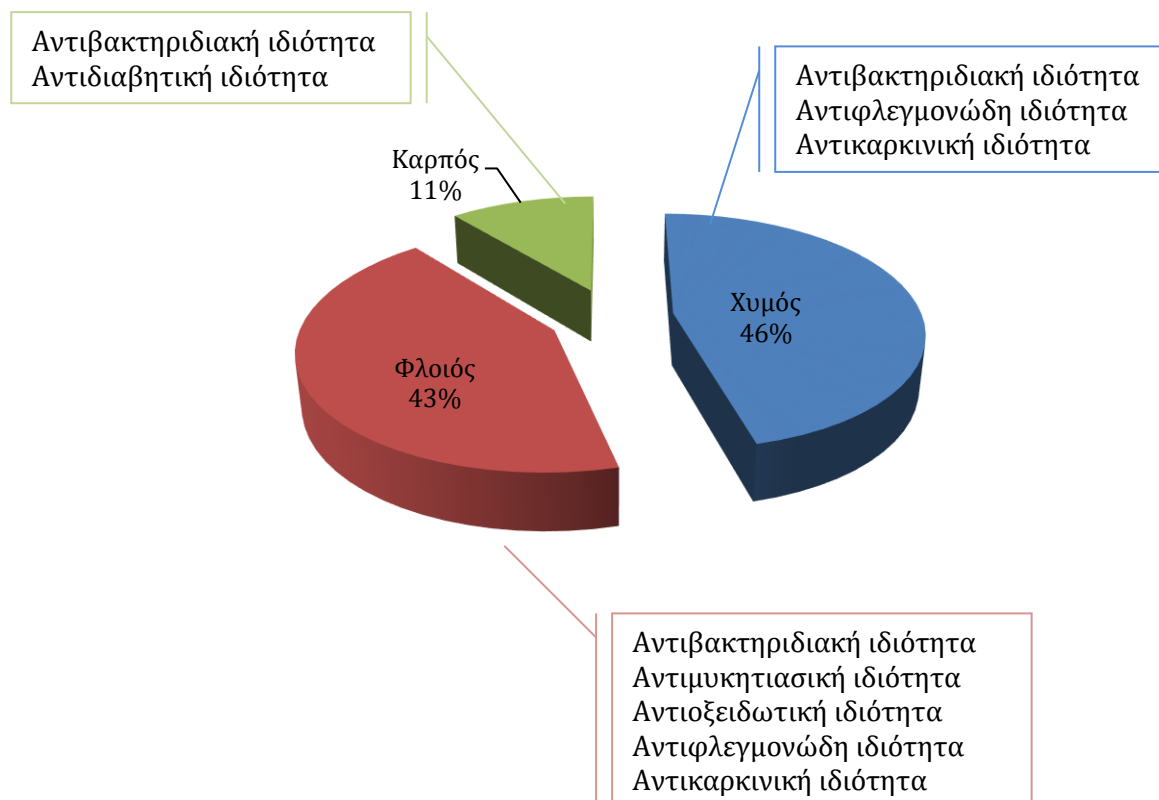


Εικόνα 1 Χημικές δομές και τύποι από τις κύριες ενώσεις του ροδιού. Πηγή: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>



Το ρόδι (*Punica granatum* L.) είναι επίσης γνωστό ως το φρούτο δύναμης της φύσης, το οποίο έχει αξιοσημείωτες ιδιότητες βελτίωσης της υγείας, όπως αναλύεται και στην Εικόνα 3, όπου και παρουσιάζεται η επί τοις εκατό κατά βάρος σύνθεση και οι ειδικές βιοδραστικότητες διαφορετικών μερών του ροδιού.

Εικόνα 2 Ρόδι και υγεία. Πηγή: <https://www.pexels.com/el-gr/>



Εικόνα 3 Ειδικές βιοδραστικές ιδιότητες που συνδέονται με τα μέρη του ροδιού.

Η φυτοχημική σύνθεση του εκχυλίσματος από φλοιό ροδιού αποτελείται από υδρολύσιμες τανίνες, όπως η πουνικαλίνη, η ποδουνκουλαγίνη και η πουνικαλαγίνη, καθώς και από γαλλικό οξύ και ελλαγικό οξύ. Αυτές οι ενώσεις βρίσκονται σε ποικίλες ποσότητες που κυμαίνονται από 27 έως 172 g/kg. Επιπλέον, τα εκχυλίσματα από τους φλοιούς των ροδιών είναι πλούσια σε φλαβονοειδή, συγκεκριμένα κατεχίνες, ανθοκυανίνες και άλλα περίπλοκα φλαβονοειδή. Περιλαμβάνει επίσης διάφορα οργανικά οξέα, όπως κιτρικό, ασκορβικό, μηλικό, φουμαρικό, οξικό, τρυγικό, οξαλικό και γαλακτικό οξύ. Το εκχύλισμα αυτό περιέχει αλκαλοειδή όπως πιπεριδίνη και πυρρολιδίνη, μέταλλα όπως μαγνήσιο, άζωτο, φώσφορο, κάλιο και ασβέστιο, καθώς και σύνθετους πολυσακχαρίτες. Αναλυτικότερα το διατροφικό προφίλ του ροδιού σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας των Η.Π.Α παρουσιάζεται στον Πίνακα 1, αναφέροντας κάποια από τα βασικά στοιχεία του ροδιού καθώς και τις περιεκτικότητές τους (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2344762/nutrients>).

Πίνακας 1 Διατροφικός πίνακας ροδιού (ανά 100 gr).

Ρόδι ανά 100gr	Ποσότητα	Μονάδα
Νερό	77,9	g
Ενέργεια	83	kcal
Πρωτεΐνη	1,67	g
Ολικά λιπίδια (λίπος)	1,17	g
Υδατάνθρακας	18,7	g
Διαιτητικές ίνες	4	g
Σάκχαρα	13,7	g
Ασβέστιο	10	mg
Σίδηρο	0,3	mg
Μαγνήσιο	12	mg
Φώσφορο	36	mg
Κάλιο	236	mg
Νάτριο	3	mg
Ψευδάργυρος	0,35	mg
Χαλκός	0,158	mg
Σελήνιο	0,5	μg
Βιταμίνη C	10,2	mg
Θειαμίνη	0,067	mg

Λόγω των βιοδραστικών μορίων που περιέχουν, δηλαδή των φαινολικών ενώσεων, τα εκχυλίσματα από φλούδες ροδιού εμφανίζουν αξιοσημείωτη βιολογική δραστηριότητα κατά την πρόληψη και την αντιμετώπιση διαφόρων παθολογιών (Soleimanzadeh κ.ά., 2024). Ο φλοιός του ροδιού είναι επίσης ένα σημαντικό και ευεργετικό υποπροϊόν στην επεξεργασία τροφίμων. Η φλούδα του είναι μια εξαιρετική πηγή ενώσεων όπως φλαβονοειδή, σύνθετοι πολυσακχαρίτες, μέταλλα και υδρολυόμενες τανίνες που έχει αποδειχθεί ότι είναι βιολογικά ενεργές, ενώ και τα βιοενεργά μέρη στη φλούδα του ροδιού έχουν αντίστοιχα αντιβακτηριδιακή, αντιοξειδωτική και φαινολική δράση. Έχει επιβεβαιωθεί ότι το κύριο φαινολικό αντιοξειδωτικό στη φλούδα του ροδιού είναι το ελλαγικό οξύ, έχοντας δείξει υψηλή αντιριζική δράση. Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ότι η ποικιλία, το τμήμα του καρπού και το επίπεδο ωριμότητας του ροδιού επηρεάζουν την ποσότητα και τον τύπο των πολυφαινολών τόσο στο βρώσιμο μέρος όσο και στις φλούδες του ροδιού (Soleimanzadeh κ.ά., 2024).

2. Απώλεια και Σπατάλη των τροφίμων

Η σπατάλη τροφίμων είναι ένα από τα κύρια προβλήματα στη σημερινή κοινωνία. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκθέσεις από το “United Nations”, (<https://www.un.org/en/observances/end-food-waste-day>), περίπου το ένα τρίτο των τροφίμων στον κόσμο σπαταλάται. Οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό είναι η υπερπαραγωγή, οι υπερβολικές ποσότητες προϊόντων προς πώληση στη λιανική, καθώς και η εξάλειψη από την τροφική αλυσίδα προϊόντων που δεν πληρούν τις νομοθετικές απαιτήσεις. Επιπλέον, τα τρόφιμα σπαταλούνται και στα νοικοκυριά λόγω ακατάλληλης αποθήκευσης, κακού προγραμματισμού των αγορών παντοπωλείου και υπεραγορών (Piechnik κ.ά., 2024).

Η ποσοτικοποίηση του προβλήματος είναι μια σημαντική πτυχή προκειμένου να γνωστοποιείται το εύρος και η διάστασή του, αλλά η πρόληψη περιλαμβάνει επίσης τη γνώση των αιτιών σε ένα νοικοκυριό. Πρόκειται για ένα σύνθετο ζήτημα, το οποίο, σε οικογενειακό επίπεδο, σχετίζεται με την κοινωνικοοικονομική κατάσταση, το μορφωτικό επίπεδο, τη σύνθεση και τον αριθμό των μελών του νοικοκυριού καθώς και με τις γαστρονομικές και αγοραστικές συνήθειες. Μεμονωμένες μεταβλητές όπως η ηλικία, το φύλο, οι αξίες, η ευαισθητοποίηση, ο τρόπος ζωής και ο χρόνος που αφιερώθηκε στην προετοιμασία του φαγητού είναι αυτές που μελετούνται γενικώς, ώστε να χαρακτηρίσουν τους καταναλωτές. Η εστίαση του προβλήματος είναι επίσης σημαντική, καθώς οι συνήθειες και τα έθιμα των καταναλωτών θεωρούνται η κύρια αιτία σπατάλης τροφίμων στα νοικοκυριά και η γνώση αυτού του ζητήματος αυξάνει την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών ως ένα σημαντικό προληπτικό εργαλείο (González-Santana κ.ά., 2022a).

Γενικά, απόβλητα τροφίμων, πέραν των μη βρώσιμων (κόκκαλα, δέρμα ζώων, τσόφλια αυγών κ.ά), μπορεί να χαρακτηριστεί και κάθε βρώσιμη ουσία, ωμή, επεξεργασμένη ή μαγειρεμένη, που καταλήγει να απορριφθεί ή με την πρόβλεψη να απορριφθεί με άλλο τρόπο, καθώς και βρώσιμα τρόφιμα που παράγονται για ανθρώπινη κατανάλωση, τα οποία, για οποιονδήποτε λόγο, καταλήγουν να μην προορίζονται για το σκοπό αυτό. Μεταξύ των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων ορισμών για τα απόβλητα είναι αυτός που τα ορίζει ως «υγιεινό και βρώσιμο υλικό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, που προέρχεται από οποιοδήποτε

σημείο της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, το οποίο απορρίπτεται, χάνεται, υποβαθμίζεται ή καταναλώνεται από παράσιτα».

Όσο για την κατηγορία των παραπροϊόντων τροφίμων (food by-products), ο όρος αναφέρεται σε υλικά που παράγονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ή παρασκευής τροφίμων, τα οποία δεν αποτελούν το κύριο προϊόν της διαδικασίας. Τα παραπροϊόντα αυτά μπορεί να περιέχουν θρεπτικά, βιοδραστικά συστατικά, και συχνά μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω για τη δημιουργία νέων προϊόντων, όπως ζωοτροφές, λιπάσματα, βιοκαύσιμα ή ακόμα και συστατικά για τρόφιμα ή καλλυντικά. Τα παραπροϊόντα τροφίμων έχουν την τάση να συνδέονται με την έννοια της κυκλικής οικονομίας, προωθώντας τη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων στις βιομηχανίες τροφίμων.

2.1 Ενημέρωση και αντιμετώπιση

Η σπατάλη τροφίμων μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: αποφεύξιμη (avoidable), πιθανή ή μερικώς αποφεύξιμη (possible avoidable) και μη αποφεύξιμη (inevitable). Η αποφυγή δημιουργίας απορριμμάτων αναφέρεται σε τρόφιμα και ποτά σε άριστη κατάσταση που προορίζονται για κατανάλωση αλλά τελικώς απορρίπτονται. Δυνητικά απορρίμματα που μπορούν να αποφευχθούν είναι τρόφιμα και ποτά που, παρόλο που είναι βρώσιμα και βρίσκονται σε βέλτιστη κατάσταση κατανάλωσης, κάποιιοι τα καταναλώνουν και άλλοι όχι, ανάλογα με τον τρόπο προετοιμασίας ή παρασκευής τους (πέτσα από ψάρια, μέρη κρέατος τα οποία περιέχουν παραπάνω λίπος και απορρίπτονται ανάλογα με την προτίμηση του καταναλωτή, κρούστα από το ψωμί, καφές ο οποίος έχει κρυώσει). Τέλος, η μη αποφεύξιμη δημιουργία απορριμμάτων αντιστοιχεί σε υπολείμματα τροφίμων ή ποτών που δεν είναι βρώσιμα υπό κανονικές συνθήκες (κόκαλα, τσόφλια αυγών, δέρματα ορισμένων προϊόντων, φλοιοί, φλούδες, φύλλα, κ.ά).

Όταν γίνεται αναφορά στα παραπροϊόντα τροφίμων, ανάλογα με τη δημιουργία τους στην τροφική αλυσίδα, γίνεται διάκριση μεταξύ απώλειας (losses) και σπατάλης (waste) τροφίμων. Απώλεια τροφής σημαίνει απώλεια της μάζας ή της θρεπτικής ποιότητας των τροφίμων που προορίζονταν αρχικά για ανθρώπινη κατανάλωση, που συνήθως προκαλείται από αναποτελεσματικότητα στην αλυσίδα τροφίμων. Γενικώς, η απώλεια τροφής αναφέρεται σε βρώσιμα τρόφιμα που απορρίπτονται στα αρχικά στάδια του εφοδιασμού, όπως η παραγωγή, η μετά τη

συγκομιδή/συλλογή και τη βιομηχανική επεξεργασία. Ωστόσο, τα απόβλητα τροφίμων περιλαμβάνουν βρώσιμα τρόφιμα που απορρίπτονται στα τελικά στάδια πώλησης και κατανάλωσης (Εικόνα 4). Σύμφωνα με αυτούς τους ορισμούς, ο κόσμος δημιουργεί 1,3 δισεκατομμύρια τόνους απορριμμάτων τροφίμων κάθε χρόνο, τα οποία με τη σειρά τους προκαλούν οικονομικές απώλειες που ισοδυναμούν με 940 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, ενώ παραδόξως 870 εκατομμύρια άνθρωποι υποσιτίζονται. Τα απορρίμματα τροφίμων παράγονται σε τεράστιες ποσότητες σε όλο τον κύκλο ζωής των τροφίμων, με σοβαρές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες (González-Santana κ.ά., 2022a).



Εικόνα 4 Ταξινόμηση των αποβλήτων τροφίμων κατά κατηγορίες και ανάλογα με την παραγωγή τους στα διάφορα στάδια της τροφικής αλυσίδας. Πηγή: (González-Santana κ.ά., 2022b)

Η αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων είναι το σύστημα οργανισμών, ανθρώπων και δραστηριοτήτων που εμπλέκονται στη μεταφορά τροφίμων από τον παραγωγό έως τον καταναλωτή, που αποτελείται από τουλάχιστον τρεις κρίκους: την παραγωγή, την επεξεργασία-μεταποίηση και πώληση, και τέλος την κατανάλωση. Η τροφική αλυσίδα αναγνωρίζεται ως ο κύριος παράγοντας που συμβάλλει στην περιβαλλοντική υποβάθμιση. Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους συμβαίνουν απώλειες σχετίζονται συχνά με ζημιές που προκαλούνται στις καλλιέργειες λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων και παρασίτων. Η χρήση κακών μηχανικών τεχνικών για τη συγκομιδή, τη συλλογή, την αποθήκευση και την επακόλουθη μεταφορά, τους σπόρους χαμηλής ποιότητας και τον κακό προγραμματισμό συγκομιδής που

δημιουργούν πλεονάσματα, μπορούν επίσης να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες στην αλυσίδα τροφίμων.

Στο στάδιο της βιομηχανικής επεξεργασίας, γενικά, η χρήση μη κατάλληλων ή εξειδικευμένων μηχανημάτων για την επεξεργασία των προϊόντων, η κακή αποθήκευση, ο μη ορθός χειρισμός και τα σφάλματα κατά τη διαδικασία συσκευασίας των προϊόντων, τόσο κατά τη βιομηχανική φάση όσο και στη μετέπειτα μεταφορά, συμβάλλουν στη δημιουργία απορριμμάτων. Σε αυτές τις αιτίες προστίθενται οι απώλειες που αντιστοιχούν σε μη βρώσιμα μέρη που δημιουργούνται κατά την παραγωγή ή προκαλούνται από αλλαγές στην παραγωγή που επηρεάζουν τη βρώσιμη μερίδα, καθώς και προϊόντα που δεν πληρούν τα πρότυπα ποιότητας. Όπως και στα προηγούμενα στάδια, οι πλεονασματικές πωλήσεις, η λήξη των προϊόντων και η μη συμμόρφωση με τα πρότυπα των πελατών είναι καταστάσεις που οδηγούν στην απόρριψη πολλών προϊόντων (González-Santana κ.ά., 2022a).

Τα ποσοστά παραπροϊόντων που παράγουν οι βιομηχανίες τροφίμων ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με το είδος των τροφίμων που παράγονται, τις τεχνολογικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται και τις πρώτες ύλες. Ειδικότερα, βιομηχανίες κρέατος (κόκκαλα, λίπος, δέρμα), γάλακτος (ορός γάλακτος), φρούτων και λαχανικών (φλούδες, κουκούτσια, σπόροι), αλιείας (κεφάλια, δέρμα, σπλάχνα) αλλά και δημητριακών (φλοιός σιτηρών, πίτουρο), παράγουν υψηλά ποσοστά παραπροϊόντων με τις σύγχρονες βιομηχανίες να προσπαθούν να μειώσουν αυτή την απώλεια πόρων με την επαναχρησιμοποίηση αυτών σε άλλους τομείς ή και προϊόντα.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την κατάσταση, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2012) καθόρισε ότι το κρίσιμο σημείο της σπατάλης τροφίμων είναι τα απόβλητα σε επίπεδο καταναλωτή και, ως εκ τούτου, έχει επικεντρώσει τις προσπάθειές του στη μείωση αυτού του τύπου απορριμμάτων, καθώς σε οικιακό επίπεδο, η σπατάλη τροφίμων εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 50% της συνολικής σπατάλης τροφίμων στην Ευρώπη και ακόμη έως και το 60% της συνολικής σπατάλης τροφίμων στις ΗΠΑ.

Σε πιο πρόσφατη μελέτη (2024) ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) πραγματοποίησε την Διεθνή Ημέρα Ευαισθητοποίησης για την Απώλεια και τη Σπατάλη Τροφίμων ([International Day of Awareness of Food Loss and Waste](#)) ρίχνοντας φως στη σημασία της αξιοποίησης δεδομένων για να

σταματήσει η απώλεια και η σπατάλη τροφίμων. Κάθε χρόνο, πάνω από το 13 τοις εκατό του συνόλου των τροφίμων που παράγονται παγκοσμίως χάνεται στην αλυσίδα εφοδιασμού πριν φτάσει στο στάδιο της λιανικής. Αυτό ισοδυναμεί με περισσότερα από 400 δισεκατομμύρια δολάρια, σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις του FAO. Η απώλεια και η σπατάλη τροφίμων είναι ένας από τους μεγαλύτερους παράγοντες που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Αντιπροσωπεύει το 8 έως 10 τοις εκατό των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που συμβάλλει σε ένα ασταθές κλίμα και σε ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασίες και πλημμύρες. Αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν αρνητικά τις αποδόσεις των καλλιεργειών, μειώνουν τη θρεπτική ποιότητα των καλλιεργειών, διαταράσσουν τις αλυσίδες εφοδιασμού και απειλούν την επισιτιστική ασφάλεια.

Η έλλειψη καλά κατευθυνόμενης επικοινωνίας για την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σημαίνει ότι το πρόβλημα της σπατάλης τροφίμων τείνει να θεωρείται και κοινωνικό πρόβλημα εκτός από περιβαλλοντικό δηλαδή, οι καταναλωτές αποτυγχάνουν να εντοπίσουν τη σύνδεση μεταξύ των περιβαλλοντικών προβλημάτων και της σπατάλης τροφίμων. Με βάση αυτά τα κριτήρια, μπορεί να είναι λογικό και σημαντικό να παρέχονται στον καταναλωτή πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που προκαλεί η σπατάλη, αλλά κυρίως η μη αποτελεσματική διαχείριση των παραπροϊόντων τροφίμων, με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους και την δημιουργία προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (González-Santana κ.ά., 2022a). Η έλλειψη γνώσης των καταναλωτών σχετικά με αυτές τις οικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές, μαζί με την έλλειψη γνώσης όλων των πτυχών που επηρεάζουν την τελική ποσότητα απορριμμάτων και παραπροϊόντων τροφίμων, υποδηλώνουν ότι αυτή η διαδικασία δεν αποτελεί πρόβλημα και, ως εκ τούτου, ο καταναλωτής αλλά και οι βιομηχανίες τροφίμων δεν αισθάνονται υπεύθυνοι για την σπατάλη και την ελλιπή διαχείριση των παραπροϊόντων των τροφίμων που δημιουργείται, καθιστώντας την απόρριψή τους, κατά κάποιο τρόπο, κοινωνικά αποδεκτή.

Η μη διαχείριση και η μη επαναξιοποίηση των παραπροϊόντων τροφίμων δημιουργεί σοβαρά κοινωνικά ζητήματα, τα οποία έχουν βαθύ αντίκτυπο σε διάφορους τομείς. Αρχικά, η σπατάλη τροφίμων αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην καταπολέμηση της πείνας, σε έναν κόσμο όπου εκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από επισιτιστική ανασφάλεια, η αδυναμία αξιοποίησης των παραπροϊόντων ενισχύει

τις κοινωνικές ανισότητες και την ανισοκατανομή των πόρων. Επιπλέον, η περιβαλλοντική επιβάρυνση από τα απορρίμματα των τροφίμων, ειδικά από τα οργανικά υπολείμματα που δεν επαναχρησιμοποιούνται, οδηγεί σε αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που επιδεινώνει την κλιματική αλλαγή. Αυτό, με τη σειρά του, δημιουργεί περισσότερα ζητήματα, όπως η επιδείνωση των συνθηκών διαβίωσης, η μείωση της αγροτικής παραγωγής και η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων. Η ευαισθητοποίηση των ανθρώπων για τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των απορριμμάτων τροφίμων δεν φαίνεται να τον μειώνει, ενώ ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι οι άνθρωποι που είναι ιδιαίτερα συνειδητοποιημένοι και αφοσιωμένοι στο περιβάλλον σπαταλούν λιγότερα τρόφιμα (González-Santana κ.ά., 2022a).

Οι βιομηχανίες επεξεργασίας εσπεριδοειδών παράγουν μια σχετικά υψηλή ποσότητα υποπροϊόντων (φλούδες, σπόροι και λύματα) που αντιπροσωπεύουν περίπου το 55-60% του βάρους του ακατέργαστου φρούτου, το οποίο αναφέρεται ότι είναι εξαιρετικά οργανικό και βιολογικά ασταθές στη φύση. Επιπλέον, ο ακατάλληλος χειρισμός, η άμεση απόρριψη μαζί με τα ιδιόμορφα χαρακτηριστικά των υποπροϊόντων εσπεριδοειδών θεωρείται απειλή, με αποτέλεσμα αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και την οικονομία. Κατά συνέπεια, αρκετές νομοθετικές πράξεις, όπως οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έχουν εφαρμοστεί αυστηρά τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως για τη σωστή διαχείριση των παραπροϊόντων εσπεριδοειδών (Panwar κ.ά., 2021).

Συγκεκριμένα, οι παραδοσιακές μέθοδοι απόρριψης παραπροϊόντων εσπεριδοειδών θεωρούνται πλέον αναποτελεσματικές και διαφορούμενες λόγω του υψηλού κόστους μαζί με πολλές περιβαλλοντικές ανησυχίες, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της δημιουργίας οσμών. Η μέθοδος της αποτέφρωσης δεν είναι εφικτή για την απόρριψη παραπροϊόντων εσπεριδοειδών, καθώς απαιτεί υψηλή ενέργεια για την εξάτμιση της περιεκτικότητας σε νερό καθώς, έχει αναφερθεί ότι προκαλεί ατμοσφαιρική ρύπανση. Επιπλέον, η χρήση παραπροϊόντων εσπεριδοειδών ως ζωοτροφή (υγρή ή αποξηραμένη) για τη μείωση της εξάρτησης των ζώων από τις παραδοσιακές ζωοτροφές με δημητριακά θεωρείται ο φθηνότερος και απλούστερος τρόπος απόρριψής τους. Ωστόσο, πολλά μειονεκτήματα συνδέονται με την άμεση χρήση παραπροϊόντων είτε ως ζωοτροφή είτε ως κομπόστα. Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα περιλαμβάνει τις

οικονομικές προκλήσεις για τη μεταφορά, την αποθήκευση και την επεξεργασία τους λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία. Ως αποτέλεσμα, στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτά τα παραπροϊόντα μεταφέρονται μόνο σε κοντινές αποστάσεις ή τοποθετούνται απευθείας στη βοσκή για να καταναλωθούν από τα ζώα. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η πικρή γεύση και οι τοξικές επιδράσεις των ζωοτροφών που οφείλονται στην παρουσία αιθέριων ελαίων μειώνοντας έτσι τη γευστικότητά τους (Panwar κ.ά., 2021).

Στη σύγχρονη διαχείριση απορριμμάτων τροφίμων, η αξιοποίηση των παραπροϊόντων είναι ένας τρόπος ανάκτησης των πολύτιμων ενώσεων τους ή ακόμα και της ανάπτυξης νέων προϊόντων με αγοραία αξία. Ως αποτέλεσμα, οι βιομηχανίες τροφίμων, επιδιώκουν την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, τη μείωση της απελευθέρωσης τοξικών ουσιών και την αποτελεσματική χρήση της πρώτης ύλης για την παραγωγή τροφίμων υψηλής ποιότητας.

Εκτός από την ίδια τη χρήση ως νέο πόρο, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της διάθεσης τροπικών φρούτων είναι ένας άλλος κινητήριος παράγοντας για την εστίαση σε μια αλυσίδα εφοδιασμού με μηδενικά απόβλητα. Αρκετές επιστημονικές εκθέσεις αναφέρονται στις δυσμενείς επιπτώσεις που προκαλεί η εσφαλμένη διάθεση οργανικών αποβλήτων στο περιβάλλον. Αν και δεν αφορούν συγκεκριμένα τα τροπικά φρούτα, παρέχουν μια γενικότερη εικόνα του γιατί χρειάζεται να αποφεύγεται η απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον (Villacís-Chiriboga κ.ά., 2020).

Η βιωσιμότητα των συστημάτων τροφίμων σχετίζεται με τη δημόσια υγεία, το περιβάλλον και την οικονομία και είναι σημαντική για την επιβίωση της ανθρωπότητας. Εκτός από τις κοινωνικές και οικονομικές πτυχές, τα συστήματα τροφίμων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προστασία των φυσικών πόρων, καθώς σχετίζονται άμεσα με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τη ρύπανση και την αποψίλωση των δασών.

Η ευαισθησία των καταναλωτών στην «υπερ-αγορά» είναι καταλύτης για τη δημιουργία οικιακών απορριμμάτων τροφίμων. Μέσω ερευνών έχει διαπιστωθεί πως η σπατάλη των τροφίμων μειώνεται με προγραμματισμένες δραστηριότητες αγορών και τη χρήση μιας λίστας αγορών, η οποία νοείται ως φυσικός προγραμματισμός του γεγονότος αγοράς, καθιστώντας το μια προγραμματισμένη και μη παρορμητική δραστηριότητα.

Από την άλλη πλευρά, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2012) προτείνει τις ακόλουθες λύσεις σε επίπεδο καταναλωτή και νοικοκυριού ως μηχανισμούς μείωσης των απορριμμάτων: ρύθμιση του μεγέθους της συσκευασίας σε όγκους περισσότερο σύμφωνα με το πρότυπο κατανάλωσης, ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σχετικά με τα απόβλητα, ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων ή εκστρατειών, διανομή προγραμμάτων για απορριπτόμενα αλλά υγιεινά τρόφιμα στον ευρωπαϊκό πληθυσμό που τα χρειάζεται και να δημιουργήσουν καλύτερο χειρισμό της προνομιακής κατανάλωσης, αντίστοιχα της ημερομηνίας λήξης.

Η ανάλυση των στρατηγικών που θεωρούνται κατάλληλες για την ελαχιστοποίηση της σπατάλης υποδεικνύει τρεις γραμμές δράσης: ένα σύστημα μη καταναλώσιμων τροφίμων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση της πείνας, ο σχεδιασμός μιας υλικοτεχνικής και τεχνικής δομής που επιτρέπει την ανακύκλωση των απορριπτόμενων τροφίμων να μετατρέπονται σε ζωοτροφές ή κομπόστες και εκπαιδευτικές πολιτικές που στοχεύουν στον καταναλωτή με αποτέλεσμα την ευαισθητοποίηση για την επίτευξη μείωσης των απορριμμάτων (González-Santana κ.ά., 2022a).

Τα σημεία αυτά αφορούν τη δημόσια πολιτική, την τεχνολογία και τα logistics καθώς και την ευαισθητοποίηση αλλά και ενημέρωση του καταναλωτή. Σε οικογενειακό επίπεδο, αυτό το πρόβλημα οφείλεται τόσο στη συμπεριφορά όσο και στην έλλειψη γνώσης και ευαισθητοποίησης του καταναλωτή, όπως η μορφή με την οποία πωλούνται τα τρόφιμα στην αγορά αλλά και τα γαστρονομικά έθιμα που επικρατούν σε κάθε χώρα και εκεί είναι που οφείλει να εμβαθύνει η προσπάθεια απόρριψης των τροφίμων.

2.2 Βιομηχανίες φρούτων και λαχανικών, διαχείριση παραπροϊόντων

Είναι γνωστό πως η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού κατέστησε αναγκαία την εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής, του γραμμικού-αγροτικού συστήματος παραγωγής, της παγκοσμιοποίησης της διανομής τροφίμων, της εκτεταμένης αποθήκευσης και της αγρο-βιομηχανικής επεξεργασίας, τα οποία παράγουν εκτεταμένες ποσότητες και ποικιλίες αγροτοβιομηχανικών «απορριμμάτων» και τροφίμων. Μέχρι και πριν λίγα χρόνια, θεωρούνταν μικρής ή καθόλου οικονομικής αξίας τα υπολείμματα συγκομιδής, υπολείμματα καλλιεργειών, ζωικά απόβλητα και παραπροϊόντα τροφίμων, όμως σήμερα θεωρούνται ως πολύτιμοι πόροι σημαντικής

οικονομικής αξίας, έχοντας γίνει συμπρωϊόντα ή πρώτες ύλες από τη βιομηχανική επεξεργασία και τη ζωική παραγωγή.

Στο παραδοσιακό κυκλικό γεωργικό μοντέλο, η απόφαση του αγρότη για τη χρήση γεωργικών παραπρωϊόντων αντικατοπτρίζει τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του και η πρόσβαση σε εναλλακτικούς πόρους βιομάζας και η οικονομική προσιτότητα καθορίζουν το κόστος ευκαιρίας για έναν αγρότη ή νοικοκυριό να πουλήσει, να χρησιμοποιήσει ή να επαναχρησιμοποιήσει αυτά τα παραπρωϊόντα. Σήμερα, η τεράστια περίσσεια υπολειμμάτων και παραπρωϊόντων μετά την εκπλήρωση αυτών των παραδοσιακών ρόλων απορρίπτεται με καύση. Είναι μια πρακτική που θεωρείται από τους αγρότες ως η πιο βολική, γρήγορη από άποψη χρόνου εργασίας και χρηματοδότησης και ωφέλιμη για τον έλεγχο των ζιζανίων, των παρασίτων των καλλιεργειών και των ασθeneιών.

Ωστόσο, τα παραδοσιακά μοντέλα διαχείρισης γεωργικών παραπρωϊόντων έχουν αρνητικές οικονομικές αποδόσεις για τον αγρότη και αρνητική διατήρηση και συντήρηση της υγείας του εδάφους. Επιπλέον, η καύση γεωργικών παραπρωϊόντων έχει τεράστιες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, της διάβρωσης του εδάφους και της απελευθέρωσης κλιματικών ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτά προστίθενται σημαντικές δυσμενείς ανησυχίες για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων (Chikezie Ogbu & Nnaemeka Okey, 2023).

Η διαχείριση των παραπρωϊόντων βιομηχανικών φρούτων είναι σημαντική όχι μόνο για τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων τροφίμων που συσσωρεύονται στις χωματερές αλλά και για την ανάπτυξη στρατηγικών μέσω της επαναχρησιμοποίησης με σκοπό την αξιοποίηση και την προσθήκη οικονομικής αξίας. Η διάθεση των απορριμμάτων τροφίμων οδηγεί σε διαφορετικά παγκόσμια ζητήματα σε διάφορους τομείς, όπως κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς. Αυτά τα παραπρωϊόντα αντιπροσωπεύουν μια πλούσια πηγή πολύτιμων ενώσεων (πολυφαινόλες) με υψηλή αντιοξειδωτική δράση, οι οποίες μπορούν να εξαχθούν μέσω βιοτεχνολογικών μεθοδολογιών για μελλοντικές βιομηχανικές εφαρμογές. Όλα αυτά τα παραπρωϊόντα απελευθερώνονται σε χώρους υγειονομικής ταφής ή καίγονται για παραγωγή ενέργειας με αποτέλεσμα την απώλεια της υπολειπόμενης οικονομικής και βιολογικής αξίας. Επομένως, απαιτούνται στρατηγικές και έργα για την ενθάρρυνση της ανάκτησης

απορριμμάτων οδηγώντας στην παραγωγή νέων καινοτόμων προϊόντων με βάση μία βιώσιμη οικονομία (Campos κ.ά., 2020).

Τα διάφορα απορρίμματα φρούτων προέρχονται από την παραγωγή διαφορετικών προϊόντων, όπως χυμοί, συμπυκνώματα χυμού, μαρμελάδες, κονσερβοποιημένα φρούτα, φρέσκα κομμένα ή και αποξηραμένα, με πολύ αρνητικό αντίκτυπο σε αυτόν τον τομέα. Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι τρόφιμα που έχουν την υψηλότερη κατανάλωση, με την Κίνα, τις ΗΠΑ και τις Φιλιππίνες, να παράγουν 32, 15 και 1,8 εκατομμύρια τόνους απορριμμάτων, αντίστοιχα.

Μόλις διασφαλίζεται η επισιτιστική ασφάλεια, όλα αυτά τα παραπροϊόντα μπορούν να αξιοποιηθούν με ολοκληρωμένο τρόπο υπό την εφαρμογή διαφόρων διεργασιών από τις βιομηχανίες τροφίμων, μετατρέποντας τα παραπροϊόντα σε δευτερογενείς πρώτες ύλες. Μπορεί να γίνει παραλαβή πολλών ενδιαφερόντων ουσιών από τα παραπροϊόντα των φρούτων, και μεταξύ αυτών τα πιο σημαντικά οικονομικά περιλαμβάνουν τα ένζυμα και τις βιταμίνες. Ωστόσο, μετά από μια τέτοια εκχύλιση, μπορούν να ανακτηθούν και άλλες βιοδραστικές ενώσεις, όπως φαινολικά, αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, καρροτενοειδή, γλυκοσίδες, τανίνες, σαπωνίνες και τερπενοειδή. Από την άλλη πλευρά, τα εκχυλίσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λειτουργικά συστατικά λόγω των βιολογικών τους δράσεων, όπως αντιμικροβιακά, πρεβιοτικά και αντιοξειδωτικά, ή να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή λειτουργικών προϊόντων διατροφής (Campos κ.ά., 2020).

Η βελτίωση της κοινωνικής συμπεριφοράς των βιομηχανιών με την ανάγκη αξιοποίησης των παραπροϊόντων, οδήγησε τα Ηνωμένα Έθνη να αναπτύξουν 17 στόχους βιώσιμης ανάπτυξης (sustainable development goals, SDGs) για την προστασία του πλανήτη, τον τερματισμό της φτώχειας και τη διασφάλιση της ευημερίας για όλη την ανθρωπότητα. Βελτιώνοντας το σύνολο των συστημάτων τροφίμων, από τον παραγωγό στον καταναλωτή, στόχος είναι να δημιουργηθούν νέες γνώσεις και ευκαιρίες καθώς οι παραδοσιακές χημείες θα αντικατασταθούν από νέες πρακτικές και αρχές της πράσινης χημείας για μέγιστη επαναχρησιμοποίηση των πόρων τα επόμενα χρόνια. Ως εκ τούτου, τα παραπροϊόντα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων αντιπροσωπεύουν μια ενδιαφέρουσα πηγή λόγω του υψηλού όγκου, του χημικού πλούτου και της ετερογένειάς τους.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) περιέγραψε «την τόνωση της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης με αποδοτικούς πόρους και χαμηλές

εκπομπές άνθρακα» ως ουσιαστικό ορόσημο που χρήζει να επιτευχθεί έως το 2050, απαιτώντας μια παγκόσμια τάση για τη διερεύνηση πιθανών οδών για τη μετάβαση από τη γραμμική στην κυκλική οικονομία με διάφορα επιχειρηματικά μοντέλα (Campos κ.ά., 2020).

Η εφαρμογή κυκλικής οικονομίας πρέπει να εφαρμοστεί ευρέως από τις βιομηχανίες σε σύγκριση με το πως είναι αυτή τη στιγμή, καθώς περιλαμβάνει ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση πόρων, παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά και ανάπτυξη εναλλακτικών λύσεων για ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων. Ως εκ τούτου, η διαχείριση παραπροϊόντων έχει υψηλό αντίκτυπο στην κυκλική οικονομία, με την εμφάνιση νέων τυπολογιών και διαδικασιών, μεταξύ των οποίων οι λεγόμενοι «καθαριστές» και «αποικοδομητές», που αναφέρονται σε εταιρείες που είναι σε θέση να εξάγουν πόρους από τα παραπροϊόντα εφαρμόζοντας καινοτόμες τεχνολογίες ανάκτησης. Οι καθαριστές και οι αποικοδομητές είναι θεμελιώδεις πυλώνες στους νέους οδηγούς της κυκλικής οικονομίας. Από τη μια, πρώτοι πυλώνες δεν είναι μόνο οι συλλέκτες, αλλά και οι διανομείς «απορριμμάτων» άλλων εταιρειών. Αυτές οι εταιρείες συλλέγουν τα παραπροϊόντα των πρωτογενών πρώτων υλών και τα αναδιανέμουν ξανά στο σύστημα. Ο δεύτερος πυλώνας είναι οι αποικοδομητές, οι οποίοι μετατρέπουν τα παραπροϊόντα σε δευτερογενείς πρώτες ύλες, αναπτύσσοντας νέα προϊόντα για την εφοδιαστική αλυσίδα και ενσωματώνοντας νέο οικονομικό εισόδημα μέσω επαναχρησιμοποιούμενων υλικών, μέσω της εφαρμογής της ανακύκλωσης. Έτσι, οι βιομηχανίες τροφίμων συνεργάζονται, αναπτύσσοντας μια ανταλλαγή πόρων, σε διαφορετικά επίπεδα, όπως η επανακυκλοφορία νερού, ενέργειας και ύλης, επιτυγχάνοντας οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, με την ουσία της βιομηχανικής συμβίωσης να είναι η πλήρης εκμετάλλευση της χρήσης παραπροϊόντων με την αποτελεσματικότερη επεξεργασία τους.

Η διαχείριση των παραπροϊόντων τροφίμων είναι ένα κρίσιμο ζήτημα για την παγκόσμια ασφάλεια των τροφίμων. Οι βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων είναι ένας από τους κύριους παραγωγούς παραπροϊόντων. Σε αυτήν την περίπτωση, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έθεσε νέους στόχους για τη μείωση των απορριμμάτων φρούτων για να τονώσει τη μετάβαση της Ευρώπης προς μια κυκλική οικονομία, με τις βιομηχανίες τροφίμων να εισέρχονται ενεργά και δυναμικά προς την αξιοποίηση των παραπροϊόντων που παράγουν όπως απεικονίζεται και στον Πίνακα 2, γεγονός

που δείχνει την άμεση ανταπόκρισή τους στο κάλεσμα της κυκλικής οικονομίας και της βιωσιμότητας (Campos κ.ά., 2020).

Πίνακας 2 Πιθανές εφαρμογές των παραπροϊόντων φρούτων για βιομηχανικούς σκοπούς

Πηγή παραπροϊόντος	Παραπροϊόν	Προϊόν προστιθέμενης αξίας	Τομέας βιομηχανικής αξιοποίησης
Lime	Φλούδα	Βιοαιθανόλη και ένζυμα	Βιοκαύσιμα
Πεπόνι	Φλούδα	Πηκτίνη	Καλλυντικά και φαρμακευτικά
Τομάτα	Φλούδα	Λυκοπένιο	Φαρμακευτικά
Μπανάνα	Φλούδα	Βιοαιθανόλη	Βιοκαύσιμα
Αχλάδι	Φύλλα	Φυτικές ίνες, μέταλλα και βιταμίνες	Προμηθευτές τροφίμων
Ανανάς	Βλαστός, φλούδα, φύλλα	Ένζυμο (βρομελαΐνη)	Κρέας και φαρμακευτικά
Ανανάς	Φλούδα και καρπός	Ένζυμο (βρομελαΐνη)	Κρέας και φαρμακευτικά
Σταφύλι	Υπολείμματα φλοιού	Φυτικές ίνες και αντιοξειδωτικά	Προμηθευτές τροφίμων
Ροδάκινο, Δαμάσκηνο	Πούλπα	Αντιοξειδωτικά	Διατροφοκομική βιομηχανία
Πεπόνι	Φλούδα και καρπός	Αντιοξειδωτικά	Διατροφοκομική βιομηχανία
Πεπόνι	Καρπός	Αιθέρια έλαια	Προμηθευτές τροφίμων
Πεπόνι	Πούλπα	Ένζυμο (κουκουμισίνη)	Γαλακτοκομικά

Συνεπώς, οι βιομηχανίες με συνδυαστική χρήση των νέων τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον, της πράσινης χημείας και της βιωσιμότητας, έχουν την δυνατότητα να διατηρήσουν την ίδια αξία των καταναλωτικών προϊόντων, καθώς και να προσθέσουν αξία στα παραπροϊόντα, διατηρώντας τα στη βιομηχανική αλυσίδα, με στόχο τη μείωση των παραγόμενων παραπροϊόντων που μέχρι τώρα απορρίπτονταν.

Όσο αφορά το Νομοθετικό πλαίσιο γύρω από την αξιοποίηση των παραπροϊόντων υπάρχουν ρυθμίσεις τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο που ρυθμίζουν τη διαχείριση τους από τις βιομηχανίες τροφίμων. Οι ρυθμίσεις αυτές αφορούν την ασφάλεια των τροφίμων, την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη διαχείριση πόρων. Παρακάτω παρατίθενται οι βασικοί νόμοι και κανονισμοί που σχετίζονται με τη χρήση και διαχείριση των παραπροϊόντων τροφίμων.

- **Ευρωπαϊκή Νομοθεσία**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει αυστηρούς κανόνες για τη διαχείριση των παραπροϊόντων και αποβλήτων τροφίμων, με στόχο τη μείωση της σπατάλης, την προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας.

α. [Κανονισμός \(ΕΚ\) 1069/2009](#) – Ζωικά Υποπροϊόντα

Αυτός ο κανονισμός ρυθμίζει τη διαχείριση των ζωικών υποπροϊόντων που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο, όπως τα υπολείμματα από τη βιομηχανία κρέατος και γαλακτοκομικών. Ο κανονισμός:

- Καθορίζει τα πρότυπα για τη συλλογή, τη μεταφορά, την επεξεργασία και την εξάλειψη των ζωικών υποπροϊόντων.
- Επιτρέπει τη χρήση αυτών των παραπροϊόντων για την παραγωγή ζωοτροφών, οργανικών λιπασμάτων, βιοκαυσίμων και άλλων προϊόντων.
- Κατηγοριοποιεί τα ζωικά υποπροϊόντα σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου τους για την υγεία.

β. [Οδηγία 2008/98/ΕΚ](#) – Πλαίσιο για τα Απόβλητα

Αυτή η οδηγία ρυθμίζει τη συνολική διαχείριση των αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, συμπεριλαμβανομένων των παραπροϊόντων τροφίμων. Βασικοί στόχοι:

- Η πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων
- Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των παραπροϊόντων

- Η εφαρμογή της ιεράρχησης των αποβλήτων, με έμφαση στην πρόληψη και την επαναχρησιμοποίηση, πριν από την ανακύκλωση και την ασφαλή απόρριψη

γ. [Κανονισμός \(ΕΚ\) 852/2004](#) – Υγιεινή των Τροφίμων

Αυτός ο κανονισμός θέτει τα βασικά υγειονομικά πρότυπα για την παραγωγή, επεξεργασία και διανομή τροφίμων. Περιλαμβάνει διατάξεις για την ορθή διαχείριση των παραπροϊόντων ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλεια των καταναλωτών και η δημόσια υγεία.

[Κανονισμός \(ΕΕ\) 1169/2011](#) – Σήμανση Τροφίμων

Ο Κανονισμός (ΕΕ) 1169/2011 για την παροχή πληροφοριών στους καταναλωτές αφορά τη σήμανση των τροφίμων. Αν ένα τρόφιμο περιέχει παραπροϊόντα, αυτό πρέπει να δηλώνεται με σαφήνεια στη συσκευασία. Οι καταναλωτές πρέπει να ενημερώνονται για τη φύση των συστατικών που περιέχονται στο τρόφιμο.

- **Ελληνική Νομοθεσία**

Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει εναρμονιστεί με την ευρωπαϊκή νομοθεσία και έχει θεσπίσει διάφορους νόμους και διατάξεις για τη διαχείριση των παραπροϊόντων τροφίμων.

α. [Νόμος 4819/2021](#) – Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αποβλήτων

Αυτός ο νόμος αποτελεί τον εθνικό νόμο-πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα και είναι εναρμονισμένος με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ., καθώς ρυθμίζει τη διαχείριση όλων των τύπων αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των παραπροϊόντων τροφίμων.

Προβλέπει την εφαρμογή συστημάτων ανακύκλωσης, κομποστοποίησης και επαναχρησιμοποίησης παραπροϊόντων.

Στόχος είναι η μείωση των αποβλήτων τροφίμων κατά 50% έως το 2030, όπως προβλέπει η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη σπατάλη τροφίμων.

β. [ΚΥΑ 181504/2016](#) – Ζωικά Υποπροϊόντα

Αυτή η κοινή υπουργική απόφαση (ΚΥΑ) εξειδικεύει τον ευρωπαϊκό κανονισμό 1069/2009 για τη διαχείριση των ζωικών υποπροϊόντων στην Ελλάδα, καθορίζοντας τους κανόνες για τη μεταφορά, την επεξεργασία και την απόρριψη τους.

[Πολιτικές Κυκλικής Οικονομίας](#)

Τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, οι πολιτικές για την κυκλική οικονομία ενθαρρύνουν την καλύτερη αξιοποίηση των παραπροϊόντων από τη

βιομηχανία τροφίμων. Στόχος αυτών των πολιτικών είναι η ενσωμάτωση των παραπροϊόντων στην παραγωγή νέων προϊόντων, όπως ζωοτροφές, βιοκαύσιμα ή κομπόστα, μειώνοντας έτσι τα ποσοστά τους.

2.3 Αξιοποίηση βιοαποβλήτων ροδιού

Τα βιοαπόβλητα που μένουν μετά την επεξεργασία των φρούτων αποτελούν απειλή για το περιβάλλον και σοβαρό λειτουργικό πρόβλημα για τις αντίστοιχες βιομηχανίες τροφίμων. Ωστόσο, αυτά τα βιοαπόβλητα έχουν οικονομική αξία, πιθανές βιολογικές δραστηριότητες και αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη πηγή για την ανάκτηση βιοδραστικών ουσιών. Μεγάλοι όγκοι πολύτιμων βιοαποβλήτων παράγονται συνήθως κατά την επεξεργασία του χυμού ροδιού.

Αρκετές πρωτοβουλίες αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια για την αξιοποίηση, τη χρήση των βιοαποβλήτων ροδιού και την τροποποίησή τους για διαφορετικές εφαρμογές, όπως τρόφιμα, γεωργία, φαρμακευτική, βιομηχανία και ιατρική, αν και αυτά τα βιοαπόβλητα έχουν οικονομική αξία, δυνητικές βιολογικές δραστηριότητες και αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη πηγή για ανάκτηση βιοενεργών ουσιών. Μεγάλοι όγκοι πολύτιμων βιοαποβλήτων παράγονται συνήθως κατά την επεξεργασία του χυμού ροδιού, συγκεκριμένα 9 τόνοι απόβλητα/ 1 τόνο χυμού (El-Shamy & Farag, 2021).

Λόγω των υψηλών απωλειών τροφίμων που προκαλούνται από τις βιομηχανίες τροφίμων κατά τα στάδια της πρωτογενούς παραγωγής και επεξεργασίας, η αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων σε σχέση με την αναπροσαρμογή της αξίας των κηπευτικών και μη υποπροϊόντων είναι απαραίτητη. Σκοπός είναι να ελαχιστοποιηθεί η τεράστια ποσότητα απορριπτόμενων τροφίμων στα προαναφερθέντα στάδια. Επιπλέον, απαιτούνται στρατηγικές για τη λήψη ενώσεων, που είναι ενδιαφέρουσες σε λειτουργικό και τεχνο-λειτουργικό επίπεδο από υποπροϊόντα που δεν μπορούν να αποφευχθούν, για τη δημιουργία νέων προϊόντων που βελτιώνουν τη θρεπτική και αισθητηριακή ποιότητα των τροφίμων. Όσον αφορά το ρόδι, στο στάδιο χειρισμού, φρέσκου κοπής και επεξεργασίας χυμού, περισσότερο από το 50% του προϊόντος απορρίπτεται, αντιπροσωπεύοντας έως και 43% φλούδα και τις μεμβράνες του καρπού ως μη βρώσιμα μέρη (Cano-Lamadrid κ.ά., 2023).

Τα παραπροϊόντα του ροδιού είναι πολύ πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις όπως φλαβονοειδή, σύνθετοι πολυσακχαρίτες και ελλαγιτανίνες, μεταξύ άλλων. Η πουνικαλαγίνη Punicalagin (Pn) είναι μια βασική ένωση με υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα που βρίσκεται στη φλούδα του ροδιού και στις καρπιδικές μεμβράνες στις ακόλουθες μορφές: α- και β-πουνικαλαγίνη (Pn). Αυτή η ένωση χωνεύεται από την εντερική χλωρίδα για να ληφθούν ουρολιθίνες ως τελική ένωση, οι οποίες έχουν δυναμικά υγιείς ιδιότητες. Επιπλέον, η πουνικαλαγίνη Pn έχει και άλλες λειτουργικές και τεχνο-λειτουργικές ιδιότητες, που αναμένεται να έχει μεγάλο ενδιαφέρον για τη βιομηχανία τροφίμων και θρεπτικές ουσίες που μπορούν να επωφεληθούν από την υψηλή αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική ικανότητα που βελτιώνει την οξειδωτική σταθερότητα διαφόρων τροφίμων (Cano-Lamadrid κ.ά., 2023).

2.4 Πιθανές χρήσεις εκχυλισμάτων από φλοιούς και καρπούς των ροδιών



Το έλαιο που ανακτάται από τον καρπό του ροδιού θεωρείται εξαιρετική πηγή συζευγμένων λινολενικών οξέων, κυρίως πουνικού οξέος έχοντας ευρεία χρήση στον κλάδο της βιομηχανίας των τροφίμων. Η ενσωμάτωση του ελαίου αυτού σε παγωτά τα εμπλουτίζει με

Εικόνα 5 Εσωτερικό μέρος ροδιού. Πηγή: <https://www.onmed.gr/diatrofi/story/353296/rodi-ta-simantika-ofeli-toy-gia-tin-ygeia-andron-kai-gynaikon>

συζευγμένο λινολενικό οξύ (GLA) και βελτιώνει τις λειτουργικές και διατροφικές τους ιδιότητες. Η προσθήκη του σε κεφτέδες βοδινού και κοτόπουλου εμφάνισε μείωση των επιπέδων των καρκινογόνων ετεροκυκλικών αρωματικών αμινών (HAA) κατά 39% σε κεφτέδες βοδινού κρέατος που μαγειρεύτηκαν με κάρβουνο-μπάρμπεκιου και κατά 46% σε αυτούς που υπέστησαν τηγάνισμα σε παχύ λίπος. Ομοίως, παρατηρήθηκε μείωση των επιπέδων HAA κατά 49% και 70% σε κεφτέδες κοτόπουλου μαγειρεμένους με τηγάνισμα σε παχύ λίπος και ψήσιμο σε φούρνο, αντίστοιχα. Μια τέτοια επίδραση θα μπορούσε να αποδοθεί στην αντιοξειδωτική δράση του συγκεκριμένου ελαίου από τον καρπό του ροδιού, λόγω της πλούσιας περιεκτικότητάς του σε τοκοφερόλη (βιταμίνη E) και συζευγμένο λινολενικό οξύ.

Επιπλέον, η εφαρμογή του λυοφιλοποιημένου υδατικού εκχυλίσματος από τον φλοιό του ροδιού σε *προϊόντα κρέατος* καθυστέρησε την οξειδωση των λιπιδίων, βελτίωσε τη σταθερότητα των λιπιδίων των λουκάνικων, έδειξε καλή αποδοχή και παρέτεινε τη διάρκεια ζωής των προϊόντων για 30 ημέρες. Αντίστοιχα, ο εμπλουτισμός με μεθανολικό εκχύλισμα (80%) σε γάλα ζύμωσης *Lactobacillus acidophilus* δεν ανέστειλε την ανάπτυξη του *Lactobacillus acidophilus* παρέχοντας νέα εμπλουτισμένα με πολυφαινόλες τρόφιμα με αυξημένα οφέλη για την υγεία, δηλαδή με βελτιωμένη αντιοξειδωτική δράση. Επιπλέον, η προσθήκη εκχυλίσματος αιθανόλης του συγκεκριμένου ελαίου σε τυρόπηγμα αύξησε τη διάρκεια ζωής του για 6 ημέρες στους 5°C ταυτόχρονα με αυξημένη αντιοξειδωτική δραστηριότητα, αντοχή σε μικροβιακή μόλυνση και αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (El-Shamy & Farag, 2021).

Η προσθήκη εκχυλίσματος από τον φλοιό ροδιού σε *προϊόντα αρτοποιίας* αύξησε τη βιοπροσβασιμότητα των προϊόντων αποικοδόμησης της ελλαγιτανίνης (κυρίως του ελλαγικού οξέος και των παραγώγων του) στο δωδεκαδάκτυλο, παρέχοντας αντιοξειδωτική προστασία στο γαστρεντερικό σωλήνα και πιθανότατα προλαμβάνοντας το οξειδωτικό στρες που σχετίζεται με τον καρκίνο του παχέος εντέρου. Επιπλέον, η προσθήκη του συγκεκριμένου υδατικού εκχυλίσματος σε *ψωμί σίτου* βελτίωσε τη σύνθεση των βασικών ανόργανων συστατικών του και ομοίως σε *μπισκότα* για τη βελτίωση των διατροφικών χαρακτηριστικών, των διαιτητικών ινών, των ανόργανων συστατικών, της αντιοξειδωτικής δράσης και των επιπέδων β-καροτενίου. Παρομοίως, η χρήση σκόνης από τον καρπό του ροδιού στην παρασκευή *μπάρας δημητριακών* με ρόδι έδειξε βελτιωμένη πρόσληψη λειτουργικών τροφίμων.

Η προσθήκη αποξηραμένου εκχυλίσματος από φλούδα ροδιού σε *χυμούς τομάτας και πορτοκαλιού* αύξησε σημαντικά την αντιοξειδωτική τους δράση, λόγω της πλούσιας φαινολικής τους περιεκτικότητας. Επιπλέον, η πηκτίνη που εκχυλίζεται από εκχύλισμα φλούδας του ροδιού μπορεί να αντικαταστήσει την εμπορική πηκτίνη (πηκτικός παράγοντας) στην παρασκευή μαρμελάδων, λόγω της γλυκύτητας και του χρώματός της. Επιπροσθέτως, η προσθήκη αιθέριου ελαίου από εκχύλισμα φλούδας ροδιού σε ηλιέλαιο εμφάνισε βελτιωμένη οξειδωτική σταθερότητα, άρωμα, γεύση και συνολικότερη αποδοχή, γεγονός που υποδηλώνει τη δυνητική χρήση του ως καρύκευμα στο μαγείρεμα και την περαιτέρω καθυστέρηση έναντι της τάγγισης του ελαίου κατά τη μακρά αποθήκευση.

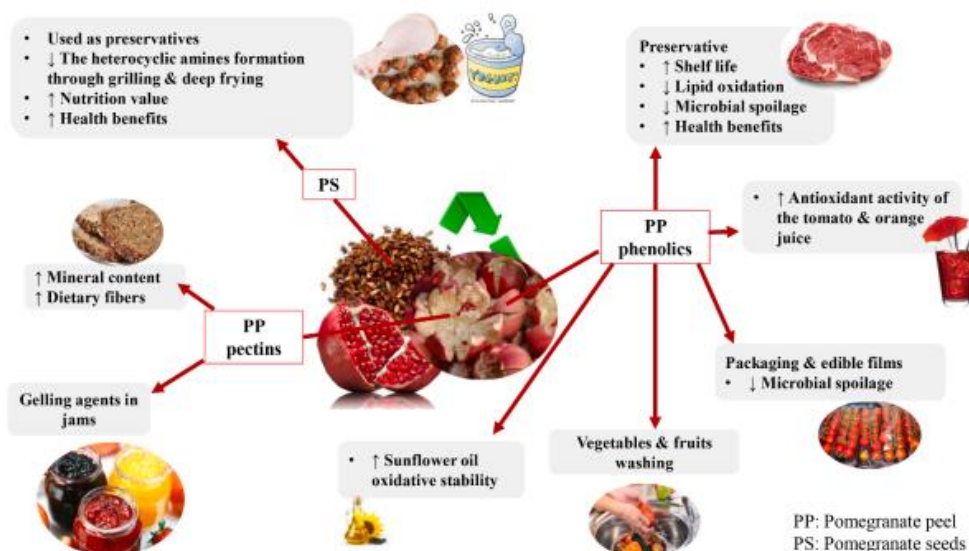
Το εκχύλισμα αιθανόλης (59%) από τον φλοιό του ροδιού δρα ως φυσικό αντιοξειδωτικό και έχει βελτιώσει τη σταθερότητα του ελαίου σε σχέση με τους σπόρους, αυτή η αντιοξειδωτική δράση αποδίδεται στην πλούσια περιεκτικότητα της φλούδας σε φαινόλες. Επιπλέον, το εκχύλισμα αιθανόλης (70%) από καρπό ροδιού, μπορεί να αντικαταστήσει το χλωριωμένο νερό για το πλύσιμο *φρέσκων φρούτων και λαχανικών*, οδηγώντας σε μειωμένη ανάπτυξη του παθογόνου *Listeria monocytogenes* (El-Shamy & Farag, 2021).

Συμπερασματικά, το υδρο-αλκοολικό εκχύλισμα της φλούδας του ροδιού διαδραματίζει διάφορους ρόλους στα τρόφιμα ως συντηρητικό που καθυστερεί την οξείδωση των λιπιδίων και τη μικροβιολογική αλλοίωση στα τρόφιμα, παρατείνοντας τη συνολική διάρκεια ζωής τους. Η ενσωμάτωση εκχυλισμάτων βιοαποβλήτων της φλούδας ροδιού, μπορεί να θεωρηθεί ως υλικό στη συσκευασία για την επιβράδυνση της οξείδωσης των τροφίμων και την αναστολή των παθογόνων μικροοργανισμών, όπως αναλύεται παρακάτω.

Τόσο το εκχύλισμα από τον καρπό του ροδιού όσο και το εκχύλισμα από τον φλοιό του, έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως *συντηρητικά και φυσικά πρόσθετα* για την αναστολή της οξείδωσης και της μικροβιακής ανάπτυξης στη βιομηχανία τροφίμων λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών τους δράσεων. Η συμπερίληψη του ελαίου από καρπό ροδιού σε *μικτά φιλμ* κατασκευασμένα από ένα μείγμα απομονώσεων πρωτεΐνης ορού γάλακτος και κάπα-καρραγενάνης (πολυσακχαρίτης) ανέστειλε την ανάπτυξη των *Escherichia coli* και *Listeria monocytogenes*. Έρευνα έδειξε πως η ενσωμάτωση αιθανολικού εκχυλίσματος (60%) από την φλούδα του ροδιού σε *βρώσιμα φιλμ* με βάση τη γλουτένη, αύξησε τη διάρκεια ζωής διαφόρων λαχανικών και φρούτων (μάνγκο, κεράσι και ντομάτα). Επιπλέον, η ενσωμάτωση εκχυλίσματος μεθανόλης (80%) φλούδας ροδιού με καρβακρόλη σε ενεργές μεμβράνες με βάση τη χιτοζάνη αύξησε σημαντικά την αντιβακτηριακή της δράση υποδηλώνοντας μια συνεργιστική δράση μεταξύ της καρβακρόλης και του εκχυλίσματος. Αξίζει να σημειωθεί, πως το εκχύλισμα από την φλούδα του ροδιού χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη *βιοφίλμ* με βάση το άμυλο, βρώσιμο φιλμ αλλά και ως υλικό συσκευασίας για τρόφιμα (El-Shamy & Farag, 2021).

Οι υδρόφιλες ενώσεις του συγκεκριμένου εκχυλίσματος (υδροξυμεθυλοφουρφουρόλη, βενζόλιο, 2-μεθοξυ-1,3,4-τριμεθύλιο και 1,2,3-

προπανετριόλη, 1-οξική) έχουν εμφανίσει καλές δραστικές ιδιότητες συσκευασίας σε μεμβράνες αμύλου ενισχυμένες με κυτταρίνη 2%. Η ενσωμάτωση λυοφιλοποιημένου υδατικού εκχυλίσματος φλούδας ροδιού, χρησιμοποιήθηκε και σε μεμβράνες Zein για τη συσκευασία του τυριού Ιμαλαΐων για παράταση της διάρκειας ζωής των τυριών. Η παράταση της διάρκειας ζωής του τυριού εκδηλώθηκε μέσω της αναστολής της ανάπτυξης μικροοργανισμών που αλλοιώνουν ταυτόχρονα με την επιβράδυνση των λιπιδίων και την πρωτεϊνική οξείδωση του φρέσκου τυριού. Η αξιοποίηση των βιοαποβλήτων ροδιού στη βιομηχανία τροφίμων συνοψίζεται στην Εικόνα 6 (El-Shamy & Farag, 2021).



Εικόνα 6 Αξιοποίηση των βιοαποβλήτων ροδιού (καρπός και φλοιός) στη βιομηχανία τροφίμων. Πηγή: (El-Shamy & Farag, 2021)

Οι αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες της φλούδας του ροδιού σε συσκευασίες ενεργών τροφίμων έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολυάριθμων μελετών. Η φλούδα του ροδιού έχει αντίκτυπο στη μικροδομή και τις φυσικές ιδιότητες των φιλμ, όπως το πάχος, τη διαπερατότητα των υδρατμών, τις μηχανικές ιδιότητες, τις οπτικές ιδιότητες και τις θερμικές ιδιότητες. Επιπλέον, οι ενσωματωμένες μεμβράνες φλούδας ροδιού επιδεικνύουν εξαιρετικές αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες (Soleimanzadeh κ.ά., 2024).

Η προσθήκη σε ενεργή συσκευασία που αναπτύσσεται με σκόπιμη προσθήκη ορισμένων ενώσεων όπως φυσικά εκχυλίσματα στο σύστημα συσκευασίας, είναι μια

καινοτόμος ιδέα συσκευασίας τροφίμων. Προκειμένου να ενισχυθούν οι αισθητηριακές ιδιότητες των τροφίμων, να διασφαλιστεί η ασφάλεια των τροφίμων και να διατηρηθεί η ποιότητα των τροφίμων, αυτή η πολλά υποσχόμενη τεχνολογία επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των συσκευασμένων τροφίμων, της συσκευασίας τους και του εσωτερικού αλλά και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Έχει σχεδιαστεί για να απελευθερώνει ενεργά συστατικά στο περιβάλλον που περιβάλλει το φαγητό ή να απορροφά συστατικά όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, υγρασία και ελεύθερες ρίζες που μπορούν να βλάψουν την ποιότητα των τροφίμων, από τα συσκευασμένα τρόφιμα. Αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ενώσεις που θεωρούνται ως δραστικοί παράγοντες, μπορούν να προστεθούν μέσα ή στην επιφάνεια του υλικού συσκευασίας για να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των συσκευασμένων τροφίμων (Soleimanzadeh κ.ά., 2024).

Από την άλλη πλευρά, πολλές πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι διαφορετικά συστατικά φρούτων και λαχανικών όπως φύλλα, σπόροι, φλούδες και αχρησιμοποίητοι πολτοί που θεωρούνται απόβλητα, και συνεπώς απορρίπτονται, μπορούν να είναι πολύτιμες και πλούσιες πηγές πολυφαινόλων, φλαβονοειδών, τοκοφερολών, χρωστικών ή αιθέριων ελαίων που διαθέτουν αρκετές βιοδραστηριότητες, επομένως όλες αυτές οι ενώσεις μπορούν να εφαρμοστούν σε ενεργές χρήσεις συσκευασίας. Η ικανότητα αυτών των ενώσεων να ενισχύουν τις λειτουργικές ιδιότητες των υλικών συσκευασίας είναι ο πρωταρχικός λόγος για το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση φυσικών δραστικών ενώσεων που προέρχονται από απόβλητα και υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων. Από την άλλη πλευρά, είναι οικονομικά πολύ συμφέρουσες πηγές καθώς, εξαλείφουν την ανάγκη για προσθήκη τεχνητών συντηρητικών (Soleimanzadeh κ.ά., 2024).

Για παράσιτα έχοντας αντιμυκητιακή ουσία. Το μεθανολικό εκχύλισμα φλοιού ροδιού βρέθηκε να είναι αποτελεσματικό (φυσικός παράγοντας διαχείρισης τερμιτών) έναντι των ειδών τερμιτών *Microcerotermes beelsoni*, σε καλλιέργειες σιταριού και βαμβακιού. Το εκχύλισμα αυτό έχει προταθεί ως φυσική αντιμυκητιακή ουσία με ευρύ φάσμα δράσης κατά των παρασίτων των φυτών επίσης, έχει άμεση αντιμικροβιακή δράση εκτός από το ότι προκαλεί αμυντικές αποκρίσεις στους ιστούς των φυτών-ξενιστών. Οι θεραπευτικές και προληπτικές εφαρμογές εκχυλίσματος μεθανόλης από τον φλοιό του ροδιού, μείωσαν σημαντικά την ανάπτυξη ξηρής

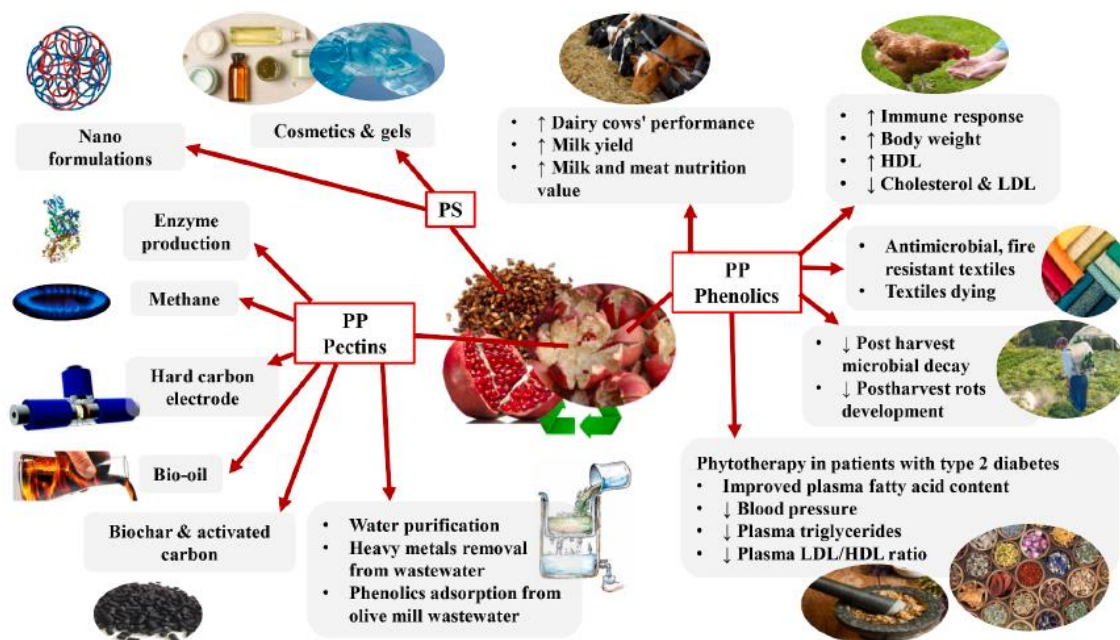
σήψης σε κονδύλους πατάτας που είχαν εμβολιαστεί με μυκοτοξίνη *Fusarium sambucinum* (El-Shamy & Farag, 2021).

Επίσης, τομάτες Ιταλικής ποικιλίας επικαλυμμένες με μεθανολικό εκχύλισμα από τον φλοιό του ροδιού εκτός από άμυλο μανιόκας, χιτοζάνη και αιθέριο έλαιο, εμφάνισαν τη χαμηλότερη απώλεια βάρους και μειωμένη περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά σε σύγκριση με τις μη επικαλυμμένες τομάτες, σε συνθήκες αποθήκευσης 12 ημερών στους 25°C, υποδηλώνοντας ότι το συγκεκριμένο εκχύλισμα μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής των τροφίμων. Το αλκοολούχο εκχύλισμα πάλι από τον φλοιό του ροδιού, βρέθηκε επίσης αποτελεσματικό κατά της σήψης, μετά τη συγκομιδή, (*Penicillium digitatum* και *Penicillium italicum*) στο γκρέιπφρουτ και το λεμόνι και το *Penicillium expansum* στα μήλα. Η ενσωμάτωση αιθανολικού εκχυλίσματος φλοιού ροδιού στο υλικό επικάλυψης (χιτοζάνη και κάρδαμο) των εσπεριδοειδών έδειξε αναστολή της μυκητιακής αποσύνθεσης μετά τη συγκομιδή από την πράσινη (*Penicillium digitatum*) και την μπλε μούχλα (*Penicillium italicum*) για περίοδο αποθήκευσης 2 εβδομάδων.

Το συμπυκνωμένο αιθανολικό εκχύλισμα (80%) φλοιού ροδιού, θεωρείται ως ένα ασφαλές και αποτελεσματικό φυσικό αντιμυκητιασικό παρασκεύασμα για τον έλεγχο της ανθρακνόζης της ελιάς που προκαλείται από διαφορετικά είδη του μύκητα *Colletotrichum spp.* και είναι ικανό να βελτιώσει τελικά την παραγωγή της ελιάς. Το ίδιο εκχύλισμα εμπλουτισμένο σε κυανιδίνη 3-γλυκοσίδη, πελαργονιδίνη 3-γλυκοσίδη και παράγωγα ελλαγικού οξέος εμφάνισε σημαντική μείωση στην ανάπτυξη σήψης του μύκητα *Botrytis* στο επιτραπέζιο σταφύλι που προκαλείται από το γένος *Botrytis cinerea* και υποδηλώνει ότι οι ανθίνες μεσολαβούν για τη συντηρητική δράση. Το συγκεκριμένο υδατικό εκχύλισμα, πλούσιο σε γαλλικό και ελλαγικό οξύ, μείωσε τη μάρανση της τομάτας από τον μύκητα *Fusarium oxysporum* στο έδαφος και τη βακτηριακή κηλίδα της τομάτας σε θερμοκήπια που προκαλείται από *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, επιτρέποντας την αντικατάσταση ή τη μείωση των ευρέως χρησιμοποιούμενων ενώσεων χαλκού.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση υδατικού εκχυλίσματος φλοιού ροδιού στις βρώσιμες επικαλύψεις που περιέχουν χιτοζάνη ή κόμμι χαρουπιού και μαγιά βιοελέγχου (*Wickerhamomyces anomalus*), μείωσε σημαντικά το ποσοστό μόλυνσης από τον μύκητα *Penicillium digitatum* (αποσύνθεση πράσινης μούχλας) και την αποσύνθεση των πορτοκαλιών μετά τη συγκομιδή τους.

Η τροποποίηση των υδατικών και μεθανολικών εκχυλισμάτων φλοιού ροδιού χρησιμοποιώντας περαιτέρω νανοτεχνολογία [εκχύλισμα μοντμοριλλονίτη (ομάδα αργιλίου) /φλοιό ροδιού] παρουσίασε ένα χαμηλού κόστους πολύτιμο υποπροϊόν στη βιομηχανία του χυμού ροδιού ως πράσινο μυκητοκτόνο κατά της φαιάς μούχλας μετά τη συγκομιδή (*Botrytis cinerea*) σε φρούτα μήλου. Μια τέτοια επίδραση του κλάσματος οξικού αιθυλεστέρα του φλοιού ροδιού, μπορεί να παρέχει μια φυσική εναλλακτική λύση στον έλεγχο των παρασίτων των καλλιεργειών λόγω της πλούσιας περιεκτικότητάς του σε φαινολικά, με το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι είναι βιοδιασπώμενο (El-Shamy & Farag, 2021). Η αξιοποίηση βιοαποβλήτων ροδιού (σπόροι & φλούδα) σε γεωργικές, φαρμακευτικές, βιομηχανικές και οικονομικές εφαρμογές απεικονίζεται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7 Αξιοποίηση βιοαποβλήτων ροδιού σε γεωργικές, φαρμακευτικές, βιομηχανικές και οικονομικές εφαρμογές.

Πηγή: (El-Shamy & Farag, 2021)

Κατά της μόλυνσης των υπόγειων υδάτων από τοξικά βιομηχανικά απόβλητα. Η μόλυνση των υπόγειων υδάτων με τοξικά βιομηχανικά απόβλητα απειλεί εκατομμύρια ανθρώπους που πίνουν μολυσμένο νερό πηγαδιών λόγω των καρκινογόνων ιδιοτήτων του. Το εκχύλισμα από φλοιό ροδιού θεωρείται ένα αποτελεσματικό, οικονομικό, βιώσιμο υλικό προσρόφησης και διήθησης για την επεξεργασία μολυσμένων λυμάτων. Περιέχει μια ποικιλία λειτουργικών ομάδων, τραχιά και πορώδη επιφάνεια που υποδηλώνει την πιθανή εφαρμογή του για την

απομάκρυνση βαρέων μετάλλων από τα λύματα, ενώ μετά την αφαίρεση της περιεκτικότητάς του σε φαινόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βιο-απορροφητικό μέσο χαμηλού κόστους για την προσρόφηση φαινολικών από τα λύματα των ελαιοτριβείων. Το νερό που έχει προέλθει από την επεξεργασία της ελιάς είναι ένα σημαντικό απόβλητο προϊόν του ελαιολάδου και απαιτείται η κατάλληλη απομάκρυνση ή ανάκτηση του πλούσιου φαινολικού περιεχομένου του. Το εκχύλισμα από τον φλοιό του ροδιού, μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά για την προσρόφηση και απομάκρυνση ιόντων Νικελίου Ni (II), Χαλκού Cu (II), Αρσενικού As (III), Καδμίου Cd (II) και της σιπροφλοξασίνης (αντιβιοτικό).

Πλέον μπορεί κανείς να βρει ποικίλες αναφορές από διάφορες μελέτες, όπου υπάρχουν διάφορες νέες τεχνικές εκχύλισης για την ανάκτηση ελαίων, πηκτίνης και φαινολικών ενώσεων από τον καρπό και τον φλοιό του ροδιού. Οι προσεγγίσεις αυτές αποσκοπούν στην ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον, πράσινων, αποτελεσματικών και οικονομικά αποδοτικών τεχνικών εκχύλισης. Οι νέες και πράσινες τεχνολογίες όχι μόνο βελτιστοποιούν την ανάκτηση βιοδραστικών ουσιών, δηλαδή την ανάκτηση πηκτίνης, πολυφαινολών και ελαίων από βιοαπόβλητα ροδιού, αλλά μάλλον βελτιώνουν την παραγωγή βιοάνθρακα, βιοαερίου, βιοελαίου και ενζύμων από τα εν λόγω απόβλητα.

Οι νέες αυτές τεχνικές περιλαμβάνουν υπερκρίσιμο ρευστό, ένζυμα, υπερήχους, παλμικούς υπερήχους, υπερήχους με ανιχνευτή, υγρό υπό πίεση, μικροκύματα, ηλεκτρική εκκένωση υψηλής τάσης, σημείο θολότητας, επιφανειοδραστικό, ανακρυστάλλωση με αντιδιαλυτικό, υπέρυθρη ακτινοβολία-βαθιά ευτηκτικό διαλύτη, ενθυλάκωση, καλλιέργεια στερεάς κατάστασης, αργή και ταχεία πυρόλυση και αναερόβια χώνευση. Λαμβάνοντας υπόψη τους πολλούς παράγοντες που εμπλέκονται για τη βελτιστοποίηση σε αυτές τις τεχνολογίες, χρησιμοποιούνται συνήθως διάφορα στατιστικά μοντέλα όπως επιφάνεια απόκρισης, τεχνητό νευρωνικό δίκτυο ή/και κλασματικό παραγοντικό σύστημα για τη βελτιστοποίηση και τη βελτίωση των συνθηκών εκχύλισης. Μια ανασκόπηση σχετικά με τη βελτιστοποίηση της ανάκτησης φαινολικών από φλοιό ροδιού αναφέρθηκε προηγουμένως και εδώ παρουσιάζεται μια ανασκόπηση σχετικά με τη βελτιστοποίηση των διαφόρων βιοενεργών του, δηλαδή των φαινολικών, της πηκτίνης και της ανάκτησης ελαίου από βιοαπόβλητα φρούτων ροδιού,

συμπεριλαμβανομένων τόσο των καρπών όσο και των φλοιών του (El-Shamy & Farag, 2021).

Από την άλλη πλευρά, η επεξεργασία φρούτων και λαχανικών δημιουργεί σημαντικές ποσότητες βιολογικών υπολειμμάτων - υποπροϊόντων με τη μορφή φλοιών, σπόρων και πολτού. Για τη διαχείριση των απορριμμάτων τροφίμων και την πρόληψη της απώλειάς τους, η Ιεραρχία Διαχείρισης Απορριμμάτων Τροφίμων (Food Waste Management Hierarchy) - Αρχή 3R: Μείωση, Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση (Principle 3R: Reduce, Reuse, and Recycle) - έχει εισαχθεί σε πολλές χώρες. Η περιβαλλοντική προοπτική και ο αντίκτυπος των απορριμμάτων τροφίμων αλλάζουν σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση. Για τα φρούτα και τα λαχανικά, οι απώλειες μπορεί να είναι έως και 50% σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, ποσοστό που οφείλει να προβληματίσει τόσο τις βιομηχανίες τροφίμων όσο και τους ανθρώπους σχετικά με το περιβάλλον και το αποτύπωμα άνθρακα που δημιουργείται. Σύμφωνα με τον FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), στόχος του είναι να μειώσει τη σπατάλη τροφίμων κατά περίπου 50% έως το 2050 και να χρησιμοποιήσει τα επεξεργασμένα απόβλητα ως πρώτη ύλη. Η βάση δεδομένων του FAO δείχνει ότι το μέσο ποσοστό απορριμμάτων από την επεξεργασία φρούτων και λαχανικών είναι μικρότερο από 10%, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις έως και 40% (<https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/Database,2022>) (Saparbekova κ.ά., 2023).

Τεχνολογίες πράσινης εκχύλισης βασικών ενώσεων από παραπροϊόντα τροφίμων αναπτύχθηκαν πρόσφατα και αναθεωρήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων των εξαγωγών με υπερήχους, μικροκύματα, παλμικού ηλεκτρικού πεδίου και ενζύμων, μεταξύ άλλων, οι οποίες και βοήθησαν στην δημιουργία μερικών εμπορικών προϊόντων που βασίζονται στα παραπροϊόντα διαφόρων τροφίμων.

Ειδικότερα, Η εταιρεία "[Upcycled Food](#)" δημιουργεί προϊόντα από υπολείμματα τροφών που συνήθως θα κατέληγαν στα απόβλητα. Ένα παράδειγμα είναι τα αλεύρια από παραπροϊόντα μύρας, τα οποία παράγονται από τα υπολείμματα κριθαριού κατά τη διαδικασία ζύμωσης, και τα οποία χρησιμοποιούνται και για την παραγωγή snack bars με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και φυτικές ίνες. Επίσης, η εταιρεία "[Rubies in the Rubble](#)" ειδικεύεται στην παραγωγή σαλτσών και μαρμελάδων από φρούτα και λαχανικά που δεν πληρούν τα αισθητικά πρότυπα

των καταστημάτων και θα κατέληγαν να απορριφθούν, η εταιρεία “[Barnana](#)” παράγει snacks από υπερώριμες μπανάνες, οι οποίες συνήθως απορρίπτονται λόγω ατελειών ή υπερβολικής ωρίμανσης, καθώς και η εταιρεία “[Pulp Pantry](#)” όπου και παράγει snack chips από τον πολτό που προκύπτει από την παραγωγή χυμού.



Εικόνα 8 Διάφορα προϊόντα βασισμένα σε παραπροϊόντα τροφίμων
Πηγή: ([Upcycled Food](#), [Rubies in the Rubble](#), [Barnana](#), [Pulp Pantry](#))

Η βέλτιστη τεχνική εκχύλισης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πρώτη ύλη (καλλιέργεια) και τις συνθήκες προεπεξεργασίας του δείγματος (τεχνολογία ξήρανσης, λείανση). Συγκεκριμένες παράμετροι θα πρέπει να περιλαμβάνονται σε όλες τις μελέτες που σχετίζονται με την εκχύλιση βιοδραστικών ενώσεων από παραπροϊόντα φρούτων και λαχανικών (Cano-Lamadrid κ.ά., 2023).

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην αξιοποίηση των παραπροϊόντων του ροδιού, με έμφαση στο υψηλό φαινολικό τους περιεχόμενο με σύγχρονες πράσινες τεχνικές εκχύλισης και μεθόδους απομόνωσης των προς ανάλυση συστατικών.

3. Ξήρανση με κατάψυξη (Freeze Drying)

Η υψηλή % υγρασία εμποδίζει την επαναχρησιμοποίηση των υποπροϊόντων, με φαινόμενα φθοράς που συνδέονται στενά με τη χημική τους σύνθεση. Στην περίπτωση του ροδιού, η υγρασία μπορεί να προκαλέσει ρύπανση του περιβάλλοντος και, σε συνδυασμό με τους υδατάνθρακες, πολλαπλασιασμό μικροβίων και εντόμων. Ως εκ τούτου, η ξήρανση αυτών των υποπροϊόντων καθίσταται ένα κρίσιμο βήμα για την παράταση της διάρκειας ζωής τους, ευνοώντας έτσι την επαναχρησιμοποίησή τους (Bellumori κ.ά., 2023).

Η ξήρανση αναστέλλει έντονα τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και των ενζύμων, παρατείνει τη διάρκεια ζωής των προϊόντων, διευκολύνει τη διαχείριση και τη διανομή ενός υποπροϊόντος και επιτρέπει τη λήψη πολλαπλών λειτουργικών συστατικών με προστιθέμενη αξία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των τροφίμων (Bellumori κ.ά., 2023).

Ωστόσο, η συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας και του χρόνου ξήρανσης έχει την δυνατότητα να επηρεάζει τη σταθερότητα διαφόρων κατηγοριών μορίων, όπως οι φαινολικές ενώσεις. Έχοντας υψηλές θερμοκρασίες για μεγάλο χρονικό διάστημα υπάρχει η πιθανότητα να μειωθεί η περιεκτικότητα των φαινολικών ενώσεων στη φλούδα ροδιού λόγω πολυμερισμού ή άλλων φαινομένων μετασχηματισμού, όπως αντιδράσεις οξειδωσης με την έκθεση των φρούτων στον αέρα. Αντίθετα, μια πολύ αργή διαδικασία ξήρανσης σε θερμοκρασίες που ευνοούν τη μικροβιακή ανάπτυξη και την αλλοίωση δεν συνιστάται ως κατάλληλη για τη διατήρηση του φαινολικού προφίλ που χρειάζεται να επικρατήσει στο υποπροϊόν του ροδιού (Bellumori κ.ά., 2023).

Οι μελέτες σχετικά με τα χαρακτηριστικά και την κινητική της ξήρανσης των φλοιών ροδιού περιορίζονται μέχρι στιγμής σε ορισμένες εργασίες που αφορούν την ξήρανση φλοιών ροδιού με τη χρήση ξηραντήριου σε ερμάριο, ξήρανση σε τύμπανο, ξήρανση με κατάψυξη, ξήρανση σε φούρνο και ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου.

Η φλούδα ροδιού από την παραγωγή χυμού ροδιού επιλέχθηκε για την παρούσα μελέτη όπως αναφέρεται, καθώς είναι πλούσια πηγή βιοδραστικών μορίων όπως πολυσακχαρίτες και φαινόλες διαφόρων τύπων. Για την διαδικασία της βιομηχανικής ξήρανσης απαιτούνται απλές και οικονομικά αποδοτικές διαδικασίες,

ικανές να διατηρήσουν τις βιοδραστικές ενώσεις των υποπροϊόντων που δημιουργούνται, σε κάθε στάδιο επεξεργασίας της πρώτης ύλης, αναλύοντάς τα. Για τους λόγους αυτούς, στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η λυοφιλίωση ή ξήρανση με κατάψυξη (Freeze Drying) για την ξήρανση των δειγμάτων ως η περισσότερο αποδοτική μέθοδος.

Η λυοφιλίωση είναι μια διαδικασία, κατά την διάρκεια της οποίας το νερό, με τη μορφή πάγου υπό χαμηλή πίεση, απομακρύνεται από ένα υλικό με την διαδικασία της εξάχνωσης. Αυτή η διαδικασία έχει βρει πολλές εφαρμογές για την παραγωγή τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων υψηλούς αξίας, χρησιμοποιείται ευρέως για τη σταθεροποίηση τροφίμων υψηλής ποιότητας, βιολογικών υλικών και φαρμακευτικών προϊόντων, όπως πρωτεΐνες, εμβόλια, βακτήρια και κύτταρα θηλαστικών. Κατά τη διαδικασία, οι βιολογικές, θρεπτικές και οργανοληπτικές ιδιότητες του αποξηραμένου προϊόντος διατηρούνται και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κατάψυξη του νερού στο υλικό πριν από τη λυοφιλίωση αναστέλλει τις χημικές, βιοχημικές και μικροβιολογικές διεργασίες. Επομένως, υπάρχει θετικό αντίκτυπο πως η γεύση, η οσμή και η περιεκτικότητα σε διάφορα θρεπτικά συστατικά δεν αλλάζουν καθιστώντας το τρόφιμο ανώτατο ποιοτικά. Τα ακατέργαστα υλικά διαφόρων τροφίμων περιέχουν πολύ νερό, το οποίο κυμαίνεται από 80% έως 95%. Η απομάκρυνση του νερού με εξάχνωση έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας εξαιρετικά πορώδους δομής των προϊόντων που έχουν υποστεί αποξήρανση με κατάψυξη. Το νερό στα προϊόντα μπορεί να είναι ελεύθερο νερό ή νερό δεσμευμένο στον πυρήνα με διάφορες δυνάμεις. Το ελεύθερο νερό παγώνει, αλλά το δεσμευμένο όχι, έτσι κατά τη διαδικασία ξήρανσης με κατάψυξη πρέπει να απομακρυνθεί όλο το παγωμένο νερό και ένα μέρος του δεσμευμένου νερού. Ως εκ τούτου, η λυοφιλίωση αντιλαμβάνομαστε πως είναι μια εξαιρετικά πολύπλοκη και πολυεπίπεδη διαδικασία (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Τα βασικά μέρη από τα οποία απαρτίζεται το freeze dryer είναι η ψυκτική μονάδα, αυτή η συσκευή ψύχει τα ράφια στο θάλαμο του προϊόντος για να παγώσει το προϊόν καθώς και τον συμπυκνωτή που βρίσκεται στο στεγνωτήριο ψύξης. Ο θάλαμος προϊόντος, όπου είναι ένας τεράστιος θάλαμος με ράφια ή δίσκους στους οποίους διανέμεται ή στεγνώνει το προϊόν. Η αντλία κενού, εξαλείφοντας τα μη συμπυκνώσιμα αέρια από το σύστημα, δημιουργεί την κατάσταση χαμηλής πίεσης που είναι απαραίτητη για να πραγματοποιηθεί η εξάχνωση. Τέλος ο συμπυκνωτής, ο

οποίος έχει την δυνατότητα να συλλέγει τους εξαχνωμένους ατμούς του εκάστοτε προϊόντος και να τους συμπυκνώνει ξανά σε στερεή μορφή ως πάγο (Chhabra κ.ά., 2024).

Μία ακόμα σημαντική πληροφορία για την διαδικασία και τη συσκευή της λυοφιλίωσης είναι το κόστος που θα χρειαστεί ένα προϊόν για να αποκτήσει την αποξηραμένη του μορφή, το οποίο κόστος εξαρτάται κυρίως από το χρόνο λυοφιλίωσης που θα χρειαστεί. Ως εκ τούτου, οι παράμετροι της διαδικασίας και οι άλλες συνθήκες της πορείας της συχνά ρυθμίζονται, έτσι ώστε ο χρόνος της να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Η ρύθμιση αυτών των παραμέτρων για την επιτάχυνση της διαδικασίας εγκυμονεί κινδύνους, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση των φυσικών ιδιοτήτων του προϊόντος. Έχοντας ως μέτρο σύγκρισης την παράμετρο της θερμοκρασίας, η αύξηση της στο ράφι μπορεί να οδηγήσει σε απόψυξη του προϊόντος και κατάρρευση της δομής του ή ακόμα και σε θερμική υποβάθμιση των συστατικών του τροφίμου, τα οποία είναι ευαίσθητα στην θερμότητα.

Εξίσου σημαντικός παράγοντας για την λυοφιλίωση είναι ο ρυθμός κατάψυξης του τροφίμου, η κινητική του πυρήνα πάγου και η ανάπτυξη των κρυστάλλων καθορίζουν τη φυσική κατάσταση και τη μορφολογία του εκάστοτε κατεψυγμένου προϊόντος και ως αποτέλεσμα, τις ιδιότητες του λυοφιλοποιημένου προϊόντος. Οι συνθήκες της διαδικασίας ξήρανσης με κατάψυξη θα πρέπει να επιλέγονται κατά τρόπο που να μην λιώνει το νερό. Το υγρό νερό είναι το μέσο αντίδρασης και μεταβάλλει τις ρεολογικές ιδιότητες του προϊόντος. Η παρουσία υγρού νερού κατά την ξήρανση με κατάψυξη των τροφίμων μπορεί να οδηγήσει σε πολλές αλλαγές στη σύνθεση, τη μορφολογία και τις φυσικές ιδιότητες των τροφίμων (π.χ. συρρίκνωση). Μπορεί επίσης να μειώσει την περίοδο διασφάλισης υψηλής ποιότητας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ενώ το χρώμα και οι ιδιότητες δομής-υφής είναι εξίσου κρίσιμες για την αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων από τους καταναλωτές. Ως εκ τούτου, η εξάρτηση αυτών των ιδιοτήτων των τροφίμων από τις παραμέτρους της ξήρανσης με κατάψυξη είναι εξαιρετικά σημαντική.

Κατά τη διάρκεια των τριών σταδίων της διεργασίας ξήρανσης με κατάψυξη (εξάχνωση, πρωτογενής ξήρανση και δευτερογενής ξήρανση), μπορούν να διακριθούν έξι βασικά φυσικά φαινόμενα που έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην πορεία της διεργασίας, στην ποιότητα του παραγόμενου υλικού και στο συνολικό

κόστος της διεργασίας:

1. Η μετάβαση φάσης του νερού που περιέχεται στο προϊόν σε πάγο.
2. Η μετάβαση φάσης από πάγο σε ατμό.
3. Η εκρόφιση των μορίων νερού από τις δομές των υλικών.
4. Η επίτευξη επαρκώς χαμηλής πίεσης.
5. Η εκ νέου εξάχνωση των υδρατμών που απομακρύνονται από το υλικό στην επιφάνεια του συμπυκνωτή.
6. Η απομάκρυνση στρώματος πάγου από την επιφάνεια του πυκνωτή.

Τόσο η κινητική της διεργασίας όσο και οι ιδιότητες του λαμβανόμενου προϊόντος εξαρτώνται από τις παραμέτρους στις οποίες λαμβάνουν χώρα αυτά τα φαινόμενα. Το κύριο χαρακτηριστικό της ξήρανσης με κατάψυξη, το μόνο που τη διακρίνει από την ξήρανση υπό κενό, είναι η ανάγκη διατήρησης του ελεύθερου νερού σε κατάψυξη. Αυτό είναι ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα της ξήρανσης με κατάψυξη (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Η ξήρανση με κατάψυξη είναι μια διαδικασία ανταλλαγής μάζας που απαιτεί μεταφορά θερμότητας. Η θερμότητα εξάχνωσης είναι 2.885 kJ/kg. Εάν παρέχεται πολύ λίγη θερμότητα, η διαδικασία θα είναι αργή, γεγονός που θα αυξήσει το κόστος της. Εάν η παρεχόμενη ροή θερμότητας είναι πολύ υψηλή, θα προκληθεί συσσώρευση θερμότητας στο υλικό και αύξηση της θερμοκρασίας του, με συνέπεια την πιθανότητα εμφάνισης υγρού νερού. Ως εκ τούτου, είναι εξαιρετικά σημαντικό να διατηρείται ισορροπία μεταξύ της ποσότητας της παρεχόμενης και της χρησιμοποιούμενης θερμότητας. Ένας τρόπος για να εκτιμηθεί εάν η ποσότητα της παρεχόμενης θερμότητας είναι υπερβολικά υψηλή είναι η παρακολούθηση της θερμοκρασίας του λυοφιλοποιημένου υλικού.

Η διατήρηση μιας σταθερής, χαμηλής θερμοκρασίας (ανάλογα με την πίεση στο θάλαμο) κατά τη διάρκεια της περιόδου εξάχνωσης αποδεικνύει ότι διατηρείται η ισορροπία μεταξύ της ποσότητας θερμότητας που παρέχεται και χρησιμοποιείται για την εξάχνωση. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι η διαδικασία εκτελείται με το μέγιστο δυνατό ρυθμό εξάχνωσης υπό τις δεδομένες συνθήκες. Πολύ χαμηλή τιμή της παρεχόμενης ροής θερμότητας μπορεί να περιορίσει το ρυθμό εξάχνωσης. Από την άλλη πλευρά, μια αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να υποδηλώνει ότι η εισροή θερμότητας είναι πολύ υψηλή. Μπορεί επίσης να είναι η επίδραση της πιθανής κατανάλωσης θερμότητας από την εξάχνωση λόγω αύξησης της αντίστασης

μεταφοράς θερμότητας. Επομένως, για πληρέστερο έλεγχο, θα πρέπει να παρακολουθούνται ταυτόχρονα και οι μεταβολές της περιεκτικότητας σε νερό. Η παράμετρος που καθορίζει την ποσότητα της προσφερόμενης θερμότητας είναι η αντίσταση μεταφοράς θερμότητας, ενώ η αντίσταση στην κίνηση της μάζας (υδρατμοί), τόσο εντός όσο και εκτός του υλικού, καθορίζει την ποσότητα της θερμότητας που καταναλώνεται για εξάτμιση.

Τα αποξηραμένα προϊόντα που παράγονται με λυοφιλίωση έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζουν ακανόνιστες μορφές, με ορατή πορώδη δομή, χαμηλή πυκνότητα και ελάχιστη συρρίκνωση σε αντίθεση με τα αποξηραμένα προϊόντα που παράγονται με ξήρανση με ψεκασμό. Με λυοφιλίωση, οι μικροενθλακωμένοι κόκκοι έχει ανακαλυφθεί ότι έχουν παρατεταμένη διάρκεια ζωής λόγω της υποστήριξης της πορώδους δομής για την ιδιότητα ανασύστασης. Όσον αφορά το μέγεθος των σωματιδίων, η ξήρανση με ψεκασμό έχει ως αποτέλεσμα σωματίδια που είναι λεπτότερα (μέγεθος μικρού και υπομικρού) συγκριτικά με τα αποτελέσματα που δίνει η ξήρανση με ψύξη (κυρίως μέγεθος μικρών). Η ξήρανση με ψεκασμό παράγει σωματίδια με λιγότερες έως και καθόλου ρωγμές, αλλά η ξήρανση με κατάψυξη παράγει σωματίδια με υαλώδη, θρυμματισμένη και σπογγώδη δομή, η οποία μπορεί να αποδοθεί στη διαδικασία της εξάχνωσης (Chhabra κ.ά., 2024).

Η πορεία της λυοφιλίωσης καθορίζεται από όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή και των δύο αυτών αντιστάσεων. Οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται με τις παραμέτρους της διεργασίας σε κάθε στάδιο, τον σχεδιασμό του ξηραντήρα κατάψυξης και τις ιδιότητες του λυοφιλοποιημένου υλικού. Συνεπώς, η λυοφιλίωση είναι λιγότερο επιζήμια ως διαδικασία από την ξήρανση στον αέρα και την ξήρανση με ψεκασμό, για το λόγο αυτό, η λυοφιλίωση αναγνωρίζεται ως η καλύτερη μέθοδος αφυδάτωσης τροφίμων και είναι και αυτή που επιλέχθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος (Nowak & Jakubczyk, 2020).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4. Επιστημονικά Όργανα και συσκευές

Ο ζυγός με τον οποίο έγιναν οι μετρήσεις των δειγμάτων είναι ηλεκτρονικός με ακρίβεια στο τέταρτο δεκαδικό ψηφίο του γραμμαρίου, της Chyo Balance Corporation (Japan).

Η διαδικασία της λυοφιλίωσης πραγματοποιήθηκε με χρήση της συσκευής Freeze Dryer, CryoDryer 20 (Gellert Engineering, Germany).

Η διαδικασία εκχύλισης με υπερήχους πραγματοποιήθηκε με συσκευή υπερήχων Bandelin Sonoplus HD 2070 (20 kHz) της εταιρίας BANDELIN Electronic GmbH & Co. KG (Berlin, Germany) εξοπλισμένη με αισθητήρα (probe) διαμέτρου 6 mm.

Η συσκευή φυγοκέντρισης με την οποία διεξήχθη η φυγοκέντριση των εκχυλισμάτων είναι η Centrifuge Cencom II και ανήκει στην εταιρία J.P. Selecta, S.A. (Abregera, Spain) με μέγιστη φυγοκεντρική ταχύτητα 4000 rpm και μέγιστη φυγόκεντρο δύναμη 1790 G. Διαθέτει γωνιακό στροφείο για 6 δοκιμαστικούς σωλήνες των 15 mL.

Οι φασματοφωτομετρικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο UV-Vis Spectro 23 της Labomed Incorporation (Los Angeles, USA) με ικανότητα ανάλυσης 4 δειγμάτων σε κυψελίδες πλάτους 10 mm και χωρητικότητας 4 mL. Πραγματοποιεί μετρήσεις σε μήκη κύματος από 320 έως 1100 nm.

Χρησιμοποιήθηκε επίσης υδατόλουτρο Memmert W270 της Memmert GmbH + Co. (Schwabach, Germany) με μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας στους 100°C.

4.1 Δείγματα ροδιού και παραπροϊόντων τους

Για την παρούσα μελέτη και σε συνεργασία με την εταιρεία «[Ροδάμυ](#)» χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές ποικιλίες ροδιών (Ερμιόνης και Wonderful), εκ των οποίων η μία έχει ανακηρυχτεί προϊόν Π.Ο.Π. από το 2020. Παρακάτω αναφέρονται σχετικές πληροφορίες για τις δύο ποικιλίες που μελετήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα διπλωματική (σε ίδιες συνθήκες επεξεργασίας), με μία μικρή αναφορά και στον σχετικό κανονισμό.

ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2020/1416 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 1ης Οκτωβρίου 2020 για την καταχώριση ονομασίας στο μητρώο των προστατευόμενων ονομασιών προέλευσης και των προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων [«Ρόδι Ερμιόνης» (Rodi Ermionis) (ΠΟΠ)] (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1416>).

Το «Ρόδι Ερμιόνης» - “Rodi Ermionis” Π.Ο.Π προέρχεται από φυτά ροδιάς του γένους *Punica granatum* L. της οικογενείας *Punicaceae*, της τοπικής ποικιλίας «Ερμιόνης», τα οποία καλλιεργούνται στην περιοχή της Ερμιονίδας, από όπου πήραν και την ονομασία τους. Πρόκειται για φυτά ενός τοπικού οικότυπου που με την πάροδο του χρόνου και τη φυσική επιλογή έχουν προσαρμοστεί στις τοπικές εδαφοκλιματικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές μεθόδους των παραγωγών της περιοχής. Από τα φυτά αυτά προέρχεται και το πολλαπλασιαστικό υλικό για νέες φυτεύσεις στην περιοχή. Όσον αφορά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά το σχήμα του καρπού είναι στρογγυλό με το εξωτερικό του να περιβάλλεται από τον φλοιό, ο οποίος είναι λεπτός, δερματώδης, ελαστικός και στιλπνός-γυαλιστερός, με υποκίτρινο-ροζ έως κόκκινο χρώμα. Εσωτερικά περικλείεται από σπόρους, χρώματος ροζ έως κόκκινο όπου ο κάθε σπόρος αποτελείται από έναν ασκό γεμάτο με χυμό, που περιβάλλεται από μία λεπτή μεμβράνη.

Από αισθητηριακή άποψη, ο καρπός του ροδιού διακρίνεται για τη γλυκιά του γεύση, η οποία προκύπτει από την αρμονική ισορροπία ανάμεσα στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα και την οξύτητά του. Οι σπόροι του ροδιού έχουν επίσης γλυκιά γεύση και διαθέτουν μαλακή, αφράτη υφή. Κατά την μάσηση, ο πυρήνας τους διαλύεται εύκολα, καθώς είναι ημιξυλώδης και μαλακός, κάτι που κάνει το μάσημά τους ευχάριστο. Οι σπόροι έχουν μέτριο μέγεθος, γεγονός που τους καθιστά ευκολότερους στην κατανάλωση και συμβάλλουν στη συνολική αίσθηση ευχάριστης γεύσης και υφής του συγκεκριμένου φρούτου.

Ως οριοθετημένη γεωγραφική περιοχή παραγωγής για το «Ρόδι Ερμιόνης» ορίζεται ο Δήμος Ερμιονίδας, ο οποίος ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Αργολίδας της περιφέρειας Πελοποννήσου. Ο Δήμος Ερμιονίδας βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Νομού Αργολίδας, περιλαμβάνει τις Δημοτικές Ενότητες Κρανιδίου, Ερμιόνης, Πορτοχελίου και τις Τοπικές Κοινότητες Κοιλιάδας, Διδύμων, Φούρνων, Θερμησίας και Ηλιόκαστρου. Βρέχεται από τον Αργολικό κόλπο στα δυτικά και από το Μυρτώο πέλαγος στα νότια. Το φυσικό όριο στα βόρεια του δήμου είναι το Όρος Δίδυμο με

υψόμετρο 1.121 μέτρα και το ανατολικό-βορειοανατολικό φυσικό όριο είναι τα υψώματα Αδέρεις (https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/POP_PGE/2020/prodiagrafes_rodii_ermioni.pdf).

Αντίστοιχα, η δεύτερη ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος είναι το Ρόδι Μεσσηνίας, ονομασία ποικιλίας “Wonderful”, με επιστημονική ονομασία *Punica granatum L.*, της ίδιας οικογενείας Punicaceae και είναι εξίσου από τα πιο γνωστά και ποιοτικά ρόδια της Ελλάδας. Καλλιεργούνται κυρίως σε περιοχές της νοτιοδυτικής Πελοποννήσου, με την εύφορη γη και το ευνοϊκό μεσογειακό κλίμα να συμβάλλουν σημαντικά στην εξαιρετική τους ποιότητα. Οι κυριότερες περιοχές καλλιέργειας είναι η Μεσσήνη, οι γύρω πεδιάδες και άλλα μέρη της Μεσσηνίας, όπου το έδαφος και οι κλιματικές συνθήκες δημιουργούν ιδανικό περιβάλλον για την καλλιέργεια του ροδιού.

Γενικώς, η καλλιέργεια των ροδιών ξεκινά την άνοιξη, όταν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ήπιες, με τους καρπούς να αρχίζουν να αναπτύσσονται κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες, ενώ η περίοδος συγκομιδής τους γίνεται από τον Σεπτέμβριο έως τον Νοέμβριο, ανάλογα με την ποικιλία και τις καιρικές συνθήκες. Η συγκομιδή πραγματοποιείται με προσοχή, ώστε να διατηρηθεί η ποιότητα των καρπών και να αποφευχθεί η καταστροφή τους κατά τη διάρκεια της συλλογής. Μετά τη συγκομιδή, ακολουθεί η διαλογή των ροδιών, η οποία γίνεται με το χέρι για να διασφαλιστεί ότι μόνο οι καλύτεροι καρποί θα διατεθούν στην αγορά, με τους καρπούς να επιλέγονται βάσει της ωριμότητας, του μεγέθους και της εξωτερικής τους εμφάνισης.

Από αισθητηριακή άποψη, τα ρόδια ποικιλίας Wonderful είναι γνωστά για την ισορροπημένη γεύση τους, η οποία συνδυάζει γλυκύτητα με ελαφρά οξύτητα, καθιστώντας τα ιδανικά για φρέσκια κατανάλωση, αλλά και για τη χρήση σε χυμούς και μαγειρικές παρασκευές. Η συγκεκριμένη ποικιλία είναι επίσης δημοφιλής για τη βαθιά κόκκινη απόχρωση των σπόρων της, που αποτελεί ένδειξη υψηλής περιεκτικότητας σε πολυφαινόλες και αντιοξειδωτικές ουσίες.

4.2 Ξήρανση των δειγμάτων ροδιού, μεθοδολογία και υλικά

Η διαδικασία της ξήρανσης με κατάψυξη των δειγμάτων ροδιού ξεκίνησε αρχικά με τον διαχωρισμό των καρπών από τις φλούδες καθώς και την κωδικοποίησή τους, και στις δύο ποικιλίες που μελετήθηκαν, συνέχισε η πολτοποίηση των δειγμάτων με

χρήση πολυκόπτη και η τοποθέτησή τους σε δίσκους στον καταψύκτη του εργαστηρίου μαζί με θερμοστοιχεία στο κάθε δείγμα, ώστε να καταψυχθούν στους -18°C για 24 h. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν στους δίσκους με το πάχος τους να κυμαίνεται περίπου από 0,90 έως 1,40 χιλιοστά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9, καθώς χρειάζεται γρήγορη κατάψυξη των δειγμάτων, ώστε να υπάρξει συνδυασμός μικρού χρόνου κατάψυξης και δημιουργία μεγάλων παγοκρυστάλλων για μεγαλύτερη απόδοση στην μετέπειτα ξήρανση που θα ακολουθούσε.



(α)

(β)

(γ)

Εικόνα 9 Πολτοποιημένα δείγματα ροδιού, πριν την εισαγωγή τους στην κατάψυξη
(α): καρποί Ερμιόνης, Μεσσηνίας (β): φλούδα Ερμιόνης (γ): φλούδα Μεσσηνίας.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν προηγηθεί είναι υψηλής σημασίας η κατανομή του δείγματος με κατάλληλο πάχος στο στάδιο της κατάψυξης, καθώς οι παγοκρυστάλλοι που θα δημιουργηθούν, θα εξασφαλίσουν την καλύτερη απόδοση ως προς την ποιότητα των χαρακτηριστικών των δειγμάτων που χρειάζεται ώστε να μελετηθούν (Piechnik κ.ά., 2024).

Μετά το πέρας της μίας ημέρας στην κατάψυξη, και αφού έγινε πρόψυξη του θαλάμου λυοφιλίωσης για 30 min. στους -25°C , τα δείγματα βγήκαν από την κατάψυξη και έγινε η εισαγωγή τους στα ράφια του Freeze Dryer, CryoDryer 20, για 30 min. στους -25°C και έπειτα παρέμειναν για 24 h υπό συνθήκες κενού εντός του θαλάμου.

Αφού, τα δείγματα βγήκαν από τον θάλαμο του freeze dryer έχοντας ταυτόχρονα απομακρύνει την υγρασία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 10, έγινε η περισυλλογή τους και η προσωρινή τους αποθήκευση, σε κλειστές σακούλες κατάλληλες για συντήρηση των τροφίμων, για την μετέπειτα ανάλυσή τους.



(α)

(β)

Εικόνα 10 Δείγματα ροδιού μετά την έξοδο από το freeze dryer (α) καρποί, (β) φλοιοί.

5. Εκχύλιση με υπερήχους των δειγμάτων ροδιού, μεθοδολογία και υλικά

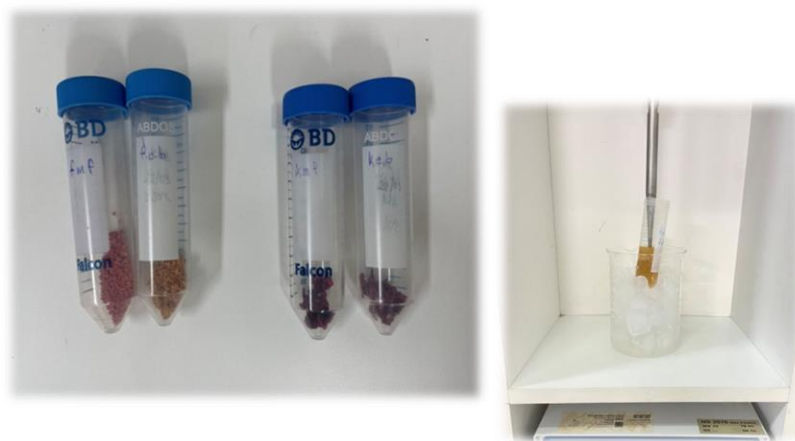
Η αιθανόλη θεωρείται ευρέως ένας από τους πιο αποτελεσματικούς διαλύτες σε διάφορες βιομηχανίες λόγω πολλών βασικών ιδιοτήτων, έχει ένα ευρύ φάσμα διαλυτότητας, διαλύοντας τόσο πολικές όσο και μη πολικές ουσίες, καθιστώντας το εύελο για διαφορετικές εκχυλίσεις και χημικές διεργασίες. Είναι ασφαλής, με χαμηλή τοξικότητα σε σύγκριση με άλλους διαλύτες, και είναι βιοαποικοδομήσιμη, γεγονός που ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές της επιπτώσεις. Το σχετικά υψηλό σημείο βρασμού του (σε σύγκριση με διαλύτες όπως η ακετόνη ή η μεθανόλη) επιτρέπει την εύκολη ανάκτηση μετά τη χρήση μέσω απόσταξης.

Επιπλέον, η αιθανόλη ευνοείται στην «πράσινη χημεία» επειδή έχει υψηλή βαθμολογία στα προφίλ περιβάλλοντος, υγείας και ασφάλειας (EHS), ταξινομούμενη ως επιλογή χαμηλού κινδύνου και φιλική προς το περιβάλλον. Σε σύγκριση με τους διαλύτες με βάση τους υδρογονάνθρακες ή το υπερκρίσιμο CO₂, η αιθανόλη είναι επίσης συχνά πιο εύκολη στον χειρισμό, απαιτεί λιγότερη ενέργεια για απόσταξη και ενέχει λιγότερους κινδύνους για την ασφάλεια που σχετίζονται με την ευφλεκτότητα ή την τοξικότητα για αυτό και επιλέγεται συχνά σε πειράματα εκχυλίσεων (Plaskova & Mlcek, 2023).

Η εκχύλιση των φαινολικών ενώσεων από τα δείγματα ροδιών και των παραπροϊόντων τους πραγματοποιήθηκε με χρήση υπερήχων Bandelin Sonoplus HD 2070 (20 kHz) (BANDELIN, Berlin, Germany). Ως διαλύτης της εκχύλισης χρησιμοποιήθηκε διάλυμα καθαρής αιθανόλης (98%), ως την αποδοτικότερη μέθοδο συνδυαστικά για την παραλαβή των φαινολικών ενώσεων που χρειάζεται να παραληφθούν τόσο από τους καρπούς των δειγμάτων, όσο και από τα παραπροϊόντα τους.

Αφού έγινε η κωδικοποίηση των δειγμάτων, τοποθετήθηκαν σε δοχεία falcon ποσότητες περίπου ενός γραμμαρίου από τους καρπούς και τις φλούδες των δειγμάτων ροδιού. Εν συνεχεία έγινε προσθήκη 25 ml του αραιωμένου διαλύτη και με χρήση θερμομέτρου καταγράφηκε η θερμοκρασία πριν την εισαγωγή των δειγμάτων στο μηχάνημα των υπερήχων, αλλά και κατά την έξοδό τους. Η εκχύλιση με υπερήχους πραγματοποιήθηκε για 25 min., με απόδοση του 80% της συνολικής ενέργειας του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε. Επίσης, να σημειωθεί πως κατά την

διαδικασία της εκχύλισης τα δείγματα βρισκόντουσαν σε παγόλουτρο, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 11, για να αποτραπεί η αύξηση της θερμοκρασίας των δειγμάτων, με στόχο να κρατηθεί όσο το δυνατόν πιο σταθερή η θερμοκρασία εισόδου και εξόδου των δειγμάτων όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.

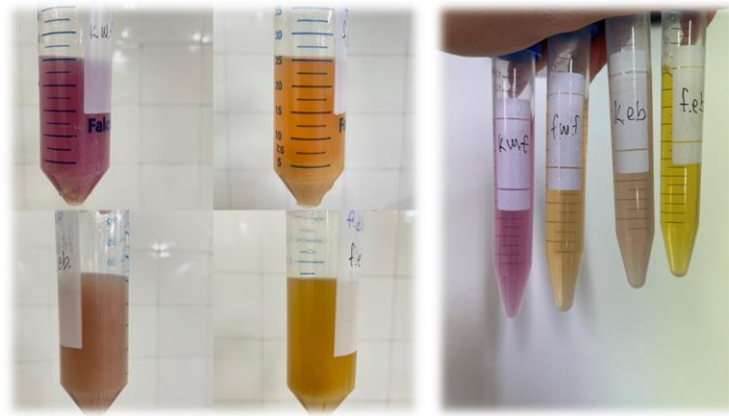


Εικόνα 11 Δείγματα ροδιού σε δοχεία falcon κατά τη διάρκεια της εκχύλισης με υπερήχους μέσα σε παγόλουτρο.

Πίνακας 3 Ποσότητες (gr) και θερμοκρασίες (T°C) των δειγμάτων ροδιού πριν και μετά την διαδικασία εκχύλισης με υπερήχους.

Information on samples	Samples (gr)	Tin (°C)	Tout (°C)
Καρπός Wonderful	KFM = 1,0112gr	21,0	30,0
Καρπός Ερμιόνης	KEB = 1,0201gr	20,0	31,0
Παραπροϊόν (φλοιός) Wonderful	FMF = 1,0137gr	19,0	31,0
Παραπροϊόν (φλοιός) Ερμιόνης	FEB = 1,0029gr	19,0	31,0

Μετά το πέρας της διαδικασίας εκχύλισης των φαινολικών από τα δείγματα ροδιού και των παραπροϊόντων τους, προκειμένου να παραληφθούν καθαρά εκχυλίσματα, ακολούθησε η φυγοκέντρησή τους στις 3.500 στροφές ανά λεπτό για 20 λεπτά (min). και έπειτα έγινε η παραλαβή των υπερκείμενων, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 12β με την μετέπειτα φύλαξη τους στους -18 °C μέχρι την επόμενη ανάλυση.



(α)

(β)

Εικόνα 12 Δείγματα ροδιού (α) μετά την εκχύλιση με υπερήχους και (β) μετά την φυγοκέντρησή τους.

6. Προσδιορισμός ολικού φαινολικού περιεχομένου (Total Phenolic Content, TPC) με την μέθοδο Folin-Ciocalteu

Για τον προσδιορισμό του φαινολικού περιεχομένου των δειγμάτων ροδιού από τους καρπούς και τις φλούδες ακολουθήθηκε την παρακάτω πειραματική πορεία. Σε πλαστικές κυψελίδες των 4,0 ml τοποθετήθηκε κατάλληλη ποσότητα δείγματος, από τα εκχυλίσματα που παρήχθησαν μετά την φυγοκέντρηση, προστέθηκαν 2.500,0 μl απεσταγμένου νερού, 200,0 μl αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (F-C), αφού αναδεύτηκαν και παρέμειναν σε συνθήκες σκότους για 8 min. συνεχίστηκε η πειραματική πορεία με την προσθήκη 500,0 μl κορεσμένου διαλύματος Na_2CO_3 και ανάδευσης εκ νέου, ώστε να εισαχθούν οι κυψελίδες, στο υδατόλουτρο σε σταθερή θερμοκρασία 40°C για 30 min. σε συνθήκες σκότους. Ακολουθήθηκε η ίδια πειραματική πορεία και για την δημιουργία ενός τυφλού διαλύματος με την διαφορά ότι δεν προστέθηκε ποσότητα από κάποιο δείγμα ροδιού.

Στην Εικόνα 13 απεικονίζεται η χαρακτηριστική η αντίδραση των φαινολικών ενώσεων με την προσθήκη του αντιδραστήριου F-C μέσω μεταφοράς ενός ηλεκτρονίου, στην οποία φαίνεται και η αλλαγή χρώματος που προκαλείται από κίτρινο χρώμα σε κυανό.



Εικόνα 13 Αντίδραση των φαινολικών ενώσεων με προσθήκη αντιδραστήριου F-C, μέσω μηχανισμού μεταφοράς ενός ηλεκτρονίου.

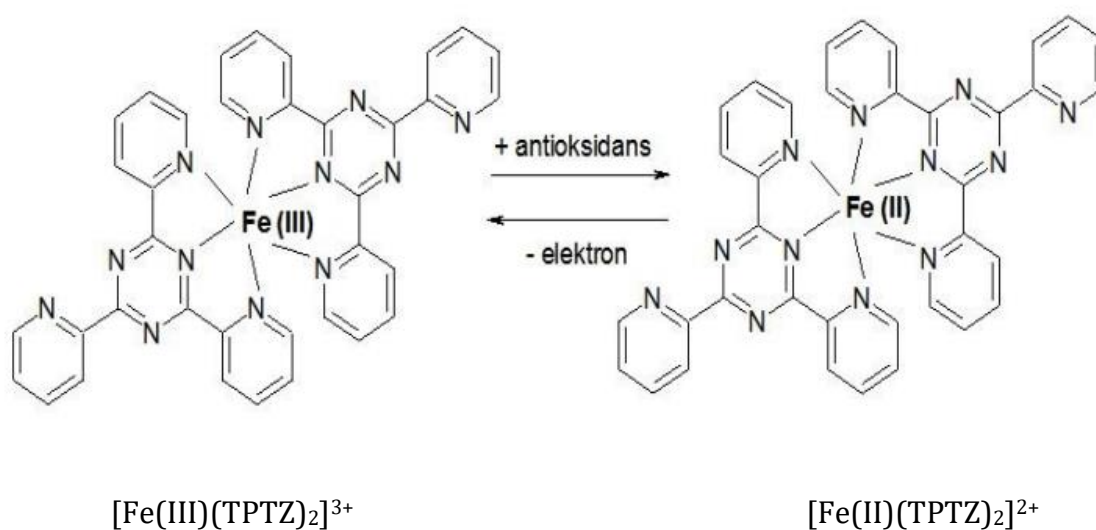
Σημαντική παρατήρηση, το αντιδραστήριο F-C αποτελείται από άλατα του μολυβδαινίου και του βολφραμίου, όπου σε αλκαλικό περιβάλλον η φαινολική ένωση οξειδώνεται και το αντιδραστήριο ανάγεται προς οξείδια που αποκτούν αυτό το χαρακτηριστικό κυανό χρώμα (χρώμα του πεντασθενούς μολυβδαινίου), του οποίου η ένταση είναι ανάλογη του φαινολικού περιεχομένου των δειγμάτων που μελετάται, για το λόγο αυτό διακρίνονται και διαφορετικές εντάσεις του κυανού χρώματος στην παραπάνω εικόνα.

Στο τελικό στάδιο, αφού τα δείγματα απέκτησαν το κυανό χρώμα, παρέμειναν εκτός υδατόλουτρο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και έπειτα μετρήθηκε η απορρόφησή τους με την χρήση φασματοφωτομέτρου ορατού-υπεριώδους (UV-vis) Spectro 23, Digital Spectrophotometer, (Labomed, Inc.) στα 750 nm (A_{750} nm) για κάθε δείγμα ροδιού που υπήρχε καθώς και του τυφλού το οποίο παρέμενε εντός του μηχανήματος καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Η πειραματική διαδικασία για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών έγινε εις τριπλούν για κάθε δείγμα ροδιού.

Η περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες κάθε δείγματος υπολογίζεται από την πρότυπη καμπύλη αναφοράς και εκφράζεται σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE, Gallic Acid Equivalents) ανά L ή g δείγματος.

7. Προσδιορισμός αναγωγικής ισχύος/αντιοξειδωτικής ικανότητας, δοκιμή FRAP (Ferric reducing/antioxidant power)

Επόμενο πείραμα που διεξήχθη, ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας των δειγμάτων ροδιού καθώς, όπως έγινε αναφορά και παραπάνω, τα ρόδια είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικές δράσεις. Η μέθοδος FRAP είναι μία γρήγορη και άμεση φασματοφωτομετρική μέθοδος η οποία και επιλέχθηκε για τον υπολογισμό της συνολικής αντιοξειδωτικής δύναμης των δειγμάτων καρπών και φλουδών των ροδιών. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται αποκλειστικά στην ικανότητα του προς εξέταση δείγματος να μεταφέρει ένα μονήρες ηλεκτρόνιο για την αναγωγή του συμπλόκου του τρισθενούς σιδήρου με 2,4,6-τρι-(2-πυριδυλ)-τριαζίνη (Fe^{+3} -TPTZ), σε δισθενή σίδηρο (Fe^{+2} - TPTZ) με έντονο μπλε χρώμα που εμφανίζει απορρόφηση στα 595 nm.



Εικόνα 14 Αντίδραση αναγωγής του σιδήρου
Πηγή: (Γιάννης_19684016 και Ζώτος_18684030.pdf, χ.χ.)

Συνεπώς η πειραματική πορεία που ακολουθήθηκε ήταν η προσθήκη ποσότητας από το κάθε δείγμα ροδιού, με αυτόματη πιπέτα ρυθμιζόμενου όγκου, σε κυψελίδες των 4,0 ml, 1.950 ml απεσταγμένου νερού, 900 ml διαλύματος FRAP και 500 ml ρυθμιστικού διαλύματος $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$. Ακολουθήθηκε η ίδια πειραματική πορεία και για την δημιουργία ενός τυφλού διαλύματος με την διαφορά

ότι δεν υπήρξε προσθήκη ποσότητας από κάποιο δείγμα ροδιού.

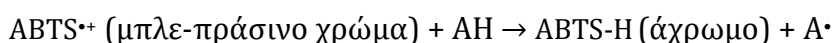
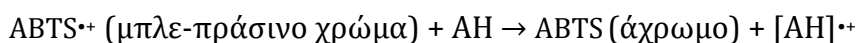
Υστερα από ανάδευση, τα δείγματα παρέμειναν στο υδατόλουτρο θερμοκρασίας 40°C για 90 min., αφού αφαιρέθηκαν, έχοντας αποκτήσει το χαρακτηριστικό μωβ χρώμα, και πλέον σε θερμοκρασία δωματίου, μετρήθηκε η απορρόφησή τους με την χρήση φασματοφωτομέτρου ορατού-υπεριώδους (UV-vis) Spectro 23, Digital Spectrophotometer, (Labomed, Inc.) στα 595 nm (A_{595} nm). Από τη σύγκριση των τιμών της A_{595} nm της πρότυπης καμπύλης αναφοράς και των δειγμάτων, ποσοτικοποιείται ο Fe^{+2} που βρίσκεται στα δείγματα. Ο Fe^{+2} είναι το αποτέλεσμα της αντίδρασης του συμπλόκου Fe^{+3} με τα αντιοξειδωτικά και επομένως η αντιοξειδωτική ισχύς των δειγμάτων ροδιών θα εκφραστούν με την ποσοτικοποίηση του Fe^{+2} , εκφράζοντας τα αποτελέσματά της σε μονάδες ισοδυνάμου τρολοξ (Trolox equivalents, TE), με την μονάδα αυτή να χρησιμοποιείται ως μέτρο αναφοράς για την αντιοξειδωτική ικανότητα, καθώς το Trolox είναι ένα σύνθετο αντιοξειδωτικό παρόμοιο με την βιταμίνη E.

Η πειραματική διαδικασία για τον προσδιορισμό της αναγωγικής ισχύος/αντιοξειδωτικής ικανότητας έγινε εις τριπλούν για κάθε δείγμα ροδιού.

8. Εκτίμηση της ικανότητας δέσμευσης/ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS^{•+}

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εκτίμηση της αντιριζικής ισχύος διαφόρων ουσιών, μεταξύ αυτών και των φαινολικών ενώσεων, βασίζεται σε μία αντίδραση αποχρωματισμού. Η μονοκατιοντική ρίζα ABTS^{•+} χρώματος μπλε-πράσινου (με μέγιστο απορρόφησης στα $\lambda = 734$ nm) σχηματίζεται άμεσα από την οξείδωση του μη ριζικού μορίου ABTS με υπερθειικό κάλιο ή νάτριο. Με την παρουσία μορίων που είναι δότες υδρογόνου, η ρίζα ABTS^{•+} μειώνεται ποσοτικά ανάλογα με τη δραστηριότητα του δότη υδρογόνου, τη συγκέντρωσή του και τη διάρκεια της αντίδρασης.

Η σάρωση της ρίζας ABTS^{•+} πραγματοποιείται είτε με τη μεταφορά υδρογόνου, είτε με τη μεταφορά ηλεκτρονίου από μία αντιριζική ένωση (AH).



Είναι μία γρήγορη, λειτουργική απλή και ακριβής μέθοδος για τη συστηματική εκτίμηση της ικανότητας σάρωσης ελεύθερων ριζών διαφόρων εκχυλισμάτων από φυτικά υλικά και τρόφιμα και εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα, για τους λόγους αυτούς επιλέχθηκε μεταξύ άλλων μεθόδων για την ανάλυση των μελετούμενων δειγμάτων ροδιών.

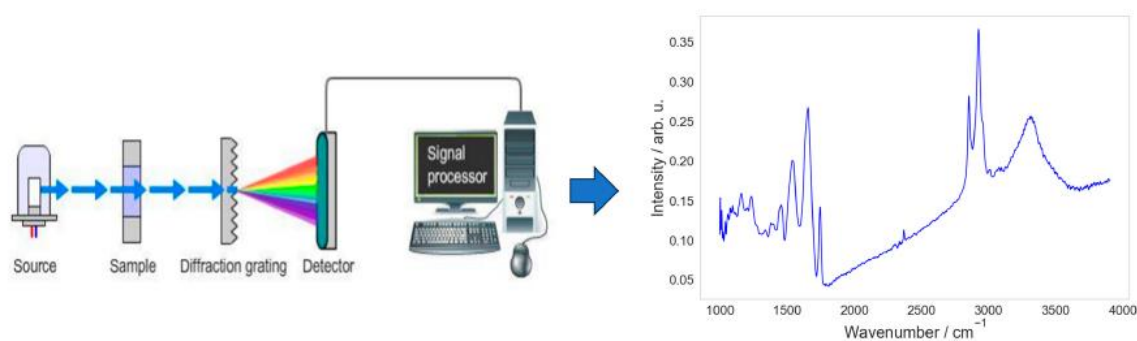
Η πειραματική πορεία που ακολουθήθηκε ήταν σε κυψελίδες των 4,0 ml να γίνει προσθήκη κατάλληλου όγκου αραιωμένων εκχυλισμάτων ροδιού και φλουδών. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 3.000,0 μl αραιωμένου διαλύματος ABTS^{•+} (με αιθανόλη) και αφού αναδεύθηκαν παρέμειναν στο σκοτάδι για περίπου 8 min. Το τυφλό διάλυμα του συγκεκριμένου πειράματος ήταν σκέτο διάλυμα ABTS με τιμή απορρόφησης κοντά στο 1,00. Αφού ρυθμίστηκε η τιμή της απορρόφησης στα λ_{734} nm με την χρήση φασματοφωτομέτρου ορατού-υπεριώδους (UV-vis) Spectro 23, Digital Spectrophotometer, (Labomed, Inc.) μετρήθηκαν οι απορροφήσεις των δειγμάτων όπου και καταγράφηκαν, με την διαδικασία αυτή να επαναλαμβάνεται εις τριπλούν για το κάθε δείγμα.

Η δοκιμή ABTS^{•+} προσδιορίζει την ικανότητα του δείγματος στο να δεσμεύει τη συγκεκριμένη ρίζα, η οποία εκφράζεται ως συγκέντρωση αυτών σε ισοδύναμα της πρότυπης ουσίας Trolox (TE, Trolox Equivalents) δηλαδή (mg TE/g), μέσω της πρότυπης καμπύλης αναφοράς.

9. Υπέρυθρη φασματοσκοπία ATR-FTIR, εντοπισμός και ανάλυση των φασματικών ζωνών απορρόφησης από τον καρπό και την φλούδα ροδιών.

Η αναλυτική τεχνική της φασματοσκοπίας ATR-FTIR βασίζεται στην απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τις μοριακές ουσίες δείγματος και την πρόκληση δονητικών διεγέρσεων των μοριακών δεσμών μέσω της μελέτης των οποίων επιτυγχάνεται η ταυτοποίησή τους. Η φασματική περιοχή της υπέρυθρης ακτινοβολίας διαιρείται σε τρεις υποπεριοχές: την εγγύς υπέρυθρη (NIR, 0,75 – 3 μm), τη μέση υπέρυθρη (MWIR, 3 – 30 μm) και την άπω υπέρυθρη περιοχή (FIR, 30 - 1000 μm). Ένα μόριο έχει την ικανότητα να απορροφήσει την υπέρυθρη ακτινοβολία μέσω τριών διαφορετικών μηχανισμών, οι οποίοι όλοι οδηγούν σε αύξηση της ενέργειας εντός του μορίου ανάλογη με την ποσότητα του φωτός που απορροφάται. Ο πρώτος μηχανισμός περιλαμβάνει μια περιστροφική μετάβαση όπου το μόριο ενεργοποιείται σε ένα υψηλότερο επίπεδο περιστροφικής ενέργειας. Ο δεύτερος μηχανισμός συμβαίνει όταν το μόριο φτάσει σε υψηλότερο επίπεδο δόνησης μετά την απορρόφηση. Ο τρίτος μηχανισμός περιλαμβάνει μια ηλεκτρονική μετάβαση, όπου ένα ηλεκτρόνιο στο μόριο μετακινείται σε μια υψηλότερη ηλεκτρονική κατάσταση. Συμβατικά, η φασματοσκοπία ATR-FTIR αναφέρεται συνήθως στον δεύτερο μηχανισμό, όπου τα δονητικά χαρακτηριστικά των μορίων ανιχνεύονται και χρησιμοποιούνται για μοριακή ταυτοποίηση (Mokari κ.ά., 2023).

Τυπικά, ένα φάσμα IR απεικονίζει την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας από το δείγμα ως προς τον κυματαριθμό. Συνήθως, η απορρόφηση απεικονίζεται σε γραφική παράσταση με κυματικούς αριθμούς (σε αντίστροφα εκατοστά) στον άξονα x (Εικόνα 15), όπου και εκφράζει τη σχέση ύλης και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.



Εικόνα 15 Λειτουργία και αποτίμηση συστήματος IR. Πηγή: (Mokari κ.ά., 2023)

Μετά την αλληλεπίδραση με το υλικό, το υπέρυθρο φως χωρίζεται στα ξεχωριστά στοιχεία συχνότητάς του μέσω ενός μονοχρωμάτορα και ενός ανιχνευτής συστοιχίας φωτοδιόδων, ο οποίος χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει ποιες συχνότητες εκπέμπει το κάθε δείγμα προς ανάλυση.

Η φασματοσκοπία IR, η οποία και επιλέχθηκε για την ανάλυση των απορροφήσεων των δειγμάτων ροδιού (καρπού και φλούδας), έχει αποδειχθεί ότι είναι μια ευέλικτη τεχνική λόγω των ιδιοτήτων της, μη επεμβατική, μη καταστροφική και της ευαισθησίας της στις μοριακές αλλαγές. Για τον προσδιορισμό των ενώσεων των δειγμάτων ροδιού και την μετέπειτα ανάλυση των φασμάτων IR, χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο ορατού απλής δέσμης ψηφιακό (Spectro 23, Digital Spectrophotometer, Labomed, Inc., USA) και η πειραματική διαδικασία ήταν απλή, καθώς πάρθηκε μικρή ποσότητα δειγμάτων ροδιού φλούδας και καρπού μετά την εξαγωγή τους από το freeze dryer όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10, τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο φασματοφωτόμετρο καταγράφοντας διπλές μετρήσεις για το κάθε δείγμα. Αφού έγινε η αποτίμηση των φασμάτων IR πραγματοποιήθηκε και η αποτίμηση των δονήσεων που βρέθηκαν, οι οποίες και αναγράφονται στον παρακάτω Πίνακα 3.

Πίνακας 4 Εντάσεις κορυφών φασμάτων IR (cm⁻¹).

Εντάσεις κορυφών (cm ⁻¹)	FEB Correct Intensity	KEB Correct Intensity	FMF Correct Intensity	KMF Correct Intensity
3670	0,003			
3300	0,049	0,0245	0,0235	0,039
2931-2927	0,1245	0,149	0,119	0,1475
1734-1720	0,182	0,0325	0,2695	0,092
1635-1608	0,1525	0,074	0,1585	0,0455
1512	0,0075	0	0,0115	0
1440-1410	0,0645	0,045	0,059	0,048
1346-1328	0,1215	0,03	0,108	0,0345
1240-1222	0,088	0,0585	0,091	0,062
1145	0,015	0,022	0,0045	0,019
1022	0,4775	0,547	0,445	0,502
920	0,0085	0,014	0	0,014
873-866	0,031	0,0275	0,0315	0,026
817	0,0315	0,05	0,027	0,049
778-770	0,051	0,057	0,0295	0,0585
696	0	0,0045	0	0,0055
624-621	0,013	0,0065	0,0095	0,008
590-580	0,007	0,008	0,007	0,0105
523-518	0,013	0,016	0,0115	0,015

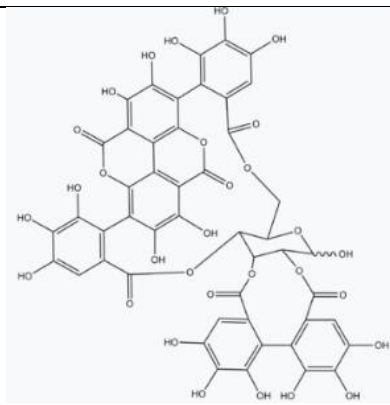
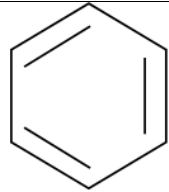
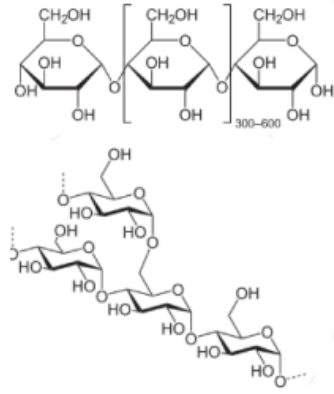
Οι ζώνες των φασμάτων IR των δειγμάτων καρπού και φλούδας ροδιού και από τις δύο ποικιλίες (Πίνακας 4) ελήφθησαν σε φασματική περιοχή 3670–515 cm⁻¹. Όλα τα φάσματα παρουσίασαν ζώνες απορρόφησης που συνήθως σχετίζονται με την παρουσία πολυσακχαριτών (αμύλου), υδατανθράκων, νερού, οργανικών οξέων και φαινολικών ουσιών. Συγκεκριμένα, η ζώνη απορρόφησης στα 3670 cm⁻¹ οφείλεται στη δόνηση τάσης (ν) O-H, η οποία είναι χαρακτηριστική των φαινολικών ενώσεων και χαρακτηριστική της ένωσης punicalagin. Συνεχίζοντας, η ζώνη απορρόφησης στα 3300 cm⁻¹ είναι χαρακτηριστική της δόνησης τάσης των ομάδων υδροξυλίου (O-H) που υπάρχουν σε νερό, υδατάνθρακες, οργανικά οξέα και φαινόλες, ενώ στο εύρος απορρόφησης 2931-2927 cm⁻¹ υπάρχει ασύμμετρη δόνηση τάσης των δεσμών C-H σε ομάδες CH₂ και CH₃ (μεθυλενίου και μεθυλίου) υδατανθράκων, καρβοξυλικών οξέων ή ελεύθερων αμινοξέων. Διακρίνεται η ζώνη απορρόφησης 1734-1720 cm⁻¹, η οποία χαρακτηρίζει τη δόνηση τάσης του καρβονυλίου (C=O) οργανικών οξέων και εστέρων, ενώ στην ζώνη 1635-1608 cm⁻¹ υπάρχει η δόνηση κάμψης (δ), λόγω των

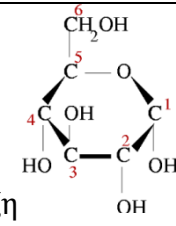
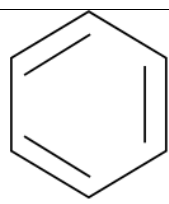
κινήσεων παραμόρφωσης της ομάδας του υδροξυλίου (O-H) που υπάρχει σε νερό, υδατάνθρακες, οργανικά οξέα και φαινόλες.

Στην ζώνη απορρόφησης στα 1512 cm^{-1} διακρίνεται η δόνηση τάσης δεσμού C=C-C χαρακτηριστικό του αρωματικού δακτυλίου, ενώ στην ζώνη $1440\text{-}1410\text{ cm}^{-1}$ υπάρχει συνδυασμός της δόνησης τάσης του δεσμού -C-H με τη δόνηση κάμψης O-H. Επίσης, η ζώνη απορρόφησης $1346\text{-}1328\text{ cm}^{-1}$ αναφέρεται στην δόνηση κάμψης του δεσμού O-H της ομάδας C-OH. Η επόμενη ζώνη απορρόφησης στα $1240\text{-}1222\text{ cm}^{-1}$ αναφέρεται στην δόνηση τάσης C-O υδατανθράκων και φαινολών, ενώ στα 1145 cm^{-1} υπάρχουν οι δονήσεις παραμόρφωσης του C-H των υδατανθράκων και τις δονήσεις C-O, C-O-H που αντιπροσωπεύουν τη δόνηση τάσης του αιθερικού δεσμού (C-O) των υδατανθράκων. Συνεχίζοντας, η ζώνη απορρόφησης $1022\text{-}1028\text{ cm}^{-1}$ σχετίζεται με την ασύμμετρη δόνηση τάσης του δακτυλίου πυροζάνης της γλυκόζης. Η απορρόφηση στα 920 cm^{-1} χαρακτηρίζει την παρουσία β-ανωμερών υδατανθράκων και η απορρόφηση στα $873\text{-}866\text{ cm}^{-1}$ και 817 cm^{-1} τις α-ανωμερείς δομές. Η απορρόφηση στα $778\text{-}770\text{ cm}^{-1}$ αντιστοιχεί στις δονήσεις κάμψης εκτός επιπέδου του C-H που αντιστοιχούν στους ορθο-υποκατεστημένους αρωματικούς δακτυλίους. Στις ζώνες $624\text{-}621\text{ cm}^{-1}$ διακρίθηκε η δόνηση κάμψης C-H αλκινίου, ενώ στη ζώνη απορρόφησης $523\text{-}518\text{ cm}^{-1}$ η δόνηση κάμψης β(C-C-C), β(C-O-C) σε γλυκοσιδική σύνδεση.

Συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5, αναγράφονται οι ζώνες απορρόφησης, με τους μοριακούς δεσμούς, καθώς και τα είδη των δονήσεων που αντιπροσωπεύουν.

Πίνακας 5 Ζώνες απορρόφησης χαρακτηριστικών ομάδων και μοριακών δεσμών

Κυματαριθμός (cm ⁻¹)	Μοριακός δεσμός	Ουσίες που εμφανίζονται	Είδος δόνησης
3670	O-H	 <p>Ένωση πουνικαλαγίνης (Pn)</p>	Δόνηση τάσης (ν)
3300	-OH	Νερό, υδατάνθρακες, οργανικά οξέα, φαινολικά	Δόνηση τάσης (ν)
2931-2927	C-H	Καρβοξυλικά οξέα, ελεύθερα αμινοξέα, ομάδες CH ₂ , CH ₃	Ασύμμετρη δόνηση τάσης (ν)
1734-1720	C=O	Οργανικά οξέα, εστέρες	Δόνηση τάσης (ν)
1635-1608	O-H	Νερό, υδατάνθρακες, οργανικά οξέα, φαινολικά	Δόνηση κάμψης (δ)
1512	C=C-C	 <p>Αρωματικός δακτύλιος</p>	Δόνηση τάσης (ν)
1440-1410	-C-H		Δόνηση τάσης (ν)
	O-H		Δόνηση κάμψης (δ)
1346-1328	-O-H	Ομάδα C-OH	Δόνηση κάμψης (δ)

1240-1222	C-O	Υδατάνθρακες, φαινολικά	Δόνηση τάσης (ν)
1145	C-H	Υδατάνθρακες	Δόνηση τάσης (ν)
1022	C-O-C	 Γλυκόζη	Ασύμμετρη δόνηση τάσης (ν)
920		β -ανωμερή υδατάνθρακες	Δόνηση κάμψης (δ)
873-866	C-O-C, C-O-H	α -ανωμερή υδατάνθρακες	Δόνηση τάσης (ν)
817	C-O-C, C-O-H	α -ανωμερή υδατάνθρακες	Δόνηση τάσης (ν)
778-770	C-H	Ορθο-υποκατεστημένους αρωματικοί δακτύλιοι	Δόνηση κάμψης (δ) εκτός επιπέδου
696	C-H	 Φλαβονοειδή (περιέχουν αρωματικό δακτύλιο)	Δόνηση τάσης (ν)
624-621	C-H	Αλκίνιο	Δόνηση κάμψης (δ)
590-580	C-C C-C	Φλαβονοειδή	Δόνηση κάμψης (δ)
523-518	C-C-C, C-O-C	Γλυκοζιτικός δεσμός αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης	Δόνηση κάμψης (δ)

Η σύγκριση των φασμάτων ροδιού, καρπού και φλούδας, επιτρέπει την κατανόηση των διαφορών στη χημική σύνθεση αυτών των δύο τμημάτων και αναδεικνύει τη μοναδική συμβολή της φλούδας, η οποία περιέχει ενώσεις που δεν ανιχνεύονται στον καρπό. Ο εντοπισμός αυτών των διαφορετικών ζωνών απορρόφησης αναδεικνύει τη σημασία του φλοιού του ροδιού ως παραπροϊόν. Σε σύγκριση με τον καρπό ο φλοιός του ροδιού παρουσιάζει συγκεκριμένες ζώνες απορρόφησης που είτε απουσιάζουν, είτε διαφέρουν σε ένταση από εκείνες που υπάρχουν στον καρπό.

Συγκεκριμένα, στην ζώνη απορρόφησης 3670 cm^{-1} διακρίνεται η χαρακτηριστική ένωση της πουνικαλαγίνης (Pn) μόνο στον φλοιό της Ερμιόνης και αυτό εξηγείται στο ότι ανάλογα με την ποικιλία του ροδιού και τις γεωγραφικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες καλλιέργειας αναλόγως υπάρχει και η εμφάνισή της. Επίσης η ζώνη απορρόφησης στα 1512 cm^{-1} , χαρακτηριστική του αρωματικού δακτυλίου, φαίνεται να εμφανίζεται μόνο τους φλοιούς και των δύο ποικιλιών Ερμιόνης και “Wonderful” γεγονός που συνδέει και τα αποτελέσματα των μεθόδων FRAP και ABTS^{•+} τα οποία δείχνουν υψηλή συσχέτιση και υψηλή αντιριζική και αντιοξειδωτική δράση στους φλοιούς των ροδιών. Η απορρόφηση στα 920 cm^{-1} πιθανότατα σχετίζεται με την παρουσία γλυκοζιτικών δεσμών από πολυσακχαρίτες ή γλυκοζίτες, οι οποίοι είναι κοινά συστατικά στο ρόδι και σε περισσότερη ένταση στους καρπούς συγκριτικά με τους φλοιούς όπως φαίνεται και στις δύο ποικιλίες, φανερώνοντας την αντιοξειδωτική δράση που έχουν εξίσου και οι καρποί των ροδιών. Τέλος, επόμενη ζώνη απορρόφησης που υπάρχει μόνο στους καρπούς έναντι των φλοιών είναι η ζώνη στα 696 cm^{-1} η οποία είναι χαρακτηριστική των φλαβονοειδών και ειδικότερα υποδεικνύει την ύπαρξη αρωματικών δακτυλίων.

Προχωρώντας σε σύγκριση των δύο ποικιλιών, παρά την απόδοση ονομασίας Π.Ο.Π του ροδιού της Ερμιόνης, φαίνεται καθαρά από τις τιμές των εντάσεων απορρόφησης οι λειτουργικές ιδιότητες και των δύο ποικιλιών Ερμιόνης και Wonderful σε φαινολικά, αντιοξειδωτικές και αντιριζικές δράσεις που διαθέτουν.

Οι ζώνες όπως αυτές που σχετίζονται με την παρουσία φαινολικών ενώσεων και οργανικών οξέων, υποδεικνύουν ότι οι φλοιοί περιέχουν ισχυρή βιολογική δραστηριότητα και θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για ποικίλες εφαρμογές.

Επιπλέον, οι αλλαγές στις φασματικές ζώνες απορρόφησης παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των χημικών ενώσεων που υπάρχουν στην φλούδα του ροδιού, αναδεικνύοντας τις δυνατότητες χρήσης σε προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, όπως φυσικά αντιοξειδωτικά και αντιφλεγμονώδεις παράγοντες.

10. Έκφραση αποτελεσμάτων – Στατιστική ανάλυση

Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται όλα τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα των ροδιών από καρπούς και φλούδες στις προβλεπόμενες τιμές έκφρασης για το κάθε πείραμα που διεξήχθη.

Τα αποτελέσματα από τον πειραματικό σχεδιασμό αναλύθηκαν στατιστικά με τη χρήση του λογισμικού Minitab (Minitab Statistical Software Inc. Version 21). Όλες οι πειραματικές μετρήσεις, διεξήχθησαν εις τριπλούν για την καταγραφή των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων (Standard Deviation) τους. Τα αποτελέσματα του ολικού φαινολικού περιεχομένου, της αντιοξειδωτικής και αντιριζικής δράσης ομαδοποιήθηκαν και αναλύθηκαν με τη χρήση της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης ANOVA (One way και Tuckey test) έχοντας εφαρμόσει επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (τιμές $p\text{-value} \leq 0,05$), υποδεικνύοντας ότι μία μεταβλητή καθίσταται στατιστικά σημαντική. Η στατιστική ομαδοποίηση των τιμών που λήφθηκαν από τις μετρήσεις των φασματοφωτομετρικών μεθόδων, πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του λογισμικού Minitab (Minitab Statistical Software Inc. Version 21). Επίσης, αξιολογήθηκαν οι συσχετίσεις των μεθόδων για τον προσδιορισμό του ολικού φαινολικού περιεχομένου, της αντιοξειδωτικής και αντιριζικής δράσης, με τον συντελεστή της συσχέτισης Pearson (Perason's Correlation Coefficient) χρησιμοποιώντας το ίδιο λογισμικό Minitab (Minitab Statistical Software Inc. Version 21).

Πίνακας 6 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των πειραματικών μεθόδων (Folin-Ciocalteu, FRAP και ABTS^{•+}) και στις δύο ποικιλίες ροδιού Ερμιόνης και Wonderful

Δείγματα ροδιών	TPC mg GAE/g dry herb)	FRAP (mg Fe(II)/g dry herb)	ABTS ^{•+} (mg TE/g dry herb)
KEB*	10,9 ± 1,7 ^c *	17,6 ± 0,8 ^b *	16,5 ± 1,0 ^b *
FEB*	327,9 ± 58,0 ^a *	1.094,8 ± 138,0 ^a *	359,6 ± 51,0 ^a *
KMF*	9,2 ± 2,0 ^c *	36,8 ± 7,5 ^b *	18,3 ± 0,3 ^b *
FMF*	95,9 ± 3,0 ^b *	999,8 ± 118,8 ^a *	338,6 ± 5,4 ^a *

* KEB: καρπός Ερμιόνης, FEB: παραπροϊόν Ερμιόνης, KMF: καρπός Wonderful, FMF: παραπροϊόν Wonderful

*± standard deviation: Τυπική απόκλιση

* a,b,c : Στατιστικές ομάδες για τις μεθόδους TPC, FRAP, ABTS^{•+}

Δείγματα με διαφορετικό γράμμα, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (p≤0,05)

Μέσω στατιστικής ανάλυσης ANOVA για το πείραμα Folin-Ciocalteu προκύπτει πως οι φαινολικές ουσίες που βρίσκονται στους καρπούς των δύο δειγμάτων, καρπός Ερμιόνης και Wonderful αντίστοιχα, δεν διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ή για p-value ≤ 0,05. Αντιθέτως, τα παραπροϊόντα απέδειξαν ότι διαφέρουν στατιστικά από τους καρπούς, έχοντας υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο, αλλά και μεταξύ τους οι φλούδες της ποικιλίας Ερμιόνης έδειξαν να έχουν υψηλότερο περιεχόμενο σε φαινολικές ουσίες (327,9 mg GAE/g dry herb), έναντι της Wonderful (95,9 mg GAE/g dry herb).

Όσο αφορά τα πειράματα FRAP και ABTS^{•+}, ξανά μέσω της στατιστικής ανάλυσης ANOVA, προέκυψε πως η αντιοξειδωτική ισχύς και αντίστοιχα η δράση των δειγμάτων ροδιού απέναντι στη ρίζα ABTS^{•+} μεταξύ των δύο καρπών Ερμιόνης και Wonderful, δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ή για p-value ≤ 0,05. Επίσης, το ίδιο ισχύει και για τα παραπροϊόντα των δύο ποικιλιών, καθώς δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης (95% ή για p-value ≤ 0,05). Ωστόσο, από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι καρποί των δύο ποικιλιών ροδιού διαφέρουν στατιστικά από τα παραπροϊόντα

και των δύο ποικιλιών ροδιού Ερμιόνης και Wonderful, με τα τελευταία να έχουν υψηλότερες δραστικότητες έναντι των καρπών.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα των πειραμάτων επιβεβαίωσαν τις επιστημονικές έρευνες που θέλουν τα παραπροϊόντα των ροδιών να είναι πλούσια πηγή φαινολικών ενώσεων με αντιοξειδωτικές ικανότητες και με πολλά ακόμη πολύτιμα οφέλη για τον ανθρώπινο οργανισμό.

10.1 Συσχέτιση Φασματοφωτομετρικών Μεθόδων με τον Δείκτη Pearson's Correlation

Ο Στατιστικός Δείκτης Pearson's Correlation Coefficient (PCC) αποτελεί έναν δείκτη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο διαφορετικών συνόλων δεδομένων. Είναι η αναλογία μεταξύ της συν-διακύμανσης δύο μεταβλητών και του προϊόντος των τυπικών αποκλίσεών τους. Έτσι, είναι ουσιαστικά μια κανονικοποιημένη μέτρηση της συνδιακύμανσης, έτσι ώστε το αποτέλεσμα να λαμβάνει πάντα μια τιμή από -1 ως +1 (αρνητική ή θετική συσχέτιση).

Θετική συσχέτιση: σε υψηλές τιμές του ενός μεγέθους αντιστοιχούν υψηλές τιμές του άλλου. Αρνητική: σε υψηλές τιμές του ενός μεγέθους αντιστοιχούν χαμηλές τιμές του άλλου. Όσο ο συντελεστής συσχέτισης r του Pearson πλησιάζει την τιμή +1 τόσο θετική ισχυρότερη είναι η συσχέτιση, όσο πλησιάζει την τιμή -1 τόσο αρνητική ισχυρότερα είναι η συσχέτιση, ενώ όσο πιο κοντά είναι στο 0 τόσο πιο αδύναμη είναι η γραμμική συσχέτιση δηλώνοντας ότι τα δύο σύνολα δεν συσχετίζονται στατιστικά. Στον παρακάτω Πίνακα 7, παρατίθενται οι τιμές του δείκτη Pearson κατά συσχέτιση των φασματοφωτομετρικών μεθόδων που πραγματοποιήθηκαν Folin-Ciocalteu, FRAP και ABTS^{•+}.

Πίνακας 7 Συσχέτιση δείκτη Pearson με τις μεθόδους F-C, FRAP και ABTS^{•+}.

Μέθοδος	F-C	FRAP	ABTS^{•+}
F-C	-	0,774	0,806
FRAP	0,774	-	0,970
ABTS^{•+}	0,806	0,970	-

Για τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων του δείκτη Pearson με των φασματοφωτομετρικών μεθόδων, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Minitab και μελετήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson όπου και εμφανίζει πολύ καλές συσχετίσεις μεταξύ των δειγμάτων καρπού και φλοιού των δύο ποικιλιών Ερμιόνης και Wonderful. Όπως φαίνεται και από τον δείκτη με τιμή 0,970 η καλύτερη συσχέτιση είναι μεταξύ της μεθόδου FRAP και ικανότητας δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας ABTS μεταξύ του ξηρού δείγματος καρπού και του παραπροϊόντος ροδιού, αποδεικνύοντας ότι η αντιριζική και αντιοξειδωτική δράση καθορίζονται από τις ίδιες ενώσεις, ιδίως στη συγκεκριμένη περίπτωση που συγκρίνονται οι δύο ποικιλίες ροδιού Ερμιόνης και Wonderful.

Στη συσχέτιση F-C και ABTS^{•+}, ο δείκτης Pearson λαμβάνει τιμή 0,806, τιμή η οποία δηλώνει επίσης μία πολύ καλή θετικά γραμμική συσχέτιση μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων κατά την μέτρηση του TPC και της ικανότητας δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας δειγμάτων ξηρού δείγματος καρπού και των παραπροϊόντων.

Τέλος, για την συσχέτιση των F-C και FRAP, ο δείκτης Pearson λαμβάνει τιμή 0,774 το οποίο δηλώνει εξίσου μία πολύ καλή θετικά γραμμική συσχέτιση μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων κατά την μέτρηση του TPC και της αναγωγικής ισχύος δειγμάτων ξηρού καρπού και των παραπροϊόντων αντίστοιχα. Ως συμπέρασμα, το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο, η αναγωγική ισχύς και η αντιριζική ιδιότητά των δειγμάτων συσχετίζονται μεταξύ τους πολύ καλά έχοντας ευθέως ανάλογη σχέση. Αυτό σημαίνει πως η όποια αντιοξειδωτική και αντιριζική δράση, ενδεχομένως οφείλεται στο συνολικό φαινολικό περιεχόμενο των δειγμάτων ροδιού.

11. Έρευνα καταναλωτών με χρήση ερωτηματολογίου

11.1 Μέθοδος & Υλικά

Ο κύριος στόχος της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογηθεί η σχέση μεταξύ της προθυμίας δοκιμής τροφίμων που προέρχονται από παραπροϊόντα τροφίμων και των προτιμήσεων των καταναλωτών για τέτοιου είδους τρόφιμα αλλά ταυτόχρονα και τις γνώσεις που διαθέτουν οι καταναλωτές γύρω από αυτό το θέμα.

Μεταξύ των μεγαλύτερων προκλήσεων που αντιμετωπίζει σήμερα ο κόσμος είναι το πώς θα διασφαλιστεί ότι ο αυξανόμενος παγκόσμιος πληθυσμός θα έχει πρόσβαση σε αρκετά υγιεινά τρόφιμα και πως θα μειωθεί η απώλεια και η σπατάλη τροφίμων. Η επανεξέταση του συστήματος τροφίμων και η εφαρμογή συστημάτων κυκλικής διαχείρισης των πόρων θα συμβάλει στον μετριασμό των επιπτώσεων της παραγωγής τροφίμων στο περιβάλλον και στην περιορισμένη διαθεσιμότητα των πόρων.

Από την στιγμή που τα πειραματικά αποτελέσματα, σχετικά με τις ευεργετικές ιδιότητες που έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν τα παραπροϊόντα ροδιού (φαινολικές ενώσεις, αντιοξειδωτικές δράσεις κλπ) ήταν ευνοϊκά, η απόρριψη τους οφείλει να αποφεύγεται. Πολλές μελέτες φανέρωσαν παραπάνω τις τεράστιες ετήσιες ποσότητες παραπροϊόντων που πετάγονται από τις βιομηχανίες τροφίμων. Εφόσον η κύρια πηγή που μελετάται, τα παραπροϊόντα ροδιού, μπορούν να διαθέσουν στην αγορά τροφίμων ένα προϊόν το οποίο ωφελεί τον ανθρώπινο οργανισμό και συμβάλλει παράλληλα με αυτό τον τρόπο και στην βιωσιμότητα του πλανήτη, το ερώτημα που απομένει είναι: «Θα ήταν πρόθυμοι οι καταναλωτές να προβούν σε δοκιμή και αγορά τροφίμων που περιέχουν ή είναι εξ' ολοκλήρου κατασκευασμένο από παραπροϊόντα τροφίμων;»

Από την ανάγκη να γνωστοποιηθούν οι απόψεις και οι επιλογές των καταναλωτών και ειδικά σε καινοτόμα θέματα, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, που είχε ως αρχικό στόχο τη διερεύνηση των γνώσεων, των επιλογών αλλά και των προτιμήσεων των καταναλωτών, σε σχέση με την αποδοχή τους σε παραπροϊόντα τροφίμων και ειδικότερα στα παραπροϊόντα του ροδιού. Η συμμετοχή τους συνέβαλλε στην έρευνα της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχετικά με την αντίληψη των καταναλωτών ως προς την πιθανή αξιοποίηση των παραπροϊόντων

ροδιού στην αγορά των τροφίμων, με βαθύτερο αντίκτυπο τη μείωση της σπατάλης των τροφίμων.

Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε στην ηλεκτρονική πλατφόρμα google forms και δόθηκε προς συμπλήρωση σε ομάδες ανθρώπων διαφορετικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων (φύλλο, ηλικία, μορφωτικό υπόβαθρο κ.ά), στοχεύοντας στην καταγραφή και κατανόηση των απόψεων των ανθρώπων-καταναλωτών σχετικά με τα παραπροϊόντα και τις αγοραστικές τους επιλογές. Η έρευνα αυτή βοήθησε στην μελέτη της αποδοχής ή μη των παραπροϊόντων όταν αυτά συμπεριλαμβάνονται σε προϊόντα τροφίμων, εντοπίζοντας τους παράγοντες οι οποίοι συνέβαλαν στην διαμόρφωση των απαντήσεων που δόθηκαν.

Επιπλέον, για την καλύτερη κατανόηση των αντιδράσεων των καταναλωτών στα χαρακτηριστικά των τροφίμων, η ανάλυση του ερωτηματολογίου βασίστηκε στον παράγοντα της ηλικιακή ομάδα, καθώς πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι οι μεγαλύτερες και οι νεότερες γενιές μπορεί να διαφέρουν στις προτιμήσεις των τροφίμων και συνεπώς στις απαντήσεις που δίνονται.

Για τη συσχέτιση μεταξύ της προθυμίας των ερωτηθέντων να δοκιμάσουν τρόφιμα που προέρχονται ή εμπεριέχουν παραπροϊόντα τροφίμων και της γνώσης για το τι πραγματικά είναι και πως χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες των τροφίμων αλλά και το τι επιπτώσεις υπάρχουν από τη μη χρήση τους, πραγματοποιήθηκε έρευνα σε δείγμα 186 Ελλήνων καταναλωτών. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω διαδικτυακής έρευνας που διεξήχθη στην Ελλάδα σε διάστημα δύο μηνών κατά προσέγγιση. Οι συμμετέχοντες προσεγγίστηκαν μέσω διαφόρων δικτύων κοινωνικής δικτύωσης, τα οποία γίνονται όλο και πιο δημοφιλή μέσα προσέγγισης των συμμετεχόντων σε έρευνες κοινωνικών επιστημών τόσο για λόγους ευκολίας όσο και για λόγους συμπερίληψης. Στην πραγματικότητα, η χρήση του διαδικτύου καθιστά όσο το δυνατόν πιο βολική τη συμμετοχή των υποψηφίων σε έρευνες και επιτρέπει την προσέγγιση μεγάλου αριθμού συμμετεχόντων από όλο τον κόσμο.

Συγκεκριμένα, το ερωτηματολόγιο αναρτήθηκε στις σελίδες LinkedIn, Instagram και Facebook. Καθώς η δειγματοληψία στις ερευνητικές μελέτες μέσω του διαδικτύου δεν είναι τυχαία και θα μπορούσε να δημιουργήσει μεροληψία επιλογής, για την ελαχιστοποίηση αυτού του πιθανού προβλήματος, το ερωτηματολόγιο αναρτήθηκε και σε σχετικές σελίδες και διαδικτυακές ομάδες με γενικό κοινό-στόχο

ανθρώπους που σχετίζονται με τον κλάδο των τροφίμων (δουλεύουν, σπουδάζουν, απόφοιτοι, ερευνητές κλπ).

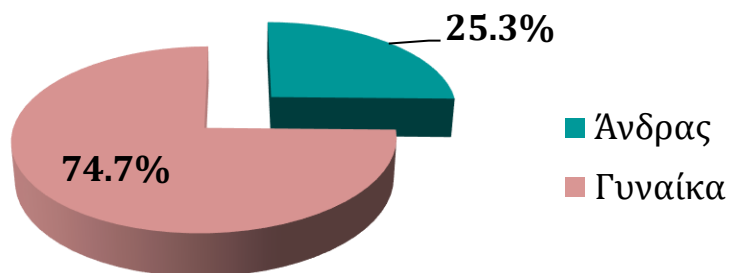
Πριν απαντήσουν στις ερωτήσεις, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν εν συντομία για το ερευνητικό έργο που αποτέλεσε το κίνητρο για την έρευνα. Η συμμετοχή πραγματοποιήθηκε σε ανώνυμη μορφή, με ενημερωμένη συγκατάθεση και τα δεδομένα ανακτήθηκαν, αποθηκεύτηκαν και υποβλήθηκαν σε επεξεργασία σύμφωνα με τον [Ευρωπαϊκό Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων](#).

Στους ερωτηθέντες δόθηκε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο τεσσάρων ενοτήτων. Η πρώτη ενότητα συνέλεξε τα δημογραφικά στοιχεία, η δεύτερη ενότητα αξιολόγησε την επιλογή των ερωτηθέντων απέναντι στην κατανάλωση φρούτων σε σχέση παράλληλα με τα οικονομικά στοιχεία που επικρατούν στην χώρα. Η τρίτη ενότητα διερεύνησε τις γνώσεις των ερωτηθέντων σε γενικά περιβαλλοντικά θέματα αλλά και ειδικά περί των αποβλήτων και των παραπροϊόντων των βιομηχανιών τροφίμων. Η τέταρτη ενότητα εστίασε την προθυμία των ερωτηθέντων να δοκιμάσουν τρόφιμα που προέρχονται από παραπροϊόντα τροφίμων με τελικό σενάριο εάν θα προέβαιναν σε δοκιμή ενός συγκεκριμένου τροφίμου που σχεδιάστηκε πειραματικά (επιδόρπιο γιαουρτιού συνοδευόμενο από πούλπα ροδιού, η οποία έχει προέλθει από τον φλοιό του ίδιου του φρούτου, δηλαδή το παραπροϊόν του). Η επαγγελματική ενασχόληση της συγγραφέα με τον κλάδο των τροφίμων και ειδικότερα με τα γαλακτοκομικά προϊόντα ήταν ο λόγος για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου τροφίμου.

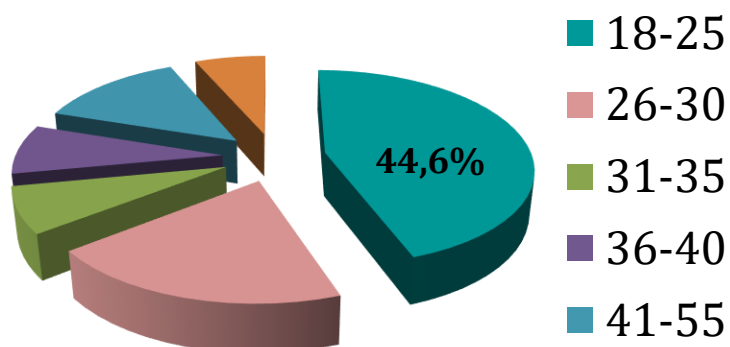
10.2 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου

Όπως απεικονίζεται στα Διαγράμματα 1,2, η έρευνα διεξήχθη από 186 ερωτηθέντες, εκ των οποίων το 74,7% ήταν γυναίκες και το 25,3% άνδρες ηλικίας μεταξύ 18 και 55+ ετών, με το μεγαλύτερο ποσοστό 44,6% να είναι ηλικίας μεταξύ 18-25 ετών.

Διάγραμμα 1 Κατανομή φύλλου των ερωτηθέντων



Διάγραμμα 2 Κατανομή ηλικίας των ερωτηθέντων



Οι ηλικίες καθώς και το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων αναλύονται εκτενέστερα στον Πίνακα 6.

Πίνακας 8 Δημογραφικά στοιχεία ηλικίας και μορφωτικού επιπέδου

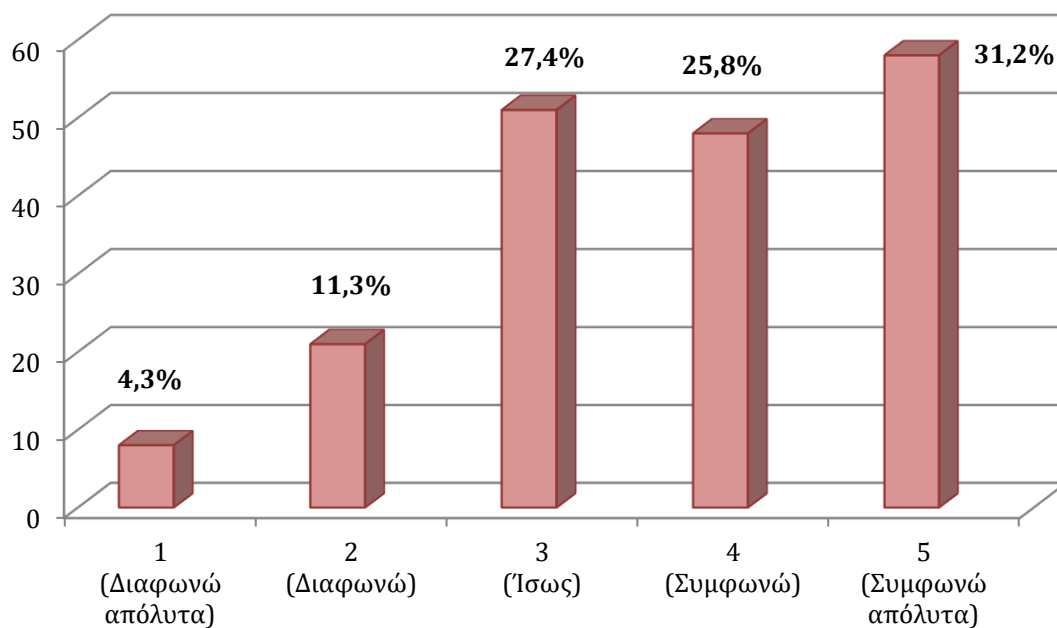
Ηλικία	18-25	26-30	31-35	36-40	41-55	55+
	44,6%	19,9%	7,5%	8,1%	13,4%	6,5%
Μορφωτικό επίπεδο	Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	Τριτοβάθμια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχιακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορικού διπλώματος	Άλλο	
	11,3%	60,8%	23,1%	3,8%	1%	

Η παρούσα έρευνα αποσκοπούσε στην απάντηση βασικών ερευνητικών ερωτημάτων: Τι προσέγγιση έχουν οι καταναλωτές σχετικά με τα παραπροϊόντα τροφίμων και ποιες μεταβλητές τους επηρεάζουν; Ποιες μεταβλητές είναι σημαντικοί παράγοντες πρόβλεψης της προθυμίας των καταναλωτών να δοκιμάσουν αλλά και να προβούν σε αγορά προϊόντων τροφίμων εμπλουτισμένα με παραπροϊόντα τροφίμων;

Ύστερα από την επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας, επιχειρήθηκε συσχέτιση των απαντήσεων που δόθηκαν σχετικά με την ηλικία, το μορφωτικό και οικονομικό υπόβαθρο του καθενός αλλά και με το φύλλο, ώστε να κατανοηθούν και να αναλυθούν οι συγκεκριμένες απαντήσεις και κατά πόσο αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τους ερωτηθέντες, αν τους επηρεάζουν, στις απόψεις τους σχετικά με τα παραπροϊόντα τροφίμων και την χρήση τους. Σε γενικότερη μορφή, το ερωτηματολόγιο επικεντρώθηκε και στις γνώσεις των καταναλωτών σχετικά με έννοιες, ορισμούς που αφορούν στα τρόφιμα και στα παραπροϊόντα τους, αλλά και ως προς τις ατομικές τους προτιμήσεις και επιλογές.

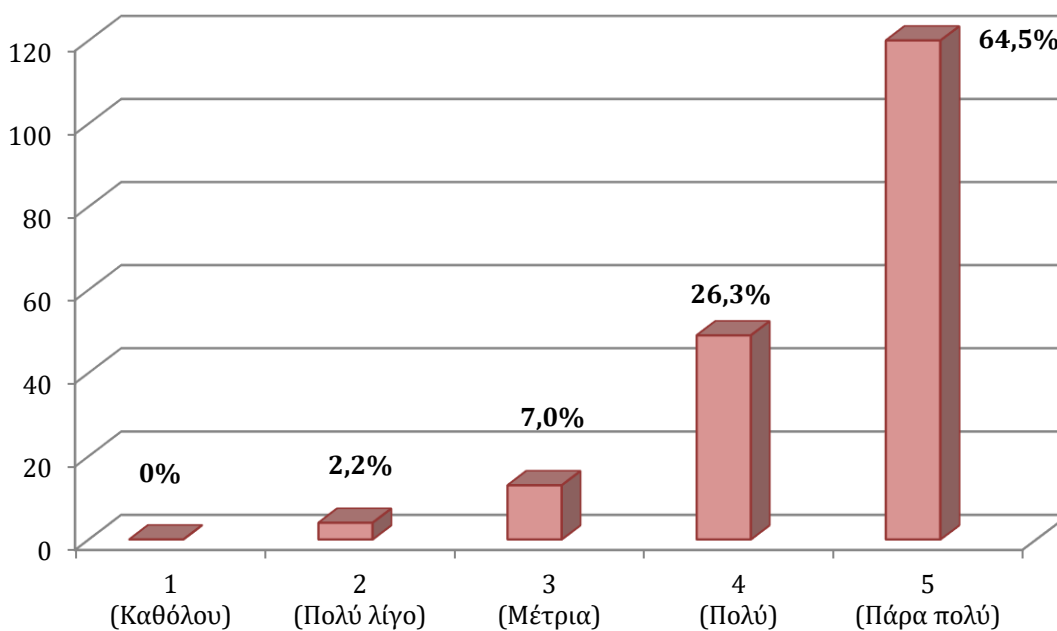
Σε πρώτο στάδιο, για να εκτιμηθεί το ποσοστό ενδιαφέροντος για το συγκεκριμένο τρόφιμο, οι χρήστες ερωτήθηκαν σχετικά με το πόσο συχνά αγοράζουν και καταναλώνουν φρούτα. Όπως αναλύεται και στο Διάγραμμα 3, πάνω από το 80% των ερωτηθέντων απάντησε πως περιλαμβάνει φρούτα στην καθημερινή του διατροφή, δίνοντας μάλιστα προσοχή στην ετικέτα των προϊόντων και θεωρώντας πως η ετικέτα σε ένα προϊόν έχει σπουδαίο ρόλο.

Διάγραμμα 3 Απόψεις καταναλωτών σχετικά με την συχνή κατανάλωση φρούτων

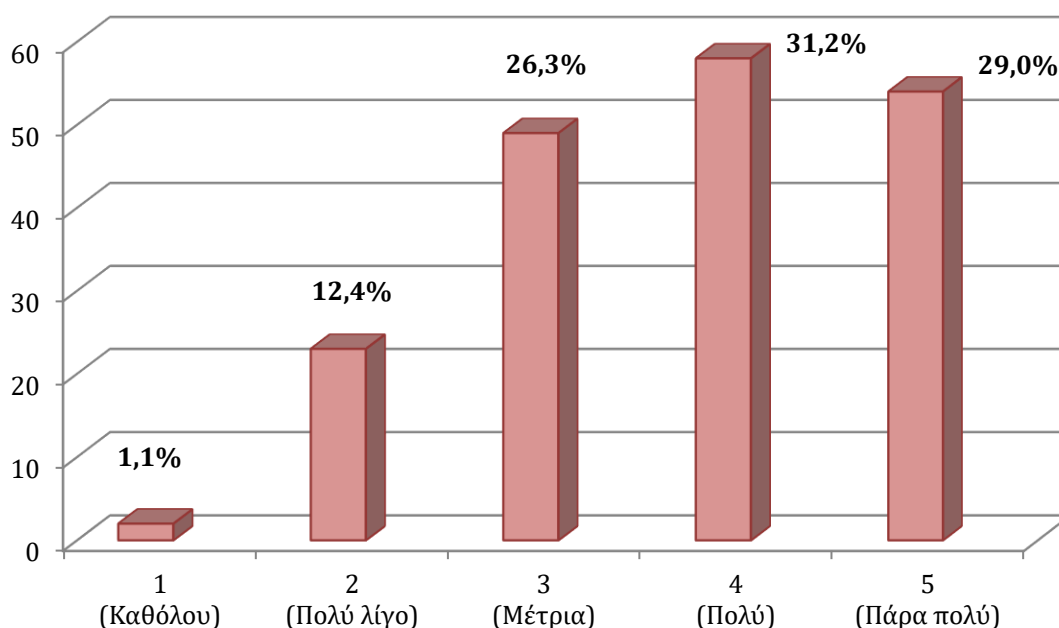


Σχετικά με την σπουδαιότητα της ετικέτας σε ένα προϊόν όπως απεικονίζεται στα Διαγράμματα 4,5, οι ερωτηθέντες βρέθηκαν σύμφωνοι στις απόψεις τους για τον ρόλο της ετικέτας σε ένα προϊόν.

Διάγραμμα 4 Κατανομή σπουδαιότητας της ετικέτας στα τρόφιμα



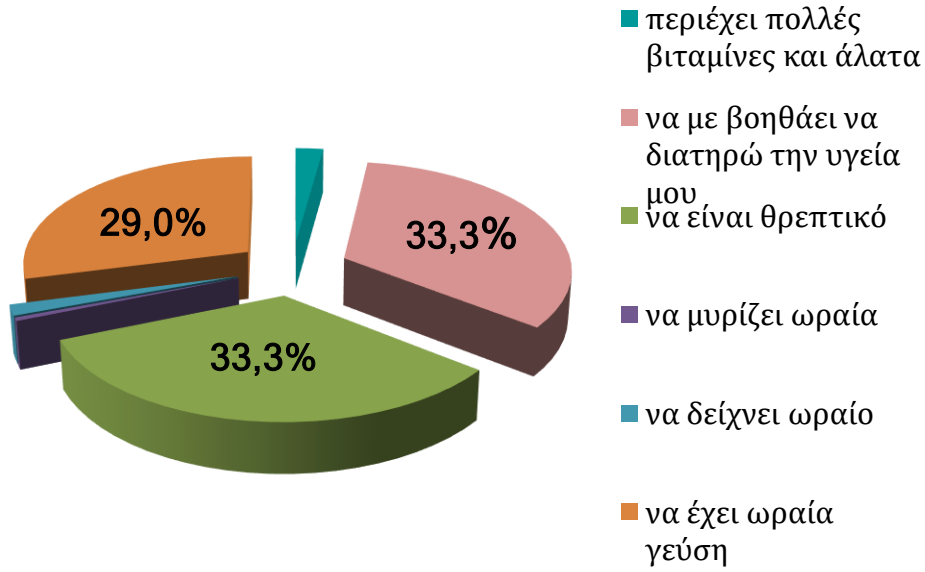
Διάγραμμα 5 Πόσο αρνητικός παράγοντας θα ήταν μία "κακή" ετικέτα, ώστε να μην επιλεγεί το προϊόν



Ειδικότερα, το 64,5% δήλωσε πως παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο η ετικέτα σε ένα τρόφιμο, ενώ μόλις το 2,2% θεωρεί ότι έχει πολύ λίγη σημασία, ενώ παράλληλα (Διάγραμμα 5) πάνω από το 60% βρίσκει τόσο αρνητική μία «κακή» ετικέτα, που θα τον αποτρέψει από την αγορά του προϊόντος, ενώ το 26,3% είναι διχασμένο ως προς την αγορά ή μη του προϊόντος λόγω της ετικέτας.

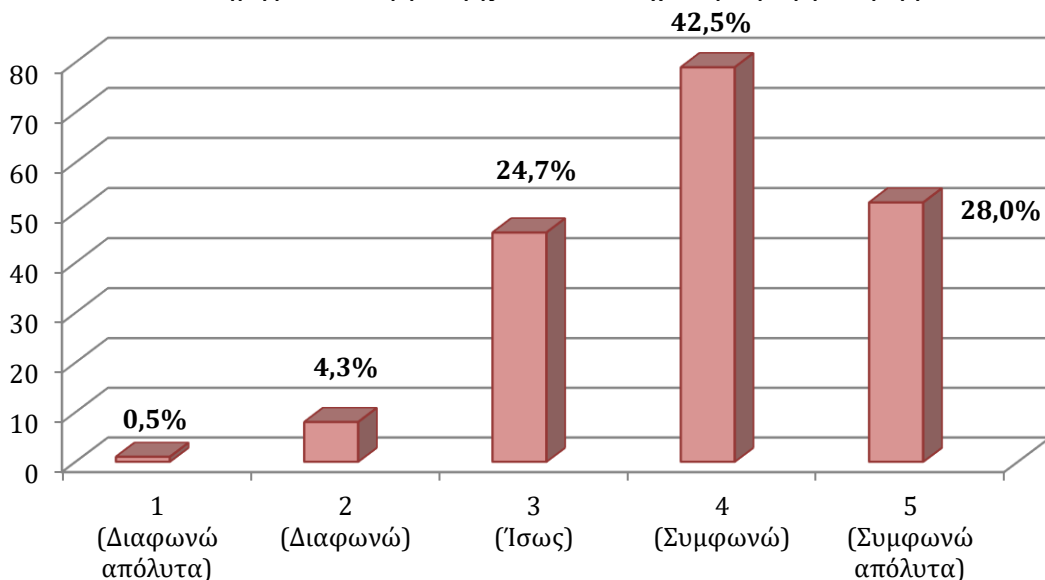
Μέσω της έρευνας, οι καταναλωτές εξέφρασαν και για ποιους λόγους θεωρούν σημαντικό ένα τρόφιμο (Διάγραμμα 6), με ισόποσα ποσοστά στο 33,3% να θέλει η τροφή του να είναι θρεπτική και να τον βοηθάει να διατηρεί την σωματική του υγεία, ενώ σε δεύτερη θέση σε ποσοστό όχι πολύ χαμηλότερα στο 29,0% η τροφή του να έχει ωραία γεύση.

Διάγραμμα 6 Σύνθεση σημαντικότητας τροφίμου από τους καταναλωτές



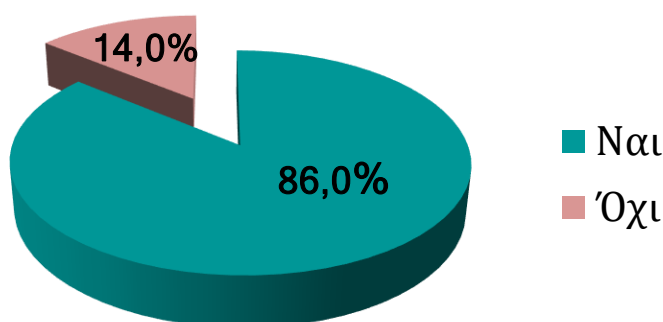
Φυσικά από μία τέτοια είδους έρευνα δεν θα έλειπε και το οικονομικό κριτήριο, το οποίο (Διάγραμμα 7) ανέδειξε πως οι καταναλωτές σε ποσοστό 70,5%, θεωρούν την τιμή προϋπόθεση αγοράς ενός τροφίμου, ενώ μόλις το 4,8% φαίνεται πως έχει κάθετα αντίθετη άποψη. Με την οικονομική κρίση να είναι εμφανώς έντονη τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, η αγορά των τροφίμων έχει επηρεαστεί, με τους καταναλωτές σε ποσοστό 59,6% να δηλώνουν πως θα ήθελαν να ξοδεύουν παραπάνω χρήματα στα τρόφιμα αλλά το εισόδημα τους δεν τους το επιτρέπει.

Διάγραμμα 7 Κατανομή άποψης καταναλωτών σχετικά με την τιμή στα τρόφιμα



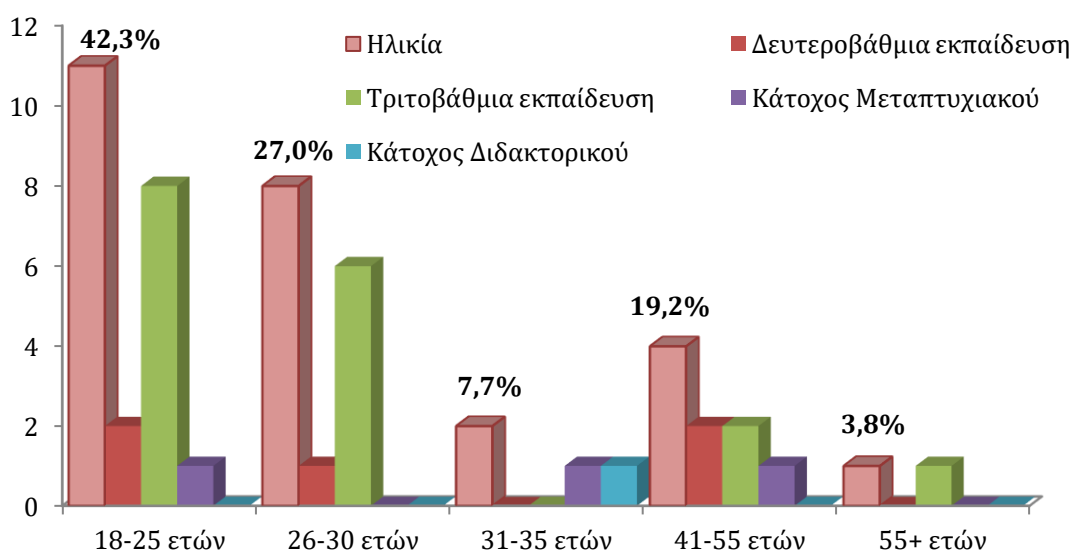
Σε μετέπειτα στάδιο της έρευνας που αφορά την παράμετρο γνώσεων των καταναλωτών περί κυκλικής οικονομίας, βιωσιμότητας και διαφόρων εννοιών του θέματος η έρευνα φανέρωσε πως το 86,0% των ερωτηθέντων γνωρίζει την έννοια του «παραπροϊόν», ενώ μόλις το 14,0% να μην την γνωρίζει.

Διάγραμμα 8 Γνώση έννοιας «παραπροϊόν»



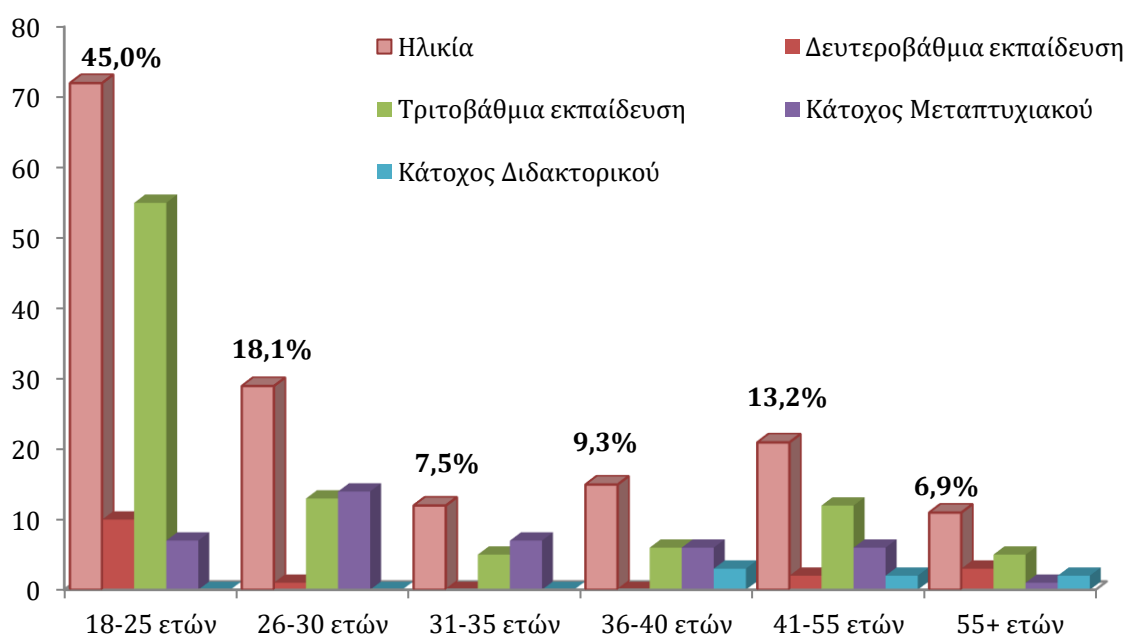
Σε περαιτέρω ανάλυση (Διάγραμμα 9) από το ποσοστό που δεν γνώριζαν την έννοια, το 42,3% ανήκει σε ερωτηθέντες ηλικίας μεταξύ 18-25 ετών, το 27,0% μεταξύ 26-30 ετών, το 7,7% μεταξύ 31-35 ετών, το 19,2% μεταξύ 41-55 ετών και το 3,8% μεταξύ 55+ ετών. Καθώς η έρευνα εστιάζει και στο εκπαιδευτικό υπόβαθρο των ερωτηθέντων συμπεριλήφθηκε και η παράμετρος του εκπαιδευτικού υπόβαθρου των ερωτηθέντων, η οποία έδειξε πως από το ποσοστό (14,0%) που δεν γνώριζαν την έννοια αυτή το 19,0% έχει Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, το 65,0% Τριτοβάθμια εκπαίδευση, το 8,0% είναι κάτοχος Μεταπτυχιακού τίτλου και το 4,0% είναι κάτοχος Διδακτορικού τίτλου.

Διάγραμμα 9 Ανάλυση δημογραφικών στοιχείων από όσους δεν γνώριζαν την έννοια του «παραπροϊόντος»



Τα ποσοστά αυτά συγκριτικά με το παρακάτω Διάγραμμα 10, που αναλύουν και το ποσοστό που απάντησε θετικά στην ερώτηση, φανερώνουν πως το εκπαιδευτικό υπόβαθρο που έχουν οι ερωτηθέντες-καταναλωτές, δεν σχετίζεται πλήρως με την άγνοια την οποία και έχουν περί της συγκεκριμένης έννοιας, καθώς τα ποσοστά και στις δύο κατηγορίες είναι σχεδόν ισόποσα συγκρίνοντας τις ηλικίες και το εκπαιδευτικό υπόβαθρο των ερωτηθέντων.

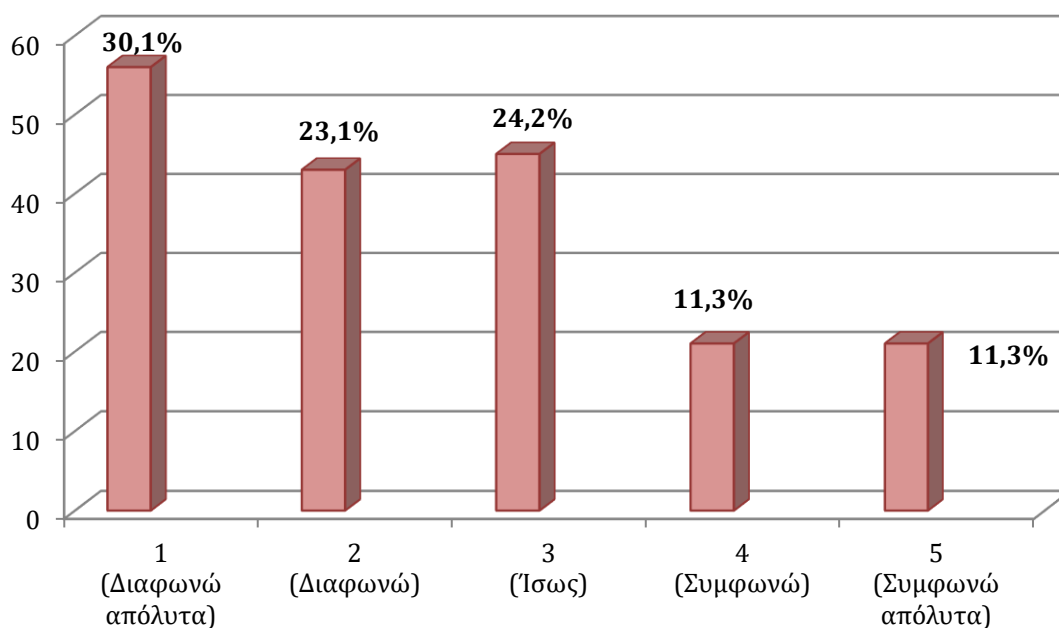
Διάγραμμα 10 Ανάλυση δημογραφικών στοιχείων από όσους γνώριζαν την έννοια του «παραπροϊόντος»



Συνεπώς, είναι εύλογο να θεωρηθεί πως η ενημέρωση είναι ένα πρωταρχικό βήμα που χρειάζεται, ώστε να ενημερωθεί ο κόσμος ορθά για τα παραπροϊόντα, την λειτουργία τους, το τι έχουν να προσφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό αλλά και στο περιβάλλον και ύστερα να τεθεί το καταναλωτικό κοινό σε ερώτηση για το αν θα επέλεγε ένα τέτοιο τρόφιμο και αν θα το εντάσσει στη διατροφή του.

Σε επόμενο ερώτημα που τέθηκε (Διάγραμμα 11) εάν «Στο άκουσμα της λέξης "παραπροϊόντα" σας έρχεται στο μυαλό κάτι αρνητικό;» η έρευνα έδειξε πως το 53,2% δεν συμφωνεί με αυτό, το 22,6% να συμφωνεί, ενώ το 24,2% να μην είναι σίγουρο για την απάντησή του, γεγονός που υποδηλώνει για τους τελευταίους την - εν μέρη- άγνοια τους για αυτό το θέμα.

Διάγραμμα 11 Κατανομή ερώτησης σχετικά με τον αρνητικό αντίκτυπο της λέξης «παραπροϊόν»



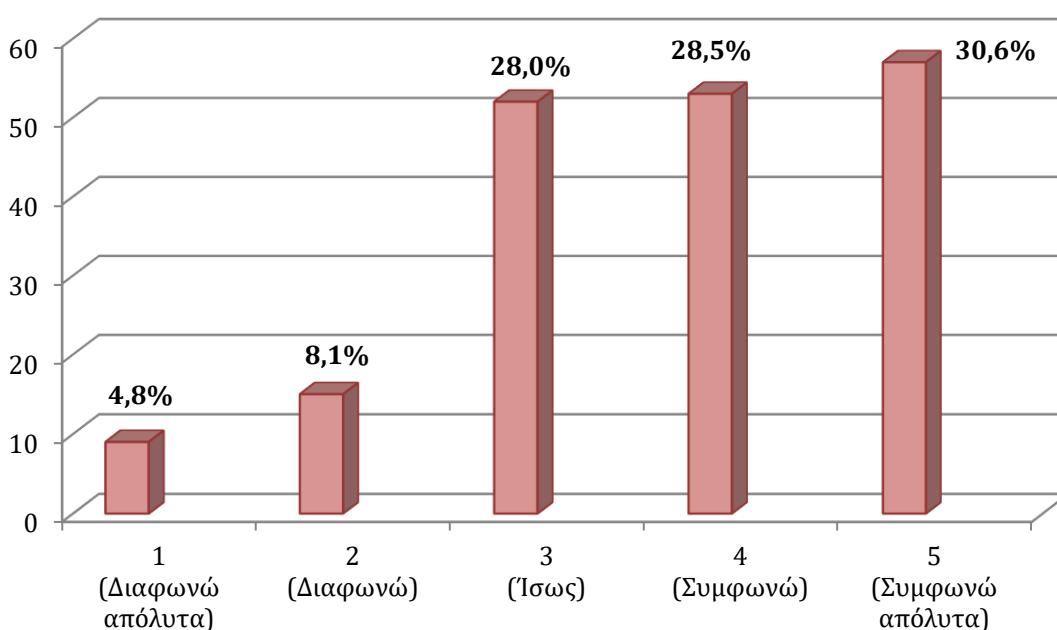
Όσο για τους ανθρώπους (22,6%) που απάντησαν πως θεωρούν αρνητικό το άκουσμα της λέξης «παραπροϊόν» (Πίνακας 7), το 19,0% είναι άνδρες, όλοι Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης με το 9,50% να είναι ηλικίας μεταξύ 18-25 ετών, το 4,75% μεταξύ 26-30 ετών και το υπόλοιπο 4,75% μεταξύ 41-55 ετών. Το υπόλοιπο 81,0% που απάντησαν αρνητικά είναι γυναίκες, με το 35,0% να έχουν Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, το 47,0% να έχουν Τριτοβάθμια εκπαίδευση και το υπόλοιπο 18,0% να είναι κάτοχος Μεταπτυχιακού διπλώματος, συνολικού ποσοστού ηλικίας 18-25 ετών το 52,0%, 26-30 ετών το 12,0%, 36-40 ετών το 12,0% και μεταξύ 41-55 ετών το 24,0%.

Πίνακας 9 Στοιχεία ερωτηθέντων που δήλωσαν αρνητικό το άκουσμα της λέξης "παραπροϊόν"

Φύλλο	18-25 ετών	26-30 ετών	41-55 ετών	
Άνδρας	9,5%	4,75%	4,75%	
Γυναίκα	52,0%	12,0%	24%	
	Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	Τριτοβάθμια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχιακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορικού τίτλου
Άνδρας		19%		
Γυναίκα	35,0%	47,0%	18,0%	

Παράλληλα, σε ερώτηση εάν «Πιστεύετε πως τα παραπροϊόντα μπορούν να καταναλωθούν;» το 12,9% απάντησε πως δεν γίνεται, το 28,0% ίσως ενώ η πλειοψηφία με ποσοστό 59,1% θεωρεί πως μπορούν αυτά τα προϊόντα να καταναλωθούν (Διάγραμμα 12), ποσοστό που δείχνει την θετική στάση των υποψήφιων καταναλωτών σε τέτοιου είδους τρόφιμα και την πιθανή επιλογή τους ώστε να τα δοκιμάσουν.

Διάγραμμα 12 Κατανομή ερώτησης σχετικά με τον αν μπορούν να καταναλωθούν τα παραπροϊόντα τροφίμων

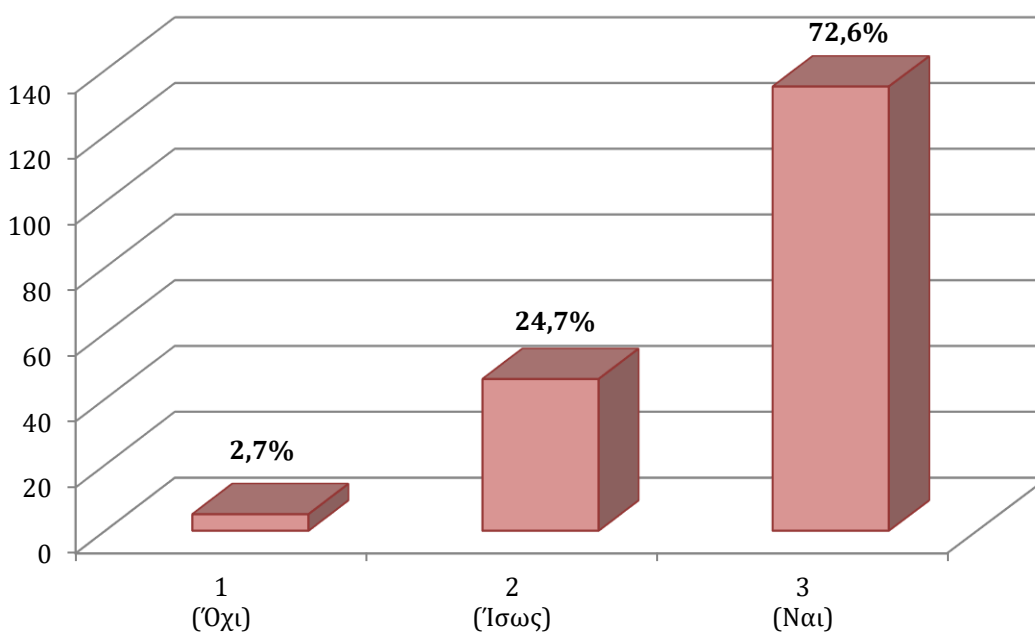


Σε συνέχεια του ερωτηματολογίου, όσο αφορά την έννοια της «βιωσιμότητας» 90,9% ισχυρίστηκε πως γνωρίζει την έννοια αυτή και μόνο το 9,1% δε τη γνώριζε. Σε ερώτημα που αφορά την ετήσια παραγωγή αποβλήτων/παραπροϊόντων των τροφίμων (222 εκατ. τόνοι ετησίως) από τις βιομηχανίες το 72,0% απάντησε πως δεν γνώριζε την ύπαρξη του τόσο μεγάλου ποσοστού, ενώ μόλις το 28,0% ήταν ενημερωμένο για αυτό το σημαντικό ζήτημα, το οποίο αφορά ολόκληρο τον πλανήτη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες και επηρεάζονται αρνητικά από τα τόσα μεγάλα ποσοστά απορριπτέων τροφίμων.

Σε εγχώριο επίπεδο οι άνθρωποι ερωτήθηκαν εάν γνώριζαν πως σαν χώρα καταλαμβάνουν την τρίτη θέση σε σπατάλη τροφίμων “food waste”, με τα νούμερα να αντιστοιχούν σε 142 κιλά τροφίμου ανά κάτοικο ετησίως με τα αποτελέσματα να φαναιρώνουν πως μόνο το 34,9% γνώριζε για αυτή την κατάσταση με το υπόλοιπο 65,1% να έχει άγνοια, γεγονός που κάνει επιτακτική την άμεση ενημέρωση και

ευαισθητοποίηση των καταναλωτών. Μετά την ενημέρωση του συγκεκριμένου ποσοστού με αυτή την πληροφορία, σε θέμα σπατάλης των τροφίμων στην Ελλάδα, οι καταναλωτές ερωτήθηκαν, εφόσον γνωρίζουν την πλέον δυσμενή κατάσταση που επικρατεί στη χώρα αλλά και σε ολόκληρο τον πλανήτη, εάν θα ήταν πρόθυμοι να αλλάξουν κάποιες από τις καταναλωτικές τους συνήθειες. Τα αποτελέσματα (Διάγραμμα 13), ήταν θετικά με το 72,6% να συμφωνεί, το 24,7% να απαντάει ίσως σε μία τέτοια αλλαγή και το 2,7% να είναι αρνητικό σε αυτή την καταναλωτική αλλαγή, ποσοστά που δείχνουν την προθυμία που υπάρχει για να διαμορφωθεί διαφορετικά η κατάσταση που έχει δημιουργηθεί όλα αυτά τα χρόνια με την σπατάλη των τροφίμων και που πλήττει όχι μόνο την χώρα αλλά και ολόκληρο τον πλανήτη.

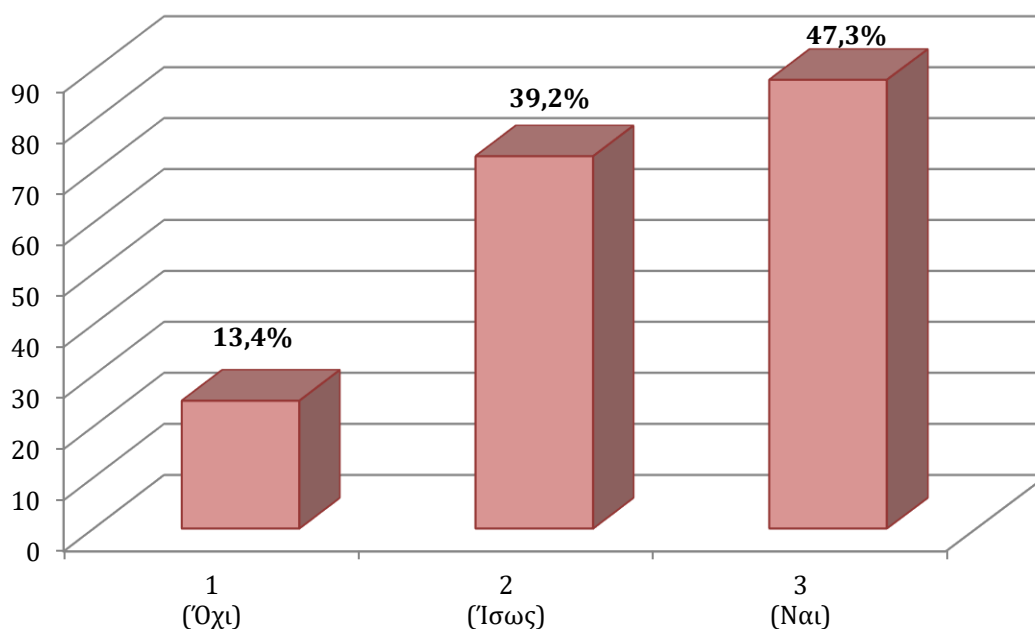
Διάγραμμα 13 Προθυμία των ερωτηθέντων για αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών



Προχωρώντας στο επόμενο στάδιο των ερωτήσεων, έγινε προσπάθεια διαπίστωσης εάν και κατά πόσο είναι δεκτικοί οι καταναλωτές να προβούν σε δοκιμή, αγορά αλλά και καθημερινή χρήση προϊόντων τροφίμων, τα οποία έχουν παρασκευαστεί αποκλειστικά από παραπροϊόντα τροφίμων ή περιέχουν κάποιο ποσοστό από αυτά. Σε ερώτημα σχετικά με την δεκτικότητα σε δοκιμή τέτοιου είδους τροφίμων (Διάγραμμα 14), το 47,3% απάντησε πως θα δοκίμαζε αυτά τα προϊόντα, το 39,2% ίσως, ενώ το 13,4% απάντησε αρνητικά, ποσοστά που χρίζουν

περεταίρω ανάλυση για να γίνει συσχέτιση των παραγόντων που επηρεάζουν τους καταναλωτές και έχουν δοθεί αυτές οι απαντήσεις.

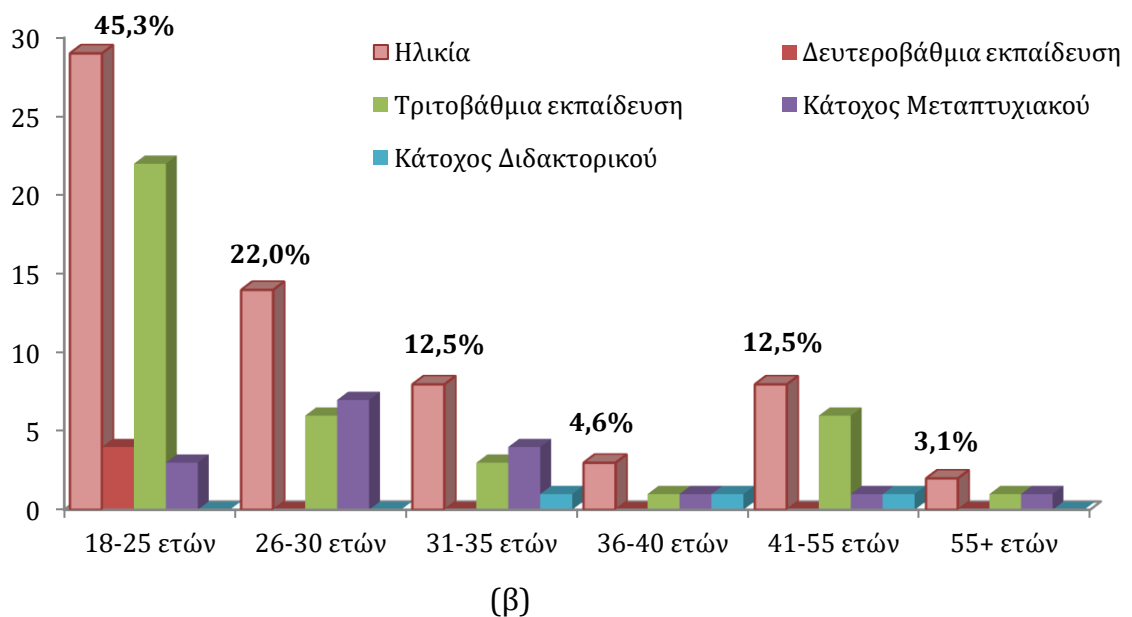
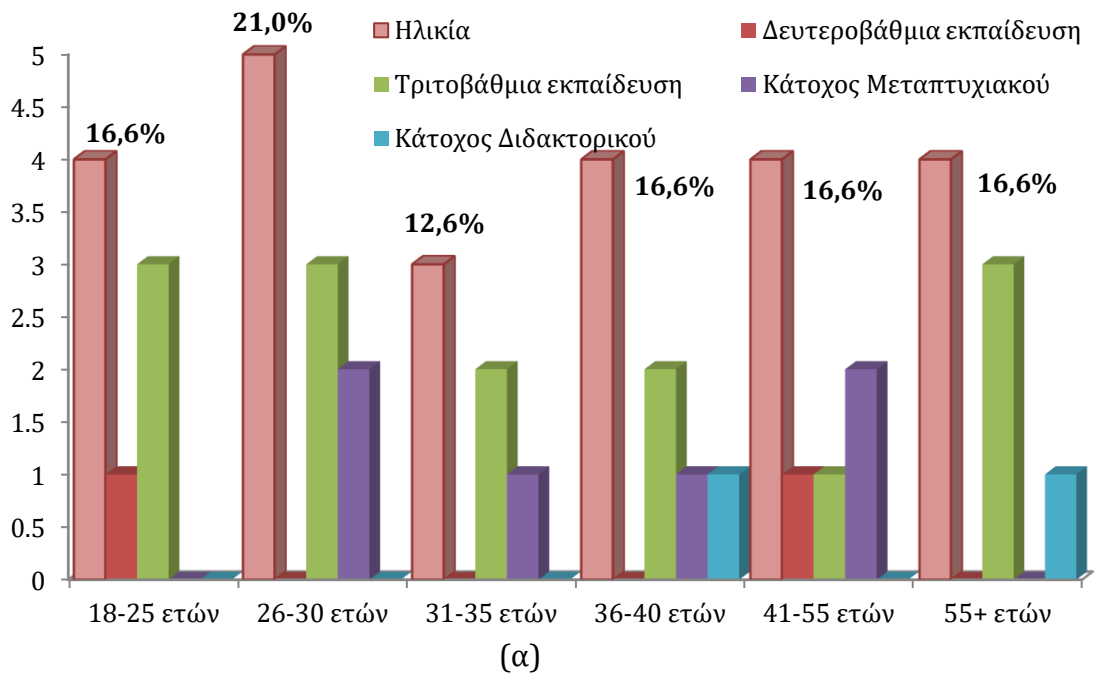
Διάγραμμα 14 Σχετικά με την δεκτικότητα των ερωτηθέντων για δοκιμή τροφίμου που περιέχει παραπροϊόντα



Στις έρευνες καταναλωτών είναι σημαντικές οι ατομικές πληροφορίες και τα χαρακτηριστικά των ανθρώπων (φύλλο, ηλικία κλπ) για την κατανόηση των παραγόντων που συμβάλλουν κυρίως στη θετική στάση, ώστε να ενημερωθούν και να εκπαιδευτούν και οι υπόλοιποι άνθρωποι, ώστε να προβούν σε μία τέτοια καταναλωτική αλλαγή, καθώς θα έχει μόνο θετικό αντίκτυπο στο κοινωνικό σύνολο.

Μέσω στατιστικής ανάλυσης προέκυψε πως από το ποσοστό που ήταν δεκτικοί στην δοκιμή αυτή το 27,3% ήταν άνδρες ενώ το υπόλοιπο 72,7% γυναίκες (Διάγραμμα 15), πέρα από αυτή την βασική πληροφορία υπήρξε περαιτέρω ανάλυση ατομικών στοιχείων για να συσχετισθούν οι απαντήσεις που δόθηκαν.

Διάγραμμα 15 Κατανομή δημογραφικών στοιχείων α) ανδρών β) γυναικών που ήταν δεκτικοί στην δοκιμή τροφίμων από παραπροϊόντα



Από το 27,3% των ανδρών που απάντησαν θετικά, το 16,6% ήταν άνδρες ηλικίας μεταξύ 18-25 ετών, το 21,0% ηλικίας 26-30 ετών, το 12,6% μεταξύ 31-35 ετών ενώ οι ηλικιακές βαθμίδες 36-40 ετών, 41-55 ετών και 55+ ετών είχαν ισόποσα ποσοστά της τάξης του 16,6%. Όσον αφορά το εκπαιδευτικό υπόβαθρο που είχε το ποσοστό των ανδρών, το 8,3% κατείχε Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, το 58,4% Τριτοβάθμια εκπαίδευση, το 25,0% ήταν κάτοχοι Μεταπτυχιακού διπλώματος ενώ το 8,3% ήταν κάτοχοι Διδακτορικού τίτλου. Αντίστοιχα, από το ποσοστό 72,7% των γυναικών που απάντησαν θετικά στην δοκιμή αυτών των προϊόντων, το 45,3% ήταν

ηλικίας μεταξύ 18-25 ετών, το 22,0% ηλικίας μεταξύ 26-30 ετών, το 12,5% μεταξύ 31-35 ετών, το 4,6% μεταξύ ηλικίας 36-40 ετών, το 12,5% μεταξύ 41-55 ετών, ενώ το υπόλοιπο 3,1% ηλικίας 55+ ετών. Αναλόγως, το εκπαιδευτικό υπόβαθρο των γυναικών που ήταν θετικές σε μία νέα δοκιμή ήταν τάξης ποσοστού 6,2% έχοντας Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, με το μεγαλύτερο ποσοστό 62,5% να έχουν Τριτοβάθμια εκπαίδευση, το 26,5% να είναι κάτοχοι Μεταπτυχιακού διπλώματος και το υπόλοιπο 4,8% κάτοχοι Διδακτορικού τίτλου.

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις που δόθηκαν στα Διαγράμματα 11 και 14 ενώ φαίνεται πως σε ποσοστό 81,0% οι γυναίκες φαίνεται να θεωρούν αρνητικό το άκουσμα της λέξης «παραπροϊόν» οι ίδιες είναι που σε ποσοστό 77,2% δήλωσαν πως θα δοκίμαζαν ένα τρόφιμο το οποίο έχει προέλθει ή είναι εξ' ολοκλήρου από παραπροϊόντα. Οι δηλώσεις αυτές οδηγούν στην υπόθεση πως παρά την προκατάληψη την οποία μπορεί να έχουν, θα προέβαιναν σε αλλαγή της διατροφικής τους συνήθειας.

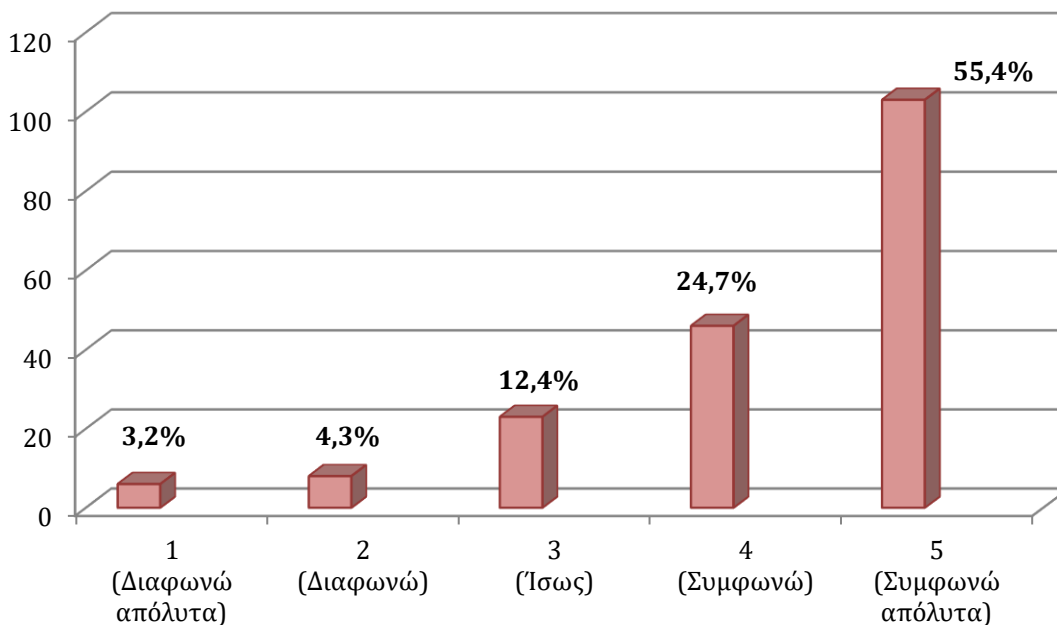
Το ίδιο σύστημα χρησιμοποιήθηκε για να εντοπισθούν και τα στοιχεία για το ποσοστό των ανθρώπων οι οποίοι επέλεξαν πως δεν θα δοκίμαζαν καινοτόμα τρόφιμα (13,4%) στα οποία η πρώτη ύλη έχει προέλθει ή είναι εξ' ολοκλήρου από παραπροϊόντα, ή περιέχει εν μέρη ποσοστό παραπροϊόντος. Από αυτό το ποσοστό το 28,0% ήταν άνδρες ενώ το 72,0% γυναίκες. Τα αποτελέσματα έχουν συγκεντρωθεί στον παρακάτω Πίνακα 8.

Πίνακας 10 Στατιστικά αποτελέσματα έρευνας στα άτομα που ήταν αρνητικοί στην δοκιμή τροφίμου που έχει προέλθει από παραπροϊόντα.

Φύλλο	18-25 ετών	26-30 ετών	31-35 ετών	36-40 ετών	41-55 ετών	55+ ετών
Άνδρας	28,55%	28,55%	-	14,3%	14,3%	14,3%
Γυναίκα	66,7%	5,5%	-	11,1%	16,7%	-
Φύλλο	Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	Τριτοβάθμια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχιακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορικού τίτλου		
Άνδρας	14,3%	85,7%	-	-		
Γυναίκα	27,8%	61,1%	11,1%	-		

Στην συνέχεια, σε ερώτηση πολύ πιο ειδική (Διάγραμμα 16), όντας μέρος της έρευνας, συγκεντρώθηκαν αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό των ερωτηθέντων οι οποίοι αγοράζουν και καταναλώνουν επιδόρπια γιαουρτιού με το ποσοστό να είναι συντριπτικό της τάξεως του 80,1%, εκ των οποίων αναφορικά το 24,8% είναι άνδρες και το 75,2% γυναίκες.

Διάγραμμα 16 Κατανομή σχετικά με την καταναλωτική αγορά σε επιδόρπια γιαουρτιού



Προχωρώντας το κομμάτι της έρευνας και έπειτα από ερωτήσεις στους καταναλωτές σχετικά με τις προτιμήσεις τους και τις πεποιθήσεις τους, υλοποιήθηκε υποθετικό σενάριο με την δημιουργία προϊόντος από τα παραπροϊόντα του ροδιού τα οποία έχουν μελετηθεί και παραπάνω, με την ερώτηση να είναι της μορφής «Έστω ότι μεγάλη γαλακτοβιομηχανία παράγει επιδόρπιο γιαουρτιού συνοδευόμενο από πούλπα ροδιού η οποία έχει προέλθει από τον φλοιό του ίδιου του φρούτου (δηλαδή το παραπροϊόν του). Θα ήσασταν δεκτικοί στην δοκιμή ενός τέτοιου προϊόντος;»

Στην ερώτηση αυτή οι καταναλωτές χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες, σε αυτούς που συμφωνούν/συμφωνούν απόλυτα στην δοκιμή, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το 73,1% του συνόλου, σε αυτούς που δεν είναι σίγουροι και ίσως να το δοκίμαζαν οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το 18,8% του συνόλου, και τέλος σε αυτούς που διαφωνούν/διαφωνούν απόλυτα αντιπροσωπεύοντας το 8,1% των συνολικών ερωτηθέντων. Αναλύθηκαν τα προφίλ των υποψηφίων και μη, με τα αποτελέσματα της έρευνας να παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακα 11.

Πίνακας 11 Ανάλυση αποτελεσμάτων σχετικά με την κατανάλωση επιδόρπιου γιαουρτιού συνοδευόμενο από πούλπα φλοιού του ροδιού.

Συμφωνούν/ Συμφωνούν απόλυτα						
Ανδρας 22,8%	18-25 ετών	26-30 ετών	31-35 ετών	36-40 ετών	41-55 ετών	55+ ετών
	22,6%	19,4%	12,9%	16,1%	12,9%	16,1%
	Δευτεροβάθ- -μια εκπαίδευση	Τριτοβάθ- -μια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχι- -ακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορι- -κού τίτλου	Άλλο	
	9,7%	58,0%	22,6%	9,7%	-	
Γυναίκα 77,2%	18-25 ετών	26-30 ετών	31-35 ετών	36-40 ετών	41-55 ετών	55+ ετών
	46,7%	23,8%	8,5%	6,7%	10,5%	3,8%
	Δευτεροβάθ- -μια εκπαίδευση	Τριτοβάθ- -μια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχι- -ακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορι- -κού τίτλου	Άλλο	
	8,5%	59,0%	26,7%	3,8%	2,0%	

Ίσως						
Ανδρας 37,2%	18-25 ετών	26-30 ετών	31-35 ετών	36-40 ετών	41-55 ετών	55+ ετών
	46,1 %	23,1%	-	7,7%	15,4%	7,7%
	Δευτεροβάθ- -μια εκπαίδευση	Τριτοβάθ- -μια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχι- -ακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορι- -κού τίτλου	Άλλο	
	15,4%	69,2%	15,4%	-	-	
Γυναίκα 62,8%	18-25 ετών	26-30 ετών	31-35 ετών	36-40 ετών	41-55 ετών	55+ ετών
	59,1%	13,7%	4,5%	4,5%	18,2%	-
	Δευτεροβάθ- -μια εκπαίδευση	Τριτοβάθ- -μια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχι- -ακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορι- -κού τίτλου	Άλλο	
	18,2%	68,2%	13,6%	-	-	

Διαφωνούν/ Διαφωνούν απόλυτα						
Άνδρας 20,0%	18-25 ετών	26-30 ετών	31-35 ετών	36-40 ετών	41-55 ετών	55+ ετών
	66,7%	-	-	-	-	33,3%
	Δευτεροβάθ- -μια εκπαίδευση	Τριτοβάθ- -μια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχι- ακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορι- κού τίτλου	Άλλο	
	33,3%	66,7%	-	-	-	
Γυναίκα 80,0%	18-25 ετών	26-30 ετών	31-35 ετών	36-40 ετών	41-55 ετών	55+ ετών
	50,0%	-	-	8,35%	33,3%	8,35%
	Δευτεροβάθ- -μια εκπαίδευση	Τριτοβάθ- -μια εκπαίδευση	Κάτοχος Μεταπτυχι- ακού διπλώματος	Κάτοχος Διδακτορι- κού τίτλου	Άλλο	
	16,7%	58,3%	25,0%	-	-	

Ο Πίνακας 11, παρουσιάζει τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τη διάθεση των καταναλωτών να δοκιμάσουν ένα προϊόν γιαουρτιού με πούλπα από τον φλοιό του ροδιού, με τα αποτελέσματα να αναδεικνύουν μερικές ενδιαφέρουσες τάσεις. Στην πρώτη κατηγορία σε αυτούς που συμφωνούν/συμφωνούν απόλυτα σε ποσοστό 73,1%, η πλειοψηφία των καταναλωτών είναι δεκτική στη δοκιμή του προϊόντος. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι γυναίκες εμφανίζουν μεγαλύτερη θετική διάθεση (77,2%) σε σύγκριση με τους άνδρες (22,8%). Οι νεότερες ηλικιακές ομάδες (18-25 ετών) εμφανίζουν την υψηλότερη αποδοχή, ειδικά στις γυναίκες με ποσοστό 46,7%. Αυτό υποδηλώνει ότι οι νεότερες γυναίκες είναι πιο δεκτικές σε νέες ιδέες και καινοτόμα προϊόντα που σχετίζονται με τα τρόφιμα και ίσως δείχνουν μεγαλύτερη περιβαλλοντική συνείδηση ή ενδιαφέρον για την καινοτομία. Όσον αφορά το μορφωτικό επίπεδο, το μεγαλύτερο ποσοστό όσων συμφωνούν διαθέτει τριτοβάθμια εκπαίδευση (58% για τους άνδρες και 59% για τις γυναίκες), ενώ σημαντική παρουσία έχουν και κάτοχοι μεταπτυχιακών διπλωμάτων (22,6% άνδρες και 26,7% γυναίκες).

Στην δεύτερη κατηγορία των αναποφάσιστων καταναλωτές, το ποσοστό ανέρχεται στο 18,8% και σε αυτή την κατηγορία πάλι οι γυναίκες κυριαρχούν

(62,8%). Οι νεότερες ηλικιακά γυναίκες (18-25 ετών), εμφανίζουν και εδώ το υψηλότερο ποσοστό (59,1%), υποδεικνύοντας ότι οι νέες γυναίκες παρόλο που δεν είναι απόλυτα σίγουρες, δείχνουν ενδιαφέρον για καινοτόμα προϊόντα και ίσως να προέβαιναν σε δοκιμή και αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος. Επίσης, όσο αφορά το μορφωτικό επίπεδο στην κατηγορία αυτή χαρακτηρίζεται κυρίως από άτομα με τριτοβάθμια εκπαίδευση, με τους άνδρες να κατέχουν το 69,2% και τις γυναίκες το 68,2%.

Στην τρίτη κατηγορία σε αυτούς που διαφωνούν/διαφωνούν απόλυτα ως προς την δοκιμή και αγορά του προϊόντος, το ποσοστό ανέρχεται στο 8,1%, το μικρότερο ποσοστό των συμμετεχόντων βρίσκεται σε αυτή την κατηγορία, και σε αυτή την περίπτωση το φύλο παίζει και πάλι καθοριστικό ρόλο, καθώς το 80% είναι γυναίκες. Οι μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες (41-55 ετών και άνω) έδειξαν να εμφανίζουν τη μεγαλύτερη απόρριψη του προϊόντος, τόσο σε άνδρες όσο και σε γυναίκες. Το μορφωτικό επίπεδο των καταναλωτών που διαφωνούν ποικίλλει, με ένα σημαντικό ποσοστό να κατέχει τριτοβάθμια εκπαίδευση, 58,3% σε γυναίκες και 66,7% σε άνδρες.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι γυναίκες, ειδικά σε νεότερες ηλικιακές ομάδες και όσοι έχουν υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο, είναι πιο ανοιχτοί στη δοκιμή ενός νέου προϊόντος που περιλαμβάνει παραπροϊόντα από το ρόδι. Αυτό πιθανόν να σχετίζεται με την αυξημένη συνείδηση για την υγεία, το περιβάλλον και την καινοτομία. Από την άλλη πλευρά, οι μεγαλύτερες ηλικίες και οι λιγότερο μορφωμένοι καταναλωτές εμφανίζονται πιο επιφυλακτικοί ως προς μία τέτοια καταναλωτική αλλαγή, ποσοστά που δίνουν το έμβασμα για την διεξαγωγή περισσότερων ερευνών.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην συγκεκριμένη έρευνα, έχει τεθεί και το οικονομικό ζήτημα σχετικά με την αγορά και προτίμηση τέτοιων καινοτόμων τροφίμων, οι καταναλωτές που ερωτήθηκαν για το σχετικό προϊόν επιδόρπιο γιαουρτιού, συνέχισαν στην επιλογή απάντησης σχετικά με την τιμή του προϊόντος και πιο συγκεκριμένα εάν ήταν πιο οικονομική από ένα συμβατικό επιδόρπιο, αν θα το επέλεγαν και πάλι. Τα στατιστικά αποτελέσματα του ερωτηματολογίου έδειξαν πως το 68,3% θα το επέλεγε και πάλι, το 21,5% ίσως, ενώ το 10,2% δεν θα επέλεγε το εν λόγω προϊόν. Σε αντίστοιχη ερώτηση κόστους, αλλά αυτή τη φορά να ερωτούνται εάν η τιμή του επιδορπίου ήταν υψηλότερη από ένα συμβατικό, αν θα το

επέλεξαν και πάλι, μόλις το 20,4% παρέμεινε στην αποδοχή αγοράς του, το 31,7% ίσως μένοντας διχασμένοι, ενώ το 47,9% ήταν αρνητικό στην αγορά του προϊόντος.

Με σχετικές ερωτήσεις φάνηκε πως η πλειοψηφία των καταναλωτών (79,0%) δεν δείχνει να είναι καχύποπτοι από το χαμηλότερο κόστους που πιθανώς να έχει το προϊόν, για αυτό και θα το επέλεξαν, ενώ εκείνοι που δεν θα προέβαιναν στην αγορά του όντας καχύποπτοι θα το έκαναν κυρίως φοβούμενοι την πιθανή μη καλή ποιότητα του προϊόντος. Όπως δήλωσαν οι ίδιοι σε ερώτηση της έρευνας, η οποία ήταν ανοικτού πλαισίου και περιέγραψαν τον λόγο που δε θα το επέλεξαν, με την απάντηση της χαμηλής ποιότητας να έχει την μεγαλύτερη συχνότητα. Από τους λόγους των καταναλωτών συγκεντρώθηκαν οι πιο κοινές όπου και φάνηκε να συγγέουν την χαμηλότερη τιμή του τροφίμου με χαμηλή ποιότητα. Επιπλέον, όντας υπερτροφή "superfood" το ρόδι, δυσκολεύονται να καταλάβουν την χαμηλότερη τιμή καθώς έχουν συνηθίσει οι υπερτροφές να έχουν υψηλά κόστη, ενώ άλλη μερίδα ανθρώπων θεώρησε πως η επεξεργασία του παραπροϊόντος του ροδιού έχει υψηλό κόστος και ακριβούς μηχανικούς εξοπλισμούς για να έχει το τελικό προϊόν χαμηλότερη τιμή από ένα συμβατικό.

Σε συνέχεια της έρευνας, ένας παράγοντας έδειξε πως αναιρεί το φόβο και την τυχόν καχυποψία των καταναλωτών προς την αγορά του τροφίμου όταν πρόκειται για το όφελος του πλανήτη. Σε σχετική ερώτηση εάν γνώριζαν πως με την αγορά ενός καινοτόμου προϊόντος, που περιέχει ή έχει δημιουργηθεί από παραπροϊόντα, οι ίδιοι συμβάλλουν θετικά με αυτή τους την κίνηση στη μείωση των ποσοστών παραπροϊόντων των βιομηχανιών και στην σπατάλη των τροφίμων, δήλωσαν πως θα υποστήριζαν και θα αγόραζαν αυτό το προϊόν με το 74,2% να απαντάει θετικά, ενώ μόλις το 5,9% θα επέμενε στη μη αγορά του και τέλος το 19,9% να σκέφτεται εάν θα προβεί σε μία τέτοια αγορά.

Η μη αποδοχή κατανάλωσης των προϊόντων αυτών φάνηκε ότι δεν σχετίζεται με τον παράγοντα της ηλικίας, αλλά ούτε με το εκπαιδευτικό υπόβαθρο καθώς ήταν αρνητικοί νέα ηλικιακά άτομα (18-25 ετών κυρίως) τα οποία μάλιστα ήταν μέχρι και κάτοχοι Μεταπτυχιακού διπλώματος, γεγονός που δείχνει την αδυναμία του συστήματος σχετικά με την πλήρη ενημέρωση γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα. Όπως διαπιστώθηκε και παραπάνω, γνωρίζοντας ο κόσμος πως με αλλαγή των καταναλωτικών του συνηθειών θα συμβάλλει θετικά στην μείωση της σπατάλης των τροφίμων, θα ενισχύσει την κυκλική οικονομία και θα

μειώσει το περιβαλλοντικό αντίκτυπο που υφίσταται ο πλανήτης, είναι θετικός σε αυτές τις αλλαγές και στην δοκιμή νέων καινοτόμων προϊόντων με κύριο στόχο την αξιοποίηση των παραπροϊόντων ροδιού που είναι σε αφθονία στην βιομηχανία των τροφίμων.

10.3 Συζήτηση

Η μελέτη είναι χρήσιμη για να αναδείξει ποια συγκεκριμένα προφίλ καταναλωτών μπορούν να αποτελέσουν στόχο για εκστρατείες μάρκετινγκ ως προς την ορθή ενημέρωση των καταναλωτών για τα παραπροϊόντα ροδιού και όχι μόνο. Οι περιβαλλοντικά υπεύθυνοι καταναλωτές, στην πραγματικότητα, είναι πιθανό να αποτελέσουν μια σημαντική υποψήφια θέση αγοράς για τρόφιμα με παραπροϊόντα ροδιού.

Στο δείγμα που αναλύθηκε, φαίνεται οι καταναλωτές του επιδορπίου γιαουρτιού να είναι περισσότερο πρόθυμοι να δοκιμάσουν αυτό το νέο τρόφιμο εάν είναι πιο ωφέλιμο για το περιβάλλον. Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι, κατά τη στιγμή της έρευνας, το προτεινόμενο καινοτόμο προϊόν δεν ήταν ακόμη διαθέσιμο στην αγορά, μη έχοντας έστω κάποια οπτική επαφή, αλλά ένα πιθανό σενάριο. Αυτή η πτυχή μπορεί να αποτελεί αδυναμία της προτεινόμενης ανάλυσης. Το γεγονός ότι οι καταναλωτές δεν είχαν τη δυνατότητα να δοκιμάσουν ή να δουν το προϊόν θα μπορούσε να επηρεάσει τις απαντήσεις τους.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα για το λανσάρισμα αυτών των προϊόντων στην αγορά, καθώς απευθύνονται σε καταναλωτές που έχουν δείξει προθυμία να αγοράσουν προϊόντα που εμπεριέχουν παραπροϊόντα ροδιού, με ένα προτεινόμενο δείγμα να είναι της μορφής όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16 Πιθανό δείγμα παρουσίασης επιδορπίου γιαουρτιού με πούλπα ροδιού
(Πηγή: Δημιούργημα τεχνητής νοημοσύνης AI)

Η γενική αντίληψη του καταναλωτή για τη χρήση ανακυκλωμένων συστατικών για την παραγωγή τροφίμων είναι ότι η βιομηχανία τροφίμων προσπαθεί να εξοικονομήσει χρήματα με εισροές που λαμβάνονται με χαμηλότερο κόστος. Οι καταναλωτές δέχονται πολλά παραπροϊόντα για φαρμακευτική χρήση επειδή είναι πλούσια σε λειτουργικές ενώσεις. Η αποδοχή των παραπροϊόντων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων είναι πιο περίπλοκο θέμα λόγω της επίδρασης ορισμένων επιπέδων τεχνοφοβίας τροφίμων που μπορεί να παρεμποδίσουν την πρόσληψη τέτοιων προϊόντων.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην συγκεκριμένη έρευνα υποδηλώνουν ότι θα μπορούσε να υπάρχει ένας πυρήνας καταναλωτών που ενδιαφέρεται για προϊόντα τα οποία περιέχουν παραπροϊόντα ροδιού. Οι πολιτικές μάρκετινγκ έχουν μεγάλη σημασία από αυτή την άποψη, διότι η ένδειξη των οφελών αυτών των τροφίμων στην υγεία και το περιβάλλον με σαφήνεια στην ετικέτα θα συμβάλει στην παράδοση νέων καινοτόμων τροφίμων στο ευρύτερο κοινό.

Ωστόσο, η έρευνα έχει δύο βασικούς περιορισμούς. Πρώτον, το δείγμα που αναλύθηκε σε αυτή τη μελέτη δεν είναι αντιπροσωπευτικό ολόκληρου του πληθυσμού. Ωστόσο, δεδομένου του μεγέθους του δείγματος, οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που αναλύθηκαν και της θετικής πρόθεσης αγοράς που εκφράστηκε τελικά παραμένουν έγκυρες επιτρέποντας την ανάλυση αυτών των ενδιαφερόντων αποτελεσμάτων. Δεύτερον, επειδή δεν υπάρχει κατάλληλος ορισμός αυτών των παραπροϊόντων και πως μπορούν να αποδοθούν στον τομέα των τροφίμων, η μελέτη μπορεί να επηρεασθεί από υποθετική προκατάληψη, η οποία θα μπορούσε να έχει επηρεάσει την εκτίμηση αποδοχής από τον καταναλωτή, για τους λόγους αυτούς απαιτείται μελλοντική έρευνα για να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματά και σε άλλες χώρες και χρησιμοποιώντας διαφορετικά παραπροϊόντα τροφίμων.

12. Συμπεράσματα-Μελλοντικές προοπτικές

Σκοπός και στόχος της παρούσας μελέτης ήταν η αξιοποίηση του φλοιού των ροδιών για την ανάπτυξη νέων καινοτόμων προϊόντων τροφίμων. Η υλοποίηση ξεκίνησε από το αρχικό βήμα της ανάλυσης του συγκεκριμένου είδους φρούτου, μέχρι την διαδικασία παραλαβής των βιοδραστικών ενώσεων που περιέχουν τα ρόδια Ερμιόνης και Wonderful, έως τον προσδιορισμό των λειτουργικών τους ιδιοτήτων (με χρήση αναλυτικών τεχνικών), και τελικώς την έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε σχετικά με την αποδοχή των καταναλωτών.

Η παρούσα μελέτη παρουσίασε ενδιαφέρον σε όλους τους παραπάνω τομείς, από τις βασικές πληροφορίες σχετικά με τις ποικιλίες των ροδιών (Ερμιόνης, Wonderful), μέχρι την ανάλυση τους όπου και κατέδειξε τις υψηλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες των φαινολικών ενώσεων και των τανινών που διαθέτουν σε καρπό και φλοιό, προσφέροντας επιπλέον αξία στα παραπροϊόντα. Τα ρόδια φάνηκαν μία πολλά υποσχόμενη πηγή λειτουργικών ιδιοτήτων, τα οποία γίνονται τάση ολοένα και πιο πολύ κάνοντας γνωστές τις ευεργετικές ιδιότητες που προσφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό.

Το πειραματικό κομμάτι της μελέτης εστίασε στην επιλογή διαδικασίας ξήρανσης των δειγμάτων φλοιού και καρπού των ροδιών και της εκχύλισης με υπερήχους των βιοδραστικών ενώσεων που περιέχουν, συγκρίνοντας τα ποσοστά των καρπών και των παραπροϊόντων τους. Εκτιμήθηκαν χαρακτηριστικές ιδιότητες και δράσεις των εκχυλισμάτων, όπως το ολικό φαινολικό περιεχόμενο (TPC), η αντιοξειδωτική δράση (FRAP) και η ικανότητα ανάσχεσης της ελεύθερης ρίζας ABTS^{•+} των εκχυλισμάτων, οι οποίες μετρήθηκαν με φασματοφωτομετρικές δοκιμές. Από τον προσδιορισμό των φαινολικών ουσιών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας που έχουν τα κύρια προϊόντα αλλά και τα παραπροϊόντα των ροδιών τα αποτελέσματα ήταν ευνοϊκά ως προς την χρήση των τελευταίων για περαιτέρω ανάλυση και χρήση για καινοτόμα προϊόντα, έχοντας πολλαπλές ευεργετικές ιδιότητες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την παραπάνω μελέτη συγκρίνοντας τις δύο ποικιλίες ροδιού Ερμιόνης και Wonderful, απορρέουν τα εξής ευρήματα:

- Οι φλοιοί και των δύο ποικιλιών διαθέτουν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση [$1094,8 \pm 138,0$ mgFe(II)/g dry herb της Ερμιόνης και $999,8 \pm 118,8$ mgFe(II)/g dry herb της Wonderful], σε σχέση με τους καρπούς τους [$17,6 \pm 0,8$ mgFe(II)/g dry herb της Ερμιόνης και $36,8 \pm 7,5$ mgFe(II)/g dry herb της Wonderful] και ειδικότερα συγκρίνοντας τους φλοιούς, υψηλότερη είναι της Ερμιόνης και αντίστοιχα στους καρπούς η Wonderful.

- Οι φλοιοί και των δύο ποικιλιών εμφανίζουν μεγαλύτερη αντιριζική δράση σύμφωνα με τις τιμές που λήφθηκαν στην μέθοδο ABTS^{•+} [$359,6 \pm 51,0$ mgTE/g dry herb της Ερμιόνης και $338,6 \pm 5,4$ mgTE/g dry herb της Wonderful] σε σχέση με τους καρπούς τους [$16,5 \pm 1,0$ mgTE/g dry herb της Ερμιόνης και $18,3 \pm 0,3$ mgTE/g dry herb της Wonderful] και ειδικότερα συγκρίνοντας τους φλοιούς, μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση έχει η ποικιλία της Ερμιόνης και αντίστοιχα στους καρπούς η ποικιλία Wonderful.

- Για την ολική φαινολική περιεκτικότητα TPC οι φλοιοί πάλι παρουσίασαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα [$327,9 \pm 58,0$ mgGAE/g dry herb της Ερμιόνης και $95,9 \pm 0,3$ mgGAE/g dry herb της Wonderful] σε σχέση με τους καρπούς [$10,9 \pm 1,7$ mgGAE/g dry herb της Ερμιόνης και $9,2 \pm 2,0$ mgGAE/g dry herb της Wonderful], με τον φλοιό της Ερμιόνης να έχει εμφανή μεγαλύτερη περιεκτικότητα, ενώ στους καρπούς η Ερμιόνη να έχει πάλι την πρωτιά για όχι και τόσο μεγαλύτερη διαφορά.

Επίσης, σύμφωνα με το συντελεστή συσχέτισης Pearson Correlation, πραγματοποιήθηκε συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων F-C, FRAP, ABTS^{•+}, αποδεικνύοντας πολύ καλές συσχετίσεις μεταξύ των δειγμάτων καρπού και φλοιού των δύο ποικιλιών.

- Οι δείκτες PCC φανερώνουν την καλύτερη σχέση να είναι η FRAP και η ικανότητα δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας ABTS (0,970) μεταξύ του ξηρού δείγματος καρπού και του παραπροϊόντος ροδιού, αποδεικνύοντας ότι η αντιριζική και αντιοξειδωτική δράση καθορίζονται από τις ίδιες ενώσεις, ιδίως στη συγκεκριμένη περίπτωση που συγκρίνονται οι δύο ποικιλίες ροδιού Ερμιόνης και Wonderful.

- Για τη συσχέτιση των δύο μεθόδων F-C και ABTS, ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson (PCC) που προκύπτει είναι 0,806 δηλώνοντας την πολύ ισχυρή θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων κατά συνέπεια, αποδεικνύεται ότι η αντιριζική δράση καθορίζεται από τη συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών.

- Το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο όλων των δειγμάτων, συσχετίζεται αρκετά καλά με την αντιριζική δράση, διαθέτοντας ανάλογη σχέση βάση του δείκτη PCC (0,774).

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που διεξήχθησαν ανέδειξε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα παραπροϊόντα των δύο ποικιλιών ροδιού που μελετήθηκαν (Ερμιόνης και Wonderful), επιβεβαιώνοντας ότι τα παραπροϊόντα αυτά περιέχουν υψηλότερα επίπεδα φαινολικών ενώσεων με ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες συγκριτικά με τους καρπούς. Η ύπαρξη αυτών των ενώσεων καθιστά τα παραπροϊόντα ροδιού όχι μόνο αξιοποιήσιμα αλλά και ιδιαίτερα πολύτιμα για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Συνεπώς, προκύπτει ότι η απόρριψη αυτών των παραπροϊόντων οφείλει να αποφεύγεται, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων προϊόντων με υψηλή προστιθέμενη αξία.

Η ανάλυση των παραπροϊόντων του ροδιού μέσω των πειραματικών μεθόδων κατέδειξε τις υψηλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες των φαινολικών ενώσεων και των τανινών, προσφέροντας επιπλέον αξία στα παραπροϊόντα. Αυτή η ανακάλυψη ενισχύει τη δυνατότητα για αξιοποίηση των παραπροϊόντων στην παρασκευή συμπληρωμάτων διατροφής, καλλυντικών ή ακόμα και σε νέες βιοτεχνολογικές εφαρμογές για καινοτόμα προϊόντα τροφίμων. Τα αποτελέσματα του πειράματος ενισχύουν την άποψη ότι τα παραπροϊόντα του ροδιού δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως απόβλητα, αλλά μπορούν να γίνουν πηγή σημαντικής αξίας (οικονομικής και περιβαλλοντικής) για πολλές βιομηχανίες τροφίμων και μη.

Το ερωτηματολόγιο, το οποίο απευθυνόταν πιθανώς σε καταναλωτές ή επαγγελματίες του χώρου, έδωσε σημαντικές πληροφορίες για την αντίληψη του κοινού σχετικά με τη χρήση των παραπροϊόντων. Ενδέχεται να έχει καταγραφεί ένα αυξημένο ενδιαφέρον για προϊόντα που βασίζονται σε φυσικά αντιοξειδωτικά και περιβαλλοντικά βιώσιμες λύσεις, δείχνοντας την τάση της αγοράς προς μια κατεύθυνση που ευνοεί την αξιοποίηση φυσικών πόρων, μειώνοντας την σπατάλη των τροφίμων και αυξάνοντας την ευαισθητοποίηση των ανθρώπων για το περιβάλλον, την βιωσιμότητα και την κυκλική οικονομία. Η ανάλυση των απαντήσεων υποδεικνύει ότι οι καταναλωτές έχουν αρχίσει να αναγνωρίζουν την αξία των προϊόντων που βασίζονται σε ανακυκλωμένες φυσικές πρώτες ύλες και είναι πιθανό να υποστηρίξουν τέτοιες λύσεις στο μέλλον, έχοντας παράλληλα την σωστή ενημέρωση που απαιτείται.

Το συμπέρασμα αυτό ενισχύει τη σημασία της κυκλικής οικονομίας και της βιωσιμότητας στη βιομηχανία τροφίμων, προτείνοντας την αξιοποίηση των παραπροϊόντων αντί της απόρριψής τους. Επιπλέον, τα ευρήματα της παρούσας εργασίας τονίζουν την ανάγκη ενημέρωσης και εκπαίδευσης των καταναλωτών σχετικά με τα οφέλη αυτών των καινοτομιών, καθώς η αποδοχή νέων προϊόντων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της σπατάλης τροφίμων και του περιβαλλοντικού αντίκτυπου. Με τις τεχνικές παραλαβής βιοδραστικών ενώσεων να έχουν εξελιχθεί, δίνουν πλέον την δυνατότητα για καινοτόμες τεχνικές αλλά και την δημιουργία καινοτόμων τροφίμων, με την παρούσα μελέτη να δίνει νέες ευκαιρίες αξιοποίησης των παραπροϊόντων του ροδιού σε διάφορους τομείς από χρήση για ζωοτροφές, χρήση βιοδιασπώμενου υλικού σε καινοτόμες συσκευασίες για την μακρά συντήρηση των τροφίμων, έως την χρήση της φλούδας σε αποξηραμένη μορφή για τσάι, είτε ως συνοδευτικό σε επιδόρπια γιαουρτιού.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα ευρήματα, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για ακόμη εκτενέστερη μελέτη και διερεύνηση άλλων πιο σύνθετων ερωτημάτων. Η αξιοποίηση των παραπροϊόντων του ροδιού παρουσιάζει πολλές προοπτικές για το μέλλον με την έρευνα και την τεχνολογία να εξελίσσονται, είναι πιθανό να βρεθούν νέοι τρόποι για την ενσωμάτωση αυτών των συστατικών σε καινοτόμα προϊόντα, αυξάνοντας τη βιωσιμότητα και μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Οι τομείς της βιοτεχνολογίας, της φαρμακολογίας και των καλλυντικών θα μπορούσαν να επωφεληθούν άμεσα από αυτές τις ανακαλύψεις. Επιπλέον, η αναπτυσσόμενη ζήτηση για φυσικά και οικολογικά προϊόντα ανοίγει τον δρόμο για περισσότερη έρευνα και επενδύσεις στον τομέα αυτό. Η συνέχιση της έρευνας, ιδιαίτερα σε βιομηχανικό επίπεδο, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μεγαλύτερη εκμετάλλευση αυτών των παραπροϊόντων, καθιστώντας τα χρήσιμα τόσο από οικονομικής όσο και περιβαλλοντικής άποψης. Με την συγκεκριμένη μελέτη και έρευνα να δείχνει σημαντικό ενδιαφέρον εκ μέρους των καταναλωτών για προϊόντα που βασίζονται στα παραπροϊόντα ροδιού, η επιστήμη των τροφίμων ανοίγει διακλαδώσεις οι οποίες όχι μόνο ευνοούν τις βιομηχανίες αλλά και ενισχύουν την κυκλική οικονομία και βιωσιμότητα στον τομέα των τροφίμων.

13. Αναφορές

Γιάννης_19684016 και Ζώτος_18684030.pdf. (χ.χ.).

- Bellumori, M., Civa, V., Domizio, P., Innocenti, M., Balli, D., & Mulinacci, N. (2023). Industrial drying for agrifood by-products re-use: Cases studies on pomegranate peel (*Punica granatum* L.) and stoned olive pomace (pâtè, *Olea europaea* L.). *Food Chemistry*, *403*, 134338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134338>
- Campos, D. A., Gómez-García, R., Vilas-Boas, A. A., Madureira, A. R., & Pintado, M. M. (2020). Management of Fruit Industrial By-Products—A Case Study on Circular Economy Approach. *Molecules*, *25*(2), 320. <https://doi.org/10.3390/molecules25020320>
- Cano-Lamadrid, M., Martínez-Zamora, L., Castillejo, N., Bueso, M. C., Kessler, M., & Artés-Hernández, F. (2023). Ultrasound-assisted ethanolic extraction of punicalagin from pomegranate by-products influenced by cultivar, pre-drying treatment, particle size, and temperature. *LWT*, *186*, 115236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115236>
- Chhabra, N., Arora, M., Garg, D., & Samota, M. K. (2024). Spray freeze drying—A synergistic drying technology and its applications in the food industry to preserve bioactive compounds. *Food Control*, *155*, 110099. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110099>
- Chikezie Ogbu, C., & Nnaemeka Okey, S. (2023). Agro-Industrial Waste Management: The Circular and Bioeconomic Perspective. Στο F. Ahmad & M. Sultan (Επιμ.), *Agricultural Waste—New Insights*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.109181>
- El-Shamy, S., & Farag, M. A. (2021). Novel trends in extraction and optimization methods of bioactives recovery from pomegranate fruit biowastes: Valorization purposes for industrial applications. *Food Chemistry*, *365*, 130465. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130465>
- González-Santana, R. A., Blesa, J., Frígola, A., & Esteve, M. J. (2022a). Dimensions of household food waste focused on family and consumers. *Critical Reviews in*

- Food Science and Nutrition*, 62(9), 2342–2354.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1853033>
- González-Santana, R. A., Blesa, J., Frígola, A., & Esteve, M. J. (2022b). Dimensions of household food waste focused on family and consumers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(9), 2342–2354.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1853033>
- Khatib, M., Giuliani, C., Rossi, F., Adessi, A., Al-Tamimi, A., Mazzola, G., Di Gioia, D., Innocenti, M., & Mulinacci, N. (2017). Polysaccharides from by-products of the Wonderful and Laffan pomegranate varieties: New insight into extraction and characterization. *Food Chemistry*, 235, 58–66.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.041>
- Mokari, A., Guo, S., & Bocklitz, T. (2023). Exploring the Steps of Infrared (IR) Spectral Analysis: Pre-Processing, (Classical) Data Modelling, and Deep Learning. *Molecules*, 28(19), 6886. <https://doi.org/10.3390/molecules28196886>
- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>
- Panwar, D., Saini, A., Panesar, P. S., & Chopra, H. K. (2021). Unraveling the scientific perspectives of citrus by-products utilization: Progress towards circular economy. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 549–562.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.018>
- Piechnik, E., Smolka, J., Palacz, M., Tolstorebrov, I., Eikevik, T. M., Stebel, M., Haida, M., Nowak, A. J., Ciesielska, A., & Bodys, J. (2024). Experimentally validated CFD-tool for a freezing simulation in a small-scale freeze-dryer. *Journal of Food Engineering*, 367, 111888. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111888>
- Plaskova, A., & Mlcek, J. (2023). New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1118761. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118761>
- Saparbekova, A. A., Kantureyeva, G. O., Kudasova, D. E., Konarbayeva, Z. K., & Latif, A. S. (2023). Potential of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) by-product with significant antioxidant and therapeutic effects: A narrative review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103553.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103553>

Soleimanzadeh, A., Mizani, S., Mirzaei, G., Bavarsad, E. T., Farhoodi, M., Esfandiari, Z., & Rostami, M. (2024). Recent advances in characterizing the physical and functional properties of active packaging films containing pomegranate peel. *Food Chemistry: X*, 22, 101416. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101416>

Villacís-Chiriboga, J., Elst, K., Van Camp, J., Vera, E., & Ruales, J. (2020). Valorization of byproducts from tropical fruits: Extraction methodologies, applications, environmental, and economic assessment: A review (Part 1: General overview of the byproducts, traditional biorefinery practices, and possible applications). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 405–447. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12542>

<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2344762/nutrients>

<https://www.un.org/en/observances/end-food-waste-day>

International Day of Awareness of Food Loss and Waste

Κανονισμός (ΕΚ) 1069/2009

Οδηγία 2008/98/ΕΚ

Κανονισμός (ΕΚ) 852/2004

Νόμος 4819/2021

ΚΥΑ 181504/2016

Πολιτικές Κυκλικής Οικονομίας

<https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/Database,2022>

Upcycled Food”

Rubies in the Rubble

Barnana

Pulp Pantry

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1416>

<https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/POP>

[PGE/2020/prodiagrafes_rod_ermioni.pdf](https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/POP/PGE/2020/prodiagrafes_rod_ermioni.pdf)

Ευρωπαϊκό Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων.

13.1 Πηγές Εικόνων

Εικόνα εξωφύλλου: <https://www.ot.gr/2023/11/19/agro/rodi-me-oplo-tin-poiotita-katakta-tis-agores/>

Εικόνα 1: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Εικόνα 2: <https://www.pexels.com/el-gr/>

Εικόνα 3: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 4: [(González-Santana κ.ά., 2022b) σελ. 2]

Εικόνα 5: <https://www.onmed.gr/diatrofi/story/353296/rodi-ta-simantika-ofeli-toy-gia-tin-ygeia-andron-kai-gynaikon>

Εικόνα 6: [(El-Shamy & Farag, 2021) σελ. 8]

Εικόνα 7: [(El-Shamy & Farag, 2021) σελ. 9]

Εικόνα 8: [Upcycled Food](#), [Rubies in the Rubble](#), [Barnana](#), [Pulp Pantry](#)

Εικόνα 9: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 10: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 11: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 12: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 13: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 14: [(Γιάννης_19684016 και Ζώτος_18684030.pdf, χ.χ.) σελ.43]

Εικόνα 15: [(Mokari κ.ά., 2023) σελ. 2]

Εικόνα 16: Δημιούργημα τεχνητής νοημοσύνης AI