



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βελτιστοποίηση εκχύλισης βιοδραστικών ενώσεων με συμβατικές και πράσινες τεχνικές του φυτού γαϊδουράγκαθο(*Silybum Marianum*) μέσω μεθοδολογίας επιφάνειας απόκρισης: ταυτοποίηση βιοενεργών συστατικών με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης, και αξιολόγηση βιολογικής δράσης πριν την εφαρμογή σε τρόφιμα και φαρμακευτικά προϊόντα.

Using Conventional and Green Techniques via Response Surface Methodology: Identification of Bioactive Components by High-Performance Liquid Chromatography and Evaluation of Biological Activity Prior to Application in Food and Pharmaceutical Products.

ΤΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ AM 2821005

ΚΑΡΑΛΗ ΖΩΗ AM 2820006

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΧΑΤΖΗΜΗΤΑΚΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2025

©Copyright

ΤΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΚΑΡΑΛΗ ΖΩΗ

Σημείωμα των Συγγραφέων

Οι συγγραφείς βεβαιώνουν ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής μας εργασίας, και συνοδεύεται από παράθεση αναφορών στα σημεία που αφορούν στη δουλειά άλλων ερευνητών. Καθώς κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	viii
Abstract.....	ix
1. ΓΑΙΔΟΥΡΑΓΚΑΘΟ.....	10
1.1. Γενικές Πληροφορίες.....	10
1.2 Θρεπτική αξία	12
1.3 Γαϊδουράγκαθο και Σιλυμαρίνη στην Υγεία του Ανθρώπου.....	12
1.4 Εκχυλίσεις μέχρι σήμερα.....	15
1.5 Εφαρμογές του γαϊδουράγκαθου στα τρόφιμα, στα καλλυντικά και στα φάρμακα.....	17
2 ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ.....	19
2.1 Πολυφαινόλες (ορισμός και κατηγορίες).....	19
2.2 Αξία πολυφαινολών στον άνθρωπο.....	21
2.3 Τρόφιμα-Καλλυντικά-Φάρμακα με πρόσθετες πολυφαινόλες φυτικής προέλευσης.....	21
3 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ.....	23
3.1 Ορισμός Αντιοξειδωτικής Δράσης.....	23
3.2 Αξία Αντιοξειδωτικής Δράσης στον άνθρωπο.....	25
3.3 Τρόφιμα-Καλλυντικά-Φάρμακα με Αντιοξειδωτική Δράση.....	25

4	ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ.....	36
4.1	Stirring	36
4.2	Πλεονεκτήματα – Περιορισμοί.....	37
5.	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ.....	38
5.1.	Τεχνική Εκχύλισης PEF (Pulsed Electric Field).....	38
5.1.1.	Πλεονεκτήματα του PEF.....	39
5.2.	Τεχνική Εκχύλισης US (UltraSound).....	40
5.2.1	Πλεονεκτήματα του US.....	40
6.	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	41
7.	Υλικά και Μέθοδοι.....	42
7.1	Χημικές ουσίες και αντιδραστήρια.....	42
7.2	Συλλογή και διαδικασία εκχύλισης του γαϊδουράγκαθου (<i>SilybumMarianum</i>).....	42
8.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (RMS), ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	47
8.1	Αναλύσεις των εκχυλισμάτων και ανάλυση των διαφόρων πολυφαινολικών ενώσεων με την χρήση της μεθόδου HPLC.....	47
8.2	Στατιστική ανάλυση.....	49
8.3	Αποτελέσματα και συζήτηση.....	50
8.4	Στατιστική ανάλυση.....	52
8.5	Βελτιστοποίηση εκχύλισης.....	52

8.6 TPC των εκχυλισμάτων.....	56
8.7 Αντιοξειδωτικές ιδιότητες των εκχυλισμάτων	57
8.8 Μερική ανάλυση ελαχίστων τετραγώνων (PLS).....	58
8.9 Εφαρμογή σε τρόφιμο.....	59
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Silybum Marianum με μωβ άνθη.....	11
Εικόνα 2. Silybum Marianum με λευκά άνθη.....	11
Εικόνα 2. Δομή Σιλυμαρίνης.....	14
Εικόνα 3. Πολυφαινόλες.....	20
Εικόνα 4. Τρόπος Δράσης των Αντιοξειδωτικών.....	24
Εικόνα 5. Τρόφιμα-Acai Berries σε σκόνη.....	26
Εικόνα 6. Τρόφιμα-Arizona Ice Tea, Green Tea με ρόδι.....	27
Εικόνα 7. Καλλυντικά-Korres -Apothecary Wild Rose Night-Brightening Sleeping Facial...28	
Εικόνα 8. Καλλυντικά - Eneleo-Regeneration Oil Eneleo Gold Award.....	29
Εικόνα 9. Καλλυντικά- Florame Lys Perfection 5-in-1 Anti Aging Serum.....	30
Εικόνα 10. Καλλυντικά- Milk Thistle Herbal Cream.....	31
Εικόνα 11. Φάρμακα-Συμπληρώματα Διατροφής- Solgar-MilkThistle.....	32
Εικόνα 12. Φάρμακα-Συμπληρώματα Διατροφής- PowerHealth-PlatinumRangeTurmeric....	33
Εικόνα 13 Φάρμακα-Συμπληρώματα Διατροφής-LambertsGreenTea.....	34
Εικόνα 15. Γαϊδουράγκαθο που συλλέχθηκε.....	43
Εικόνα 16. Τεμαχισμένο Γαϊδουράγκαθο σε δύο κομμάτια πριν το Freeze-Drying σε λυοφιλιωτή Biobase BK-FD10P.....	45

Εικόνα 17. Αλεσμένο Γαϊδουράγκαθο μετά από Λυοφιλίωση.....	46
Εικόνα 18. Εκχύλιση των 3 δειγμάτων με τη μέθοδο ST.....	51
Εικόνα 19. Μερικός αναλυτής πρόβλεψης ελαχίστων τετραγώνων (PLS) κάθε μεταβλητής και συνάρτηση επιθυμητότητας με έλεγχο παρέκτασης για τη βελτιστοποίηση των εκχυλισμάτων.....	58
Εικόνα 20. Καραμελωμένα αχλάδια με προστιθέμενο λεμόνι, πριν την τοποθέτησή τους στους -18°C.....	59
Εικόνα 21. Sorbet Αχλάδι με εκχύλισμα από τους σπόρους του γαϊδουράγκαθου.....	60

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Τα πραγματικά και κωδικοποιημένα επίπεδα των ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας.....	44
Πίνακας 2. Προκαταρκτικά πειράματα εκχύλισης γαϊδουράγκαθου TPC με διαφορετικούς διαλύτες.....	50
Πίνακας 3. Πειραματικά ευρήματα για τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές υπό διερεύνηση....	54
Πίνακας 4. Λίστα πολυφαινολών που βρέθηκαν στο εκχύλισμα μετά από τη χρήση HPLC-DAD.....	55
Πίνακας 5. Μέγιστες προβλεπόμενες αποκρίσεις και βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης για τις εξαρτημένες μεταβλητές.....	57
Πίνακας 6. Μέγιστη επιθυμητή τιμή για όλες τις μεταβλητές με τη χρήση του προ φίλτρου πρόβλεψης μερικών ελαχίστων τετραγώνων (PLS) υπό τις βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης (X1: 4, X2: 4, X3:1, X4:5).....	57
Πίνακας 7. Μέσος όρος αποτελεσμάτων οργανοληπτικού ελέγχου Sorbet Αχλαδιού με εκχύλισμα από τους σπόρους του γαϊδουράγκαθου σε κλίμακα 1-5.....	62
Πίνακας 8. Μέσος όρος αποτελεσμάτων οργανοληπτικού ελέγχου Sorbet Αχλαδιού χωρίς εκχύλισμα σε κλίμακα 1-5.....	62

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε κατά τη χειμερινή περίοδο του Ακαδημαϊκού Έτους 2023 - 2024, στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η παρασκευή εκχυλισμάτων με πράσινες μεθόδους εκχύλισης, ανάλυση των πολυφαινολικών τους συστατικών με HPLC-DAD και αξιοποίηση τους για παρασκευή καινοτόμων τροφίμων.

Επιπλέον, θεωρούμε υποχρέωσή μας να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Θ.Χατζημητάκο και την συνεπιβλέπουσα υποψήφια διδάκτορα κα. Κ.Κωτσού για την πολύτιμη καθοδήγησή τους. Τέλος, οφείλουμε να αφιερώσουμε την πτυχιακή μας εργασία στους γονείς μας που μας συμπαράσταθηκαν όλα τα χρόνια της φοίτησης μας στο τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην Καρδίτσα.

Περίληψη

Η αυξανόμενη ερευνητική δραστηριότητα επικεντρώνεται στην αξιοποίηση φυτικών εκχυλισμάτων για την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, εμπλουτισμένων με αντιοξειδωτικές ουσίες. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η εκχύλιση βιοδραστικών ενώσεων (όπως πολυφαινόλες και φλαβονοειδή) από την ανθική κεφαλή του γαϊδουράγκαθου (*Silybum Marianum*) και η βελτιστοποίηση των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων μέσω της μεθοδολογίας επιφάνειας απόκρισης (Response Surface Methodology, RSM). Η διαδικασία βελτιστοποίησης επικεντρώθηκε στη διερεύνηση της επίδρασης της θερμοκρασίας, του χρόνου και της σύστασης του διαλύτη σε συμβατική εκχύλιση με μαγνητική ανάδευση. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η συμβολή δύο «πράσινων» τεχνικών, του παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (Pulsed Electric Field, PEF) και των υπερήχων (Ultrasound, US), μεμονωμένα αλλά και σε συνδυασμό, ως προς την ικανότητά τους να ενισχύσουν την απόδοση και την ποιότητα του εκχυλίσματος. Η έρευνα στοχεύει στη βελτίωση της συγκέντρωσης βιοδραστικών ενώσεων στο εκχύλισμα της ανθικής κεφαλής του γαϊδουράγκαθου, με προοπτική αξιοποίησης σε ποικίλους βιομηχανικούς τομείς, όπως η παραγωγή λειτουργικών τροφίμων, καλλυντικών και φαρμακευτικών σκευασμάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι βέλτιστες συνθήκες ήταν οι εξής: οι μέθοδοι εκχύλισης ήταν οι PEF-US-ST, με διαλύτη που περιείχε 75%v/v αιθανόλη σε νερό, όπου πρώτα πραγματοποιήθηκαν οι μέθοδοι PEF και US και στη συνέχεια η μέθοδος ST με διάρκεια εκχύλισης 30 λεπτά και θερμοκρασία εκχύλισης 80 °C. Η μέγιστη συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων που εκχυλίστηκαν ήταν 20,63mg ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE)/g και 84,98μmol ισοδύναμα ασκορβικού οξέος (AAE)/g και 30,44μmol AAE/g από την αντιοξειδωτική δοκιμή FRAP και DPPH, αντίστοιχα. Τέλος, στο βέλτιστο εκχύλισμα έγινε ανάλυση των πολυφαινολικών του συστατικών με HPLC-DAD. Εξασφαλίζοντας τη μέγιστη εκχύλιση των βιοδραστικών πολυφαινολικών ενώσεων και της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας, τα αποτελέσματα της έρευνας συμβάλλουν στην παραγωγή ενός καινοτόμου προϊόντος. Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας, εμπλουτίσαμε ένα sorbet αχλαδιού με εκχύλισμα από σπόρους του γαϊδουράγκαθου. Το εμπλουτισμένο sorbet ήταν οργανοληπτικά αποδεκτό από τους καταναλωτές κατά 57,9% και επιπλέον παρουσιάζει βελτιωμένο διατροφικό προφίλ, καθιστώντας το μια πιο υγιεινή και λειτουργική επιλογή επιδορπίου.

Abstract

Increasing research activity focuses on the use of plant extracts for the production of high added-value products enriched with antioxidants. This study examined the extraction of bioactive compounds (such as polyphenols and flavonoids) from the flower heads of milk thistle (*Silybum Marianum*) and the optimization of their antioxidant properties using Response Surface Methodology (RSM). The optimization process focused on investigating the effect of temperature, time, and solvent composition on conventional extraction with magnetic stirring. In addition, the contribution of two "green" techniques, Pulsed Electric Field (PEF) and Ultrasound (US), individually and in combination, was evaluated in terms of their ability to enhance the yield and quality of the extract. The research aims to improve the concentration of bioactive compounds in the extract of the flower head of the thistle, with a view to its use in various industrial sectors, such as the production of functional foods, cosmetics, and pharmaceutical preparations. According to the results, the optimal conditions were as follows: the extraction methods were PEF-US-ST, with a solvent containing 75% v/v ethanol in water, where the PEF and US methods were first performed, followed by the ST method with an extraction time of 30 minutes and an extraction temperature of 80 °C. The maximum concentration of total polyphenols extracted was 20,63 mg gallic acid equivalent (GAE)/g and 84,98 µmol ascorbic acid equivalents (AAE)/g and 30,44 µmol AAE/g from the FRAP and DPPH antioxidant tests, respectively. Finally, the polyphenolic components of the optimal extract were analyzed by HPLC-DAD. By ensuring the maximum extraction of bioactive polyphenolic compounds and antioxidant activity, the results of the research contribute to the production of an innovative product. As part of the thesis, we enriched a pear sorbet with milk thistle seed extract. The enriched sorbet was organoleptically acceptable to 57,9 % of consumers and also has an improved nutritional profile, making it a healthier and more functional dessert option.

1. ΓΑΪΔΟΥΡΑΓΚΑΘΟ (*Silybum Marianum*)

1.1.1. Γενικές πληροφορίες

Το γαϊδουράγκαθο (*Silybum marianum*), είναι ένα ποώδες φυτό που ανήκει στην οικογένεια των Asteraceae και αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά φαρμακευτικά φυτά της Μεσογείου. Συχνά συναντάται και με την παλαιότερη λατινική ονομασία *Carduus marianus*. Το φυτό αυτό έχει κάνει ερευνητική πρόοδο στη βοτανική, τη φυτοχημεία και τη φαρμακολογία (κατοχυρώθηκε στην Κινέζικη Φαρμακολογία από το 2005) λόγω των πολυάριθμων ευεργετικών του στην υγεία των ανθρώπων. Εξαπλώνεται σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή, κυρίως σε αυτές με ζεστό και ξηρό κλίμα όπως οι περιοχές της Μεσογείου, η Νότια Ευρώπη, η Βόρεια Αφρική, αλλά και τμήματα της Ασίας, της Αμερικής και της Αυστραλίας. Χάρη λοιπόν στην ανθεκτικότητά του, αναπτύσσεται σε εδάφη με περιορισμένη υγρασία και έχει την ικανότητα να κυριαρχεί στο οικοσύστημα όπου εγκαθίσταται, ανταγωνιζόμενο έντονα άλλα φυτά. Ως βότανο, πρόκειται για ένα ετήσιο ή σε σπάνιες περιπτώσεις διετές φυτό, το οποίο μπορεί να φτάσει σε ύψος έως και 2 μέτρα. Διαθέτει χαρακτηριστικά μεγάλα, γυαλιστερά φύλλα με λευκές φλέβες και αγκαθωτές άκρες, ενώ τα άνθη του είναι συνήθως μωβ ή λευκά, ανάλογα με την ποικιλία, όπως φαίνονται στην Εικόνα 1 και στην Εικόνα 2 αντίστοιχα. Οι καρποί του, γνωστοί ως αχαίνια, είναι σκληροί και καφέ, και περιέχουν τη δραστική ουσία που το έχει κάνει γνωστό. Στο Γαϊδουράγκαθο (*Silybum marianum*) εντοπίζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη σύγχρονη επιστημονική κοινότητα για τη βιοδραστική του σύνθεση, με κυρίαρχο συστατικό τη **σιλυμαρίνη**, ένα σύμπλεγμα φλαβονολιγνάνων και φλαβονοειδών, που περιέχονται στο εκχύλισμα των σπόρων του. Η σιλυμαρίνη έχει μελετηθεί εκτενώς για τις πολλαπλές της ιδιότητες όπως είναι η ηπατοπροστατευτική, η αντιοξειδωτική, η αντιφλεγμονώδης και πιθανόν και η αντικαρκινική. Η αυξανόμενη έρευνα γύρω από το γαϊδουράγκαθο αντικατοπτρίζει την προσπάθεια αξιοποίησής του ως φυσικού συμπληρώματος διατροφής και ως βασικού συστατικού σε σκευάσματα για παθήσεις του ήπατος και όχι μόνο. (Zhang et al., 2024)



Εικόνα 14. Silybum Marianum με μωβ άνθη



Εικόνα 15. Silybum Marianum με λευκά άνθη

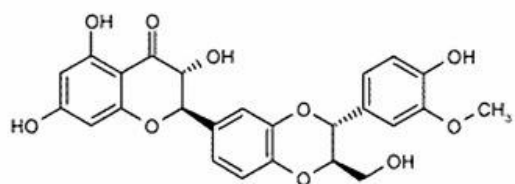
1.2. Θρεπτική αξία

Το μέρος του φυτού που έχει κινήσει περισσότερο το ενδιαφέρον των επιστημόνων λόγω της θρεπτικής του αξίας είναι οι σπόροι του γαϊδουράγκαθου. Κατά το στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας, ο σπόρος έχει ενεργειακή αξία 485kcal, περίπου 7% υγρασία, υδατάνθρακες περίπου 40% , 20–25% πρωτεΐνες, 20–30% λιπίδια, 0,038% τοκοφερόλες, 0,63% στερόλες, καθώς και άλλες ενώσεις όπως 3-δεοξυφλαβονολιγνάνες. Τα κυριότερα λιπαρά οξέα του ελαίου είναι το ελαϊκό (36,7%) και το λινολεϊκό οξύ (39,7%), ενώ σε μικρότερες συγκεντρώσεις απαντώνται το παλμιτικό (10,2%), το στεατικό (6,9%), το αραχιδικό (3,6%) και το βεχενικό (2,5%) οξύ, μαζί με ίχνη λινολενικού και εικοσενοϊκού οξέος. (Azizetal., 2021) Λόγω της θρεπτικής αξίας του το φυτό, λοιπόν, είναι βρώσιμο. Χρησιμοποιείται σε αφεψήματα με βράσιμο, τόσο μόνο του, όσο και συνδυαστικά μαζί με άλλα βότανα για πολλές και διάφορες χρήσεις όπως για αποτοξίνωση του ήπατος, όπου το γαϊδουράγκαθο φημίζεται για την ευεργετικότητά του. Ακόμη, αλεσμένοι, ωμοί οι σπόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σούπες και smoothies. (Marcedduetal., 2022) Το πιο σημαντικό όμως είναι το έλαιο που προκύπτει από τους σπόρους του φυτού, το οποίο είναι βρώσιμο, και έχουν γίνει έρευνες που δείχνουν ότι εμπλουτίζει τις τροφές με πολυφαινόλες και απαραίτητα λιπαρά οξέα ω3, ω6 και ω9. (El-haaketal., 2015; Chikhounetal., 2024) Τέλος, τα τελευταία χρόνια φαίνεται να υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και στα συμπληρώματα διατροφής όπως επίσης και στα καλλυντικά με ένα απ' τα κύρια συστατικά το γαϊδουράγκαθο με κύριες δράσεις την αποτοξίνωση, τη μείωση των ελεύθερων ριζών αλλά και στην περίπτωση των καλλυντικών, την θρέψη και την ενυδάτωση.(Malinca,n.d .; Makeup.gr, n.d.; Banobagi, n.d)

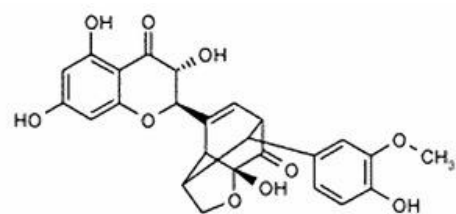
1.3. Γαϊδουράγκαθο και Σιλυμαρίνη στην Υγεία του Ανθρώπου

Η σιλυμαρίνη, η οποία εντοπίζεται στο γαϊδουράγκαθο, δεν είναι ένα απλό αντιοξειδωτικό αλλά είναι μία πολυλειτουργική ένωση, πιο συγκεκριμένα ένα σύμπλεγμα φλαβονολιγνάνων – δηλαδή φλαβονοειδών με λιγνάνες – που απομονώνονται από τους σπόρους/καρπούς του φυτού, ιδιαιτέρως ευεργετική στην υγεία του ανθρώπου λόγω των αντιφλεγμονόδων, ανοσοτροποποιητικών, αποτοξινωτικών επιδράσεων εξουδετερώνοντας τις ελεύθερες ρίζες και αυξάνοντας τις συγκεντρώσεις γλουταθειόνης, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θεραπεία της ηπατίτιδας και της κίρρωσης του ήπατος. Το ενεργό αυτό συστατικό του βοτάνου, είναι ένα σύμπλεγμα άλλων συστατικών, κυρίως σιλυβίνης Α, σιλυβίνης Β, ισοσιλυβίνης Α, ισοσιλυβίνης Β και επίσης άλλων φλαβονογονικών όπως σιλυχριστίνη, νεοσιλυερμίνη, σιλυχερμίνη και σιλυδιανίνη, η οποία υπάρχει στους καρπούς και τους σπόρους του

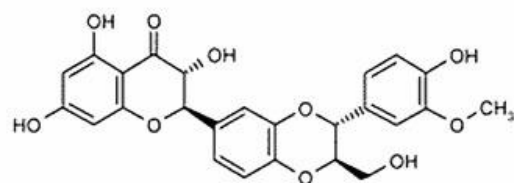
περισσότερο από τα άλλα μέρη. Ένα παράδειγμα της σύνθετης δομής της Σιλυμαρίνης φαίνεται στην Εικόνα 3. Εξαιτίας των παραπάνω, έχουν γίνει πολυάριθμες έρευνες που έχουν αποδείξει την αξία του γαϊδουράγκαθου στην υγεία του ανθρώπου. Μερικές εξ αυτών, όπως του Abenavoli και των συνεργατών του (2010), ασχολήθηκαν με τα αποτελέσματα που έχει στο ήπαρ και επιβεβαιώνουν την ηπατοπροστατευτική δράση μέσω αντιοξειδωτικών μηχανισμών και αντιφλεγμονώδους δράσης. Έπειτα, ο Florak και οι συνεργάτες του, το 1998, αναφέρουν ότι η σιλυμαρίνη αυξάνει τα επίπεδα γλουταθειόνης και ενισχύει την ανάπλαση των ηπατικών κυττάρων. Τέλος η ομάδα του Saller (2001), έδειξε σε μετα-ανάλυση που περιλαμβάνει 900 ασθενείς με ηπατικές παθήσεις (κίρρωση, ηπατίτιδα), ότι η σιλυμαρίνη μείωσε τα ηπατικά ένζυμα και οδήγησε σε στατιστικά σημαντική βελτίωση της ηπατικής λειτουργίας. Ακόμη υπάρχουν οι έρευνες των Singh και Agarwal (2006) που εντόπισαν αντικαρκινικές ιδιότητες του silibinin, μια φλαβονολιγνάνη που απομονώνεται από τους σπόρους του Γαϊδουράγκαθου, σε καρκινικά κύτταρα προστάτη και των Tamayo και Diamond (2007) οι οποίοι αναφέρουν πιθανή αντιδιαβητική δράση της σιλυμαρίνης μέσω ρύθμισης της γλυκόζης και βελτίωσης της ευαισθησίας στην ινσουλίνη.



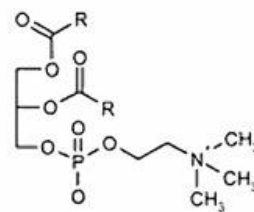
Silybin



Silidianin



Silychristin



Silipide

Εικόνα 16. Δομή Σιλυμαρίνης

1.4. Εκχυλίσαις μέχρι σήμερα

Το γαϊδουράγκαθο(*Silybummarianum*) αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε βιοδραστικές ενώσεις, κυρίως φλαβονολιγνάνες όπως η σιλυμαρίνη. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες που εξετάζουν διαφορετικές μεθόδους εκχύλισης, με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της βιοδραστικότητας των εκχυλισμάτων. Κάποιες από τις εκχυλίσαις που έγιναν είναι οι εξής:

- Εκχύλιση θρεπτικών συστατικών από γαϊδουράγκαθο με ζεστό νερό: Η έρευνα εξέτασε την εκχύλιση σιλυμαρίνης από άλευρο σπόρων Γαϊδουράγκαθου (*Silybummarianum*) με ζεστό νερό σε τέσσερις θερμοκρασίες: 50, 70, 85 και 100 °C, για διαφορετικούς χρόνους εκχύλισης. Στόχος ήταν να μελετηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση των κύριων φλαβονολιγνάνων. Μετά από 210 λεπτά εκχύλισης στους 100 °C, η απόδοση της ταξιφολίνης έφτασε τα 1,2 mg/g σπόρου (6,2 φορές υψηλότερη από Soxhlet), ενώ η σιλυχριστίνη 5,0 mg/g (3,8 φορές υψηλότερη). Η σιλυβινίνη Α και Β απέδωσαν 1,8 και 3,3 mg/g, αντίστοιχα, περίπου 30% της Soxhlet εκχύλισης. Παρατηρήθηκε ότι οι πιο πολικές ενώσεις (ταξιφολίνη, σιλυχριστίνη) εκχυλίζονται πιο αποδοτικά στους 85 °C, ενώ η λιγότερο πολική σιλυβινίνη προτιμά τους 100 °C.(Barretoetal., 2003)
- Αντιοξειδωτική δράση, συνολική περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή και φαινολικά σε διάφορα μέρη των φυτών *SilybumMarianum* L.: Η έρευνα αξιολόγησε τη συνολική περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή (TFC) και φαινολικά (TPC) σε διάφορα μέρη του γαϊδουράγκαθου (*Silybummarianum*), συμπεριλαμβανομένων των ριζών, κύριων μίσχων, φύλλων, δοχείων φρούτων και πτερυγίων σπόρου. Η εκχύλιση πραγματοποιήθηκε με φυτική αιθανόλη για την απομόνωση των βιοδραστικών ενώσεων. Τα εκχυλίσματα αξιολογήθηκαν με in vitro δοκιμές DPPH και FRAP για την αντιοξειδωτική τους δραστηριότητα. Τα πτερύγια σπόρου και οι ρίζες παρουσίασαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις TFC και TPC, καθώς και την ισχυρότερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα, υποδεικνύοντας ότι αποτελούν πολύτιμες πηγές φυσικών αντιοξειδωτικών για φαρμακευτικές και καλλυντικές εφαρμογές.(Sun et al., 2016)
- Χρήση πράσινης μεθόδου εκχύλισης (υπερήχων) για βελτιστοποίηση εκχύλισης φυσικών αντιοξειδωτικών και αντιγηραντικώνφλαβονολιγνάνων από τους

καρπούς του γαϊδουράγκαθου (*Silybummarianum*) (L.) Gaertn. για καλλυντικές εφαρμογές. Η μελέτη ανέπτυξε και επικύρωσε μια πράσινη μέθοδο εκχύλισης με υπερήχους (US) για τη σίλυμαρίνη από καρπούς γαϊδουράγκαθου (*Silybummarianum*). Στόχος ήταν η αύξηση της απόδοσης εκχύλισης και η διατήρηση της βιοδραστικότητας των συστατικών. Η μέθοδος παρήγαγε υψηλότερες αποδόσεις από τη συμβατική διαβροχή, ενώ τα εκχυλίσματα διατήρησαν ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιγηραντική δράση, αναστέλλοντας ένζυμα που σχετίζονται με τη γήρανση του δέρματος. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η US είναι κατάλληλη για την παραγωγή εκχυλισμάτων με πιθανή εφαρμογή σε καλλυντικά.

1.5. Εφαρμογές του γαϊδουράγκαθου στα τρόφιμα, στα καλλυντικά και στα φάρμακα

Το γαϊδουράγκαθο λόγω του προφίλ που έχει σαν φυτό, δηλαδή εξαιτίας της θρεπτικής του αξίας, έχει πολλές εφαρμογές. Αρχικά, έχει εγκριθεί το έλαιο των σπόρων του, και πιο συγκεκριμένα η σιλυμαρίνη, από το Κράτος του Καναδά ως πρόσθετο συστατικό στα τρόφιμα, έτσι ώστε να τα εμπλουτίσει, με την προϋπόθεση η μέγιστη ημερήσια πρόσληψη να είναι συνολικά 600mg και να μην ξεπερνάει τα 200mg σιλυμαρίνης ανά μερίδα. (Government of Canada, 2022).

Ακόμη, έρευνα έχει δείξει ότι τα υποπροϊόντα που προκύπτουν απ' την έκθλιψη ελαίου γαϊδουράγκαθου είναι τα πλακίδια ελαιούχων σπόρων, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως νέο συστατικό τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα, τα υποπροϊόντα αυτά χρησιμοποιήθηκαν πειραματικά στην παραγωγή ψωμιού χωρίς γλουτένη και η προσθήκη 10% των κλασμάτων αυτών αύξησε την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, λίπος, τέφρα και σιλυμαρίνη στο ψωμί. (Bedrníček, et al., 2022)

Επιπλέον, η σιλυμαρίνη έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορα σκευάσματα συμπληρωμάτων διατροφής αλλά και φυτικών φαρμάκων, ως κύριο συστατικό, αλλά και μαζί με άλλα εκχυλίσματα και συστατικά που βοηθούν στην αποτοξίνωση του ήπατος και τη μείωση της φλεγμονής. Κάποια από αυτά είναι:

- *Legalon*: φάρμακο για υποστηρικτική θεραπεία χρόνιων φλεγμονωδών ηπατικών παθήσεων, κίρρωσης του ήπατος και τοξικής ηπατικής βλάβης.
- *LiverCare* : Συμπλήρωμα διατροφής για το ήπαρ που περιέχει σιλυμαρίνη, εκχύλισμα αγκινάρας, κουρκουμά και χολίνη, όπου όλα μαζί συμβάλλουν στην αποτοξίνωση της χολής και στην διευκόλυνση της πέψης.
- *Hepasil DTX* : Συμπλήρωμα διατροφής με φόρμουλα υποστήριξης του ήπατος με το σύμπλεγμα αποτοξίνωσης-υποστήριξης InCelligence, που παρέχει μια ολοκληρωμένη σειρά φυτοχημικών, όπως εκχύλισμα πράσινου τσαγιού, εκχύλισμα γαϊδουράγκαθου, συμπύκνωμα μπρόκολου και εκχύλισμα ελιάς.

Μία ακόμη εφαρμογή του γαϊδουράγκαθου και πιο συγκεκριμένα της σιλυμαρίνης έχει πραγματοποιηθεί στα καλλυντικά. Μερικές μελέτες έχουν δείξει πως προσφέρει προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία και την φωτογήρανση λόγω της ισχυρής αντιοξειδωτικής δράσης της. Επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί και σε σκεύασμα όπως:

- *SkinCeuticalsSilymarin CF* : Αντιοξειδωτικός ορός προσώπου που βελτιώνει την όψη του λιπαρού και με τάση ακμής δέρματος και βοηθά στη προστασία του δέρματος από τις εξωτερικές επιθέσεις. Περιέχει βιταμίνη C, φερουλικό οξύ και σιλυμαρίνη.

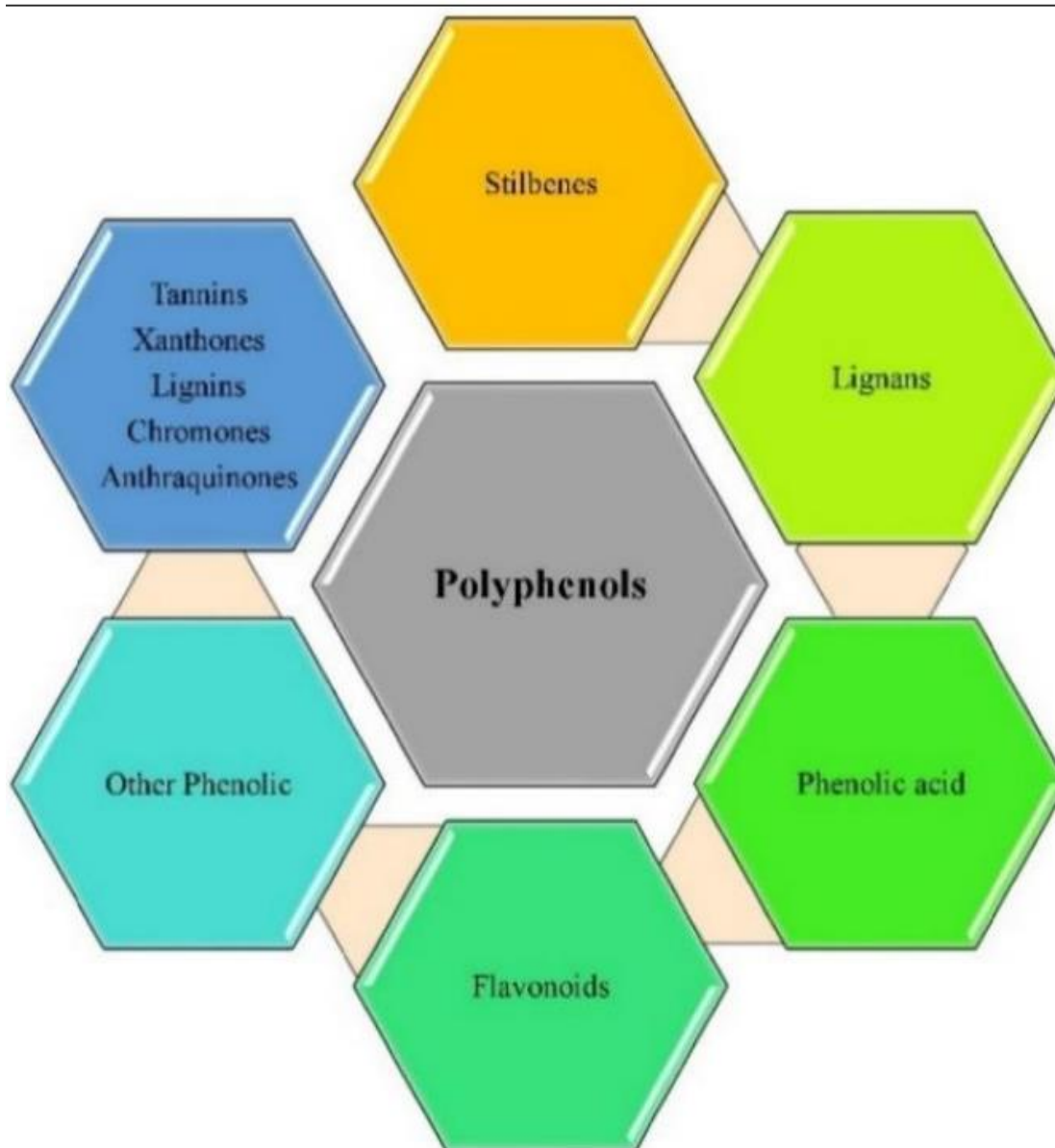
Τέλος, το Γαϊδουράγκαθο(*SilybumMarianum*) φαίνεται να χρησιμοποιείται και σε τροφές ζώων. Η χρήση του ως πρόσθετο ή συστατικό ζωοτροφών αποτελεί μια πρακτική προσέγγιση, καθώς η επίσημη καταχώρισή του ως κτηνιατρικό φάρμακο εμπλέκεται με πολύπλοκες διαδικασίες. Στα ζώα παραγωγής, η σιλυμαρίνη φαίνεται να ενισχύει τόσο την αποδοτικότητα όσο και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει τη σταθερότητα απέναντι στο οξειδωτικό στρες. Παράλληλα, υποστηρίζει τη λειτουργία του ήπατος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής, προάγει την υγεία και τη δομή του εντέρου και συμβάλλει στη μείωση παθογόνων μικροοργανισμών στο πεπτικό σύστημα.

Όσον αφορά τα κατοικίδια, όπως οι σκύλοι και οι γάτες, η σιλυμαρίνη χρησιμοποιείται κυρίως για τη διαχείριση οξέων και χρόνιων ηπατικών προβλημάτων, με στόχο την αποτοξίνωση και τη συμπληρωματική υποστήριξη άλλων θεραπειών — ακόμα και κατά τη διάρκεια χημειοθεραπείας. Στα άλογα, ειδικά σε αθλητικά ιπποειδή, η χορήγηση πάστας από σπόρους γαϊδουράγκαθου έχει φανεί ότι ενισχύει την ανάκαμψη του οργανισμού, επιταχύνοντας την επιστροφή των επιπέδων κορτιζόλης σε φυσιολογικά επίπεδα μετά από έντονη άσκηση.

2. Πολυφαινόλες

2.1.1. Πολυφαινόλες (ορισμός και κατηγορίες)

Οι πολυφαινόλες ορίζονται ως οργανικές ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους που περιέχουν έναν αρωματικό δακτύλιο (βενζολίου ή φαινόλης) με μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες στο μόριό τους και εντοπίζονται κυρίως σε φυτά. Η πολυκλοκότητα των παραπάνω είναι μεγάλη, γι' αυτό η αναφορά γίνεται σε μεγάλο εύρος ετερογενών ενώσεων. Οι πολυφαινόλες μπορούν να χωριστούν σε 2 κατηγορίες, σε φλαβονοειδή και μη φλαβονοειδή ή να υποδιαιρεθούν σε πολλές υποκατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των φαινολικών μονάδων εντός της μοριακής τους δομής, τις ομάδες υποκαταστατών ή/και τον τύπο σύνδεσης μεταξύ των φαινολικών μονάδων. (Singla et al., 2019) Οι πολυφαινόλες κατηγοριοποιήθηκαν σε διαφορετικές υποκατηγορίες ανάλογα με τη φύση της δράσης τους και τα δομικά τους συστατικά. Διαφορετικές πολυφαινόλες κατηγοριοποιήθηκαν σε φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, στυλβένια, λιγνάνες και άλλες πολυφαινόλες μαζί με ξανθόνες, τανίνες και ανθρακινόνες. (Zagoskina et al., 2023)



Εικόνα 17. Πολυφαινόλες

Η κύρια πηγή εύρεσης τους είναι τα φρούτα, τα λαχανικά, τα δημητριακά, τα όσπρια, τα βότανα και τα μπαχαρικά. Οι πολυφαινόλες αντιπροσωπεύουν φαρμακοθεραπευτικά συστατικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή φαρμάκων, λειτουργικών τροφίμων, χρωστικών και άλλων συμπληρωμάτων για την ανθρώπινη υγεία. Χρησιμοποιούνται τόσο ως

πρόληψη διάφορων παθήσεων, όσο και για ενίσχυση του ανοσοποιητικού, ως αντιβακτηριδιακοί-αντιμικροβιακοί παράγοντες. Ακόμη, ενθαρρύνουν την προστασία από μολυσματικές ασθένειες και φλεγμονές μέσω μηχανισμών ρύθμισης και εξουδετέρωσης πρωτεϊνών και ενζύμων.(Prabhu et al., 2021)

2.2. Αξία πολυφαινόλων στον άνθρωπο

Οι άγνωστες, στο παρελθόν, πολυφαινόλες έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλείς στο ευρύ κοινό αλλά και στην βιομηχανία πλέον. Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους, όπως κυρίως είναι οι μελέτες που έχουν αποδείξει την αξία τους στην διατροφή του ανθρώπου και την πρόληψη που παρέχουν σε διάφορες ασθένειες. Αρχικά, οι πολυφαινόλες είναι φυσικές ενώσεις που εμφανίζονται στα φυτά, συμπεριλαμβανομένων τροφίμων όπως φρούτα, λαχανικά, δημητριακά, τσάι, καφές και κρασί, κυρίως το κόκκινο. Η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών προλαμβάνει τον καρκίνο (Steinmetz&Potter, 1996), βοηθά στην καλή λειτουργία του εντέρου και την διατήρηση της μικροχλωρίδας του. Μπορεί επίσης να αποτρέψει το εγκεφαλικό επεισόδιο (Ness&Powles, 1997), ενώ η κατανάλωση κρασιού μπορεί να αποτρέψει τη στεφανιαία νόσο (Criqui&Ringel, 1994; Renaud& De Lorgeril, 1992). Η κατανάλωση τσαγιού μπορεί να προστατεύει από καρκίνους (Yang&Wang, 1993) και στεφανιαίες καρδιακές παθήσεις (Tijburgetal. 1997), και η κατανάλωση σόγιας μπορεί να προστατεύει από τον καρκίνο του μαστού και την οστεοπόρωση (Adlercreutz&Mazur, 1997). Επιπλέον, οι πολυφαινόλες είναι αναγωγικοί παράγοντες και, μαζί με άλλους διαιτητικούς αναγωγικούς παράγοντες, όπως η βιταμίνη C, η βιταμίνη E και τα καροτενοειδή, προστατεύουν τους ιστούς του σώματος από το οξειδωτικό στρες. Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη, χωρίς να υπάρχουν επαρκή στοιχεία λόγω της έλλειψης ολοκληρωμένων δεδομένων σχετικά με την περιεκτικότητα τους σε ορισμένες τροφές, είναι περίπου 1g/ ημέρα. (Scalbert&Williamson, 2000) Παρ' όλα αυτά, οι έρευνες πάνω σε αυτό το θέμα συνεχίζονται και ανανεώνονται.(Cardonaetal., 2013)

2.3. Τρόφιμα-Καλλυντικά-Φάρμακα με πρόσθετες πολυφαινόλες φυτικής προέλευσης

Η χρήση των πολυφαινόλων δεν έχει μείνει μόνο στα τρόφιμα, αλλά έχει πάρει έκταση και στην βιομηχανία καλλυντικών και φαρμάκων/συμπληρωμάτων διατροφής. Στην περίπτωση του Γαϊδουράγκαθο, περιέχεται στους σπόρους του μία ισχυρή φλαβονοιγνάνη, η Σιλυμαρίνη.

Η Σιλυμαρίνη αποτελείται από λιγνάνες, δηλαδή από πολυφαινόλες όπου είναι: η Σιλιβίνη (silibinin ή silybin) , όπου αποτελεί την πιο ισχυρή, η Σιλυδιανίνη (silydianin) και η Σιλυχριστίνη (silychristin). Επομένως, προϊόντα με εκχύλισμα από το φυτό Γαϊδουράγκαθο περιέχουν Σιλυμαρίνη και κατ' επέκταση, πολυφαινόλες. Μερικά παραδείγματα αναπτύσσονται παρακάτω αντίστοιχα:

Τρόφιμα:

- *Eubiotica Polyphenolic Olive Oil 100% With Milk Thistle Oil*-Ελαιόλαδο Ευβοίας, εξαιρετικά πλούσιο σε πολυφαινόλες, 600 mg/Lt, εμπλουτισμένο με έλαιο από γαϊδουράγκαθο. (iNatural, n.d.)
- *Μπισκότα εμπλουτισμένα με σκόνη σπόρων γαϊδουράγκαθου*- Σε εργαστηριακό επίπεδο μελετήθηκαν τα αποτελέσματα που θα είχε η αντικατάσταση μέρους του αλεύρου (5–20 %), με αλεσμένους σπόρους γαϊδουράγκαθου σε μπισκότα. Η μελέτη έδειξε υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά/πολυφαινόλες και φυτικές ίνες αλλά όχι τόσο μεγάλη οργανοληπτική επιτυχία, ενώ τα δισκία με 5 % είχαν και υψηλή αποδοχή από τους καταναλωτές. (Krystyjan et al., 2022).
- *Muffins με υποπροϊόντα από γαϊδουράγκαθο*- Μια μελέτη ανέπτυξε muffin ως λειτουργικά τρόφιμα με ηπατοπροστατευτική δράση χρησιμοποιώντας αποβουτυρωμένη σκόνη γαϊδουράγκαθου. Μέρος του αλεύρου αντικαταστάθηκε με υποπροϊόντα γαϊδουράγκαθου, εμπλουτίζοντας τη θρεπτική τους αξία με βιοδραστικά συστατικά (φλαβονολιγνάνες, ίνες), όπως επίσης διαπιστώθηκε ότι η προσθήκη σκόνης γαϊδουράγκαθου μειώνει το ψήσιμο, αυξάνει την ξήρανση των προϊόντων και την ικανότητα συγκράτησης νερού, και αυξάνει τον όγκο και την πυκνότητα των ψίχουλων των muffins. (Polonnikova et al., 2022).

Καλλυντικά:

- *BanoBagi Milk Thistle Repair Serum*-Επανορθωτικός Κορεάτικος Ορός προσώπου που ξεκουράζει, ενυδατώνει και επανορθώνει το δέρμα λόγω των συστατικών που περιέχει, εκ των οποίων το βασικό είναι το Γαϊδουράγκαθο το οποίο δίνει μία ξεκούραστη όψη στο δέρμα. (Banobagi, n.d.)
- *Olival Amino Activator Cream*- Συμπυκνωμένη κρέμα περιποίησης που ενυδατώνει σε βάθος, θρέφει και καταπραΰνει το δυσανεκτικό, αντιδραστικό και ευαίσθητο

δέρμα. Ένα απ' τα δραστικά συστατικά της είναι το Γαϊδουράγκαθο, όπου προάγει την ανανέωση της επιδερμίδας. (Olival, n.d.)

- Αξιοσημείωτο είναι ότι έχουν γίνει έρευνες που είναι σε εξέλιξη για το εκχύλισμα γαϊδουράγκαθου στα καλλυντικά, συνδυαστικά και μαζί με άλλα εκχυλίσματα φυτών και βοτάνων, που βοηθούν στη μείωση των ελεύθερων ριζών και κατ' επέκταση στην αντιγήρανση. (Jadoonet al., 2015) (Zarrouket al., 2019)

Φάρμακα-Συμπληρώματα Διατροφής

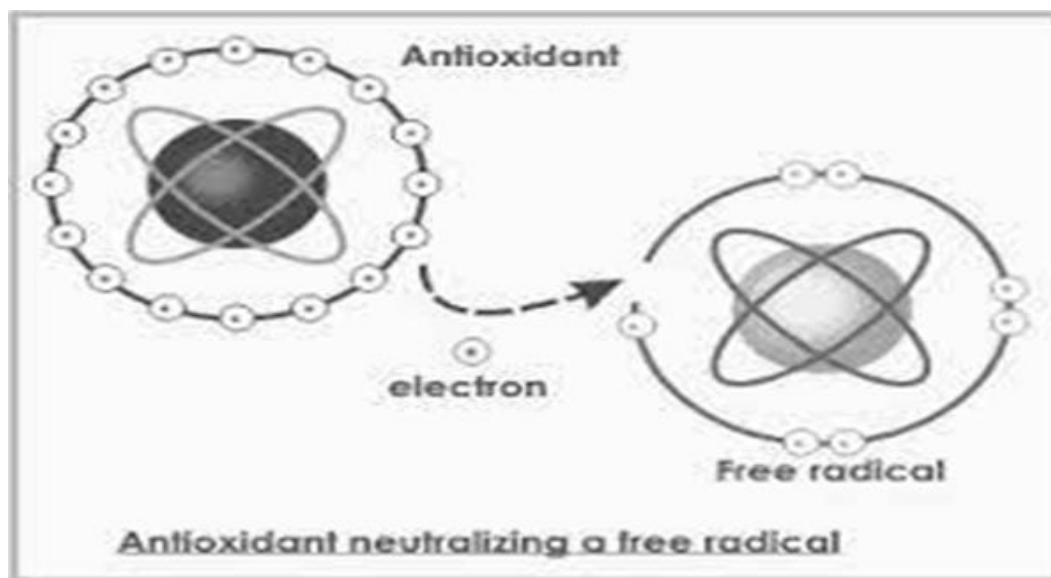
- *Siliphos* : Συμπλήρωμα διατροφής με σιλυμαρίνη που αποτελείται από σιλυβίνη, σιλυδιανίνη και σιλυχριστίνη, και υποστηρίζει τις φυσικές διαδικασίες αποτοξίνωσης του ήπατος, βοηθά στην προστασία από τις ελεύθερες ρίζες και στη διατήρηση των φυσιολογικών επιπέδων γλουταθειόνης.
- *Lamberts MilkThistle*: τιτλοδοτημένο διατροφικό συμπλήρωμα με το βότανο γαϊδουράγκαθο. Η κύρια δραστική ουσία του γαϊδουράγκαθου είναι η Σιλυμαρίνη, όπου αποτελείται από τρεις επιμέρους ενώσεις: τη Σιλυβίνη, σιλυχριστίνης και σιλυδιανίνης που ανήκουν στις φλαβονολιγνάνες, μεταξύ των οποίων το πιο σημαντικό φαίνεται να είναι το Silybin. Κύρια χρήση του συμπληρώματος είναι η αποτοξίνωση του ανθρώπινου οργανισμού. (Vita4You, n.d.)

3. Αντιοξειδωτική Δράση

3.1.1. Ορισμός Αντιοξειδωτικής Δράσης

Η αντιοξειδωτική δράση είναι η ικανότητα μιας ουσίας να επιβραδύνει ή να εμποδίζει την οξείδωση άλλων μορίων, προστατεύοντας τα κύτταρα από την καταστροφή που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες ή άλλες δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS). (Gutteridge & Halliwell, 1990; Lobo et al., 2010). Ωστόσο, ένας από τους πιο ευρέως διαδεδομένους ορισμούς του αντιοξειδωτικού προτάθηκε από τον Halliwell (1995). Σύμφωνα με αυτόν, αντιοξειδωτικό χαρακτηρίζεται κάθε ουσία η οποία, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις συγκριτικά με ένα οξειδωσιμο υπόστρωμα, είναι ικανή να επιβραδύνει ή να αποτρέψει την οξείδωση του υποστρώματος αυτού. Παρακάτω, στην εικόνα 1 φαίνεται ο τρόπος δράσης των αντιοξειδωτικών, ο οποίος μπορεί να εκδηλωθεί μέσω ποικίλων μηχανισμών, όπως η αναστολή

της παραγωγής ή της δράσης των αντιδραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) και αζώτου (RNS), η ικανότητα μείωσης, η χηλίωση μεταλλικών ιόντων, η εξουδετέρωση του μονομοριακού οξυγόνου (singlet oxygen), καθώς και η διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου. (Gulcin, 2025).



Εικόνα 18. Τρόπος Δράσης των Αντιοξειδωτικών

Ορισμένα στοιχεία με έντονη αντιοξειδωτική δράση είναι οι βιταμίνες C και E, τα καροτενοειδή (όπως η β-καροτίνη, το λυκοπένιο, η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη), το σελήνιο, τα φλαβονοειδή και οι πολυφαινόλες, όπως αυτές που βρίσκονται στο πράσινο τσάι και στο κόκκινο κρασί. Ο σημαντικότερος λόγος για τον προστατευτικό ρόλο πολλών φαινολικών ενώσεων στα φυτά θεωρείται η αντιοξειδωτική τους δράση. Η δέσμευση των ελεύθερων ριζών που προκύπτουν από την υπεριώδη ακτινοβολία, UV, καθώς και από άλλους παράγοντες, αποτρέπει την οξειδωτική καταστροφή των φυτικών ιστών. Τα φλαβονοειδή που βρίσκονται στα φύλλα απορροφούν στο ίδιο μήκος κύματος με την ακτινοβολία, λειτουργώντας ως φίλτρα προστασίας των ιστών από τη UV (Harborne&Williams, 2000; Scalbertetal., 2002). Πληθώρα επιστημονικών μελετών έχει δείξει ότι οι φαινολικές ενώσεις έχουν την ικανότητα να προστατεύουν τα φυτά από μικροβιακούς εισβολείς, όπως ιοί, μύκητες και βακτήρια, ενώ η αντιμικροβιακή δράση εξαρτάται από τον αριθμό των υδροξυλίων. Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι κάποια φλαβονοειδή απωθούν τους νηματώδεις και άλλα είδη εντόμων από τα φυτά, προστατεύοντας τα από τις καταστροφικές τους επιθέσεις (Harborne&Williams, 2000). Ωστόσο μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι φυτικές πολυφαινόλες εφόσον προσφέρουν πολλά οφέλη για την πρόληψη ποικίλων ασθενειών, όπως καρκίνος, νευροεκφυλιστικές νόσοι,

καρδιαγγειακά νοσήματα. Τα βρώσιμα και μη βρώσιμα μέρη των φρούτων π.χ. πολτός, σπόροι, φλούδες, μίσχοι, άνθη, αποτελούν σημαντικές πηγές πολυφαινόλων. Διαφορετικές βιομηχανικές διεργασίες για την επεξεργασία και την εμπορευματοποίηση των φρούτων επηρεάζουν τη συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και πιθανώς τη βιολογική δράση. (Bensaadaetal., 2022)

3.2 Αξία Αντιοξειδωτικής Δράσης στον άνθρωπο

Ο ρόλος της αντιοξειδωτικής δράσης είναι πολύ σημαντικός για τον ανθρώπινο οργανισμό. Πιο συγκεκριμένα, έπειτα από πληθώρα ερευνών αποδείχθηκε πως η αντιοξειδωτική δράση είναι η ικανότητα μιας ουσίας να εξουδετερώνει ή να περιορίζει την δράση των ελεύθερων ριζών στο σώμα. Οι ελεύθερες ρίζες είναι ασταθή μόρια που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια μεταβολικών διεργασιών στο ανθρώπινο σώμα ή λόγω εξωτερικών παραγόντων, όπως το κάπνισμα τσιγάρων, η ρύπανση και η ακτινοβολία. Στην περίπτωση που δεν υπάρξει έλεγχος, μπορούν να προκαλέσουν οξειδωτικό στρες, δηλαδή, μία ανισορροπία μεταξύ οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών με τα οξειδωτικά να υπερτερούν (Sies, 1997). Το γεγονός αυτό, οδηγεί σε βλάβες στα κύτταρα, τη γήρανση και διάφορες ασθένειες, όπως ο καρκίνος και τα καρδιαγγειακά νοσήματα.

3.3 Τρόφιμα-Καλλυντικά-Φάρμακα με Αντιοξειδωτική Δράση

Τα τελευταία χρόνια φαίνεται πως οι άνθρωποι έχουν εντάξει στην ζωή τους την χρήση συνθετικών και φυτικών αντιοξειδωτικών των τροφίμων, τόσο σε τρόφιμα όσο και σε φάρμακα, ώστε να τα προστατεύουν από την οξείδωση. Ωστόσο, μέσω κάποιων μελετών που έγιναν σχετικά με ορισμένα συνθετικά αντιοξειδωτικά, π.χ. BHT και BHA διαπιστώθηκε πως λόγω διαφόρων φυσικών ιδιοτήτων τους, όπως η αστάθειά τους σε υψηλές θερμοκρασίες ή η καρκινογόνος φύση τους, η χρήση σύνθετων αντιοξειδωτικών φέρνει ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Επομένως, λόγω της αύξησης κινδύνου για τον ανθρώπινο οργανισμό, οι καταναλωτές κατάφεραν να στρέψουν την προσοχή των κατασκευαστών στα φυσικά αντιοξειδωτικά. (Lobo et al., 2010) Ένα παράδειγμα, θα μπορούσε να αποτελεί το γαϊδουράγκαθο διότι, όπως προαναφέρθηκε, διαθέτει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση λόγω της σιλυμαρίνης. Ωστόσο, κάνοντας μία μικρή έρευνα μπορεί να διαπιστωθεί ότι, η κατανάλωσή του συναντάται συνήθως ως αφέψημα ή ως συμπλήρωμα διατροφής. Παρακάτω αναφέρονται μερικά προϊόντα με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση προερχόμενη από ποικίλα εκχυλίσματα φυτών και καρπών.

Τρόφιμα

- *Acai berries – Acai bowls*, όσον αφορά τα açaiberrys συνήθως τα προμηθευόμαστε είτε σε μορφή σκόνης είτε κατεψυγμένα ώστε να τα χρησιμοποιήσουμε για την παρασκευή των açaibowls. Αυτά έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά, αμινοξέα, ωμέγα 3 & 6, λιπαρά οξέα, βιταμίνες A, C, D, E, B1, B2, B3, B6 & B12, μέταλλα, ανθοκυάνες, φυτικές ίνες και στερόλες. που βοηθούν στην προστασία του οργανισμού από ασθένειες όπως ο καρκίνος και ο διαβήτης.



Εικόνα 19. Τρόφιμα-Acai Berries σε σκόνη

• *Arizona - IceTea, greentea με Ρόδι*, το ρόδι είναι πλούσιο σε ευεργετικές ιδιότητες. Αξίζει να σημειωθεί πως αποτελεί μία από τις πιο ισχυρές πηγές αντιοξειδωτικών και μαζί με το πράσινο τσάι αποτελούν ένα υπερ- διατροφικό συνδυασμό. Τα ρόδια αναζωογονούν και μας χαρίζουν μακροζωία.



Εικόνα 20. Τρόφιμα-Arizona Ice Tea, Green Tea με ρόδι

Ανάπτυξη γάλακτος που έχει υποστεί ζύμωση και περιέχει σιλβίνη και πρωτεΐνη από γαϊδουράγκαθο. Συγκεκριμένα, η σιλβίνη είναι μία φαρμακευτική ουσία που βρίσκεται στο περίβλημα του γαϊδουράγκαθου και συμβάλλει στην προστασία του ήπατος, καθώς διαθέτει και αντικαρκινικές ιδιότητες.(Liu et al., 2023)

Καλλυντικά

- *Korres Apothecary Wild Rose Night- Brightening Sleeping Facial*, περιέχει έλαιο από άγριο τριαντάφυλλο το οποίο είναι 9 φορές πιο πλούσιο σε βιταμίνη C από έναν χυμό πορτοκαλιού. Επίσης, είναι πηγή ισχυρών αντιοξειδωτικών, πλούσιο σε Ω3, Ω6, Ω9 λιπαρά οξέα και βιταμίνη A. Τέλος, προσφέρει λάμψη και ενυδάτωση της επιδερμίδας καθώς και βοηθάει στην βελτίωση των πρώτων ρυτίδων.



Εικόνα 21. Καλλυντικά-Korres -Apothecary Wild Rose Night-Brightening Sleeping Facial

- *Eneleo - Regeneration Oil EneleoGoldAward*, περιέχει πλούσια ευεργετικά συστατικά, όπως εκχυλίσματα ελίχρυσου, εσπεριδοειδών και κουρκουμά, τα οποία προστατεύουν την επιδερμίδα από την πρόωρη γήρανση και επανορθώνουν φυσικά σημάδια και πανάδες.



Εικόνα 22. Καλλυντικά - Eneleo-Regeneration Oil Eneleo Gold Award

- *Florame – Florame LysPerfection 5-in-1 Anti-Aging Serum*, περιέχει εκχυλίσματα από άνθη ορχιδέας, φλοιό μανόλιας και σπόρου *Tephrosia purpurea*, τα οποία συνδυάστηκαν ώστε να δημιουργήσουν ένα καταπληκτικό σύμπλεγμα ανάπλασης που χαρίζει στην επιδερμίδα ανανεωμένη λάμψη και ζωντάνια. Επιπλέον, τα εκχυλίσματα κυττάρων cranberry που περιέχει προσφέρουν σφριγηλότητα και ελαστικότητα στο δέρμα.



Εικόνα 23. Καλλυντικά- Florame Lys Perfection 5-in-1 Anti Aging Serum

- *MilkThistleHerbalCream* / Αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδης, πρόκειται για φυτική κρέμα που περιέχει φυσικό βιολογικό εκχύλισμα γαϊδουράγκαθου (*Silybummarianum*) το οποίο παράγεται από τους σπόρους του φυτού. Είναι κατάλληλη για ενυδάτωση και θρέψη του δέρματος.



Εικόνα 24. Καλλυντικά- *Milk Thistle Herbal Cream*

Φάρμακα- Συμπληρώματα διατροφής

- *Solgar - MilkThistle (SilybumMarianum)*, διατροφικό συμπλήρωμα με εκχύλισμα σπόρων γαϊδουράγκαθου, τιτλοδοτημένο σε σιλυμαρίνη, το κύριο δραστικό συστατικό του. Προάγει την ομαλή πέψη και υποστηρίζει τη φυσιολογική ηπατική λειτουργία.

Κάθε κάψουλα αποδίδει 80mg σιλυμαρίνης και η συνιστώμενη δόση για τους ενήλικες είναι 1 κάψουλα έως 3 φορές ημερησίως.



Εικόνα 25. Φάρμακα-Συμπληρώματα Διατροφής- Solgar-MilkThistle

- *POWER HEALTH - PLATINUM RANGE Turmeric 500mg*, διατροφικό συμπλήρωμα που περιέχει εκχύλισμα ρίζας κουρκουμά, τιτλοδοτημένο σε 20% κουρκουμίνη. Περιέχει βιοδραστικές ενώσεις που ονομάζονται κουρκουμινοειδή, με κυριότερη την κουρκουμίνη, η οποία είναι γνωστή για τις αντιοξειδωτικές της ιδιότητες. Επίσης, λόγω της αντιφλεγμονώδους δράσης της βοηθά στην αντιμετώπιση πόνων στις αρθρώσεις, ενώ η αντιβακτηριακή ιδιότητά

του υποστηρίζει την πεπτική λειτουργία. Παράλληλα, επιδρά αντιοξειδωτικά προστατεύοντας αγγεία και αρτηρίες.



Εικόνα 26. Φάρμακα-Συμπληρώματα Διατροφής- PowerHealth-PlatinumRangeTurmeric

- Lamberts - GreenTea, διατροφικό συμπλήρωμα με πράσινο τσάι (*Camelliasinensis*). Παρέχει 250 mg κατεχινών από φύλλα πράσινου τσαγιού με το αμινοξύ L-Theanine. Το πράσινο τσάι θεωρείται ότι αυξάνει τον μεταβολικό ρυθμό δηλαδή, την ικανότητα του σώματός μας να μετατρέπει τη τροφή σε ενέργεια. Έτσι λοιπόν, για το λόγο αυτό αποτελεί δημοφιλές συμπλήρωμα διατροφής μεταξύ αυτών που ανησυχούν για το σωματικό βάρος τους.



Εικόνα 27 Φάρμακα-Συμπληρώματα Διατροφής-LambertsGreenTea

4. Πλεονεκτήματα-Περιορισμοί της φυτικής έναντι της ζωικής προέλευσης προϊόντων.

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται αύξηση ευαισθητοποίησης των ανθρώπων με θέματα που σχετίζονται με την υγεία, το περιβάλλον και την ηθική ευζωία των ζώων, γεγονός το οποίο έχει στρέψει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, αλλά και των καταναλωτών, προς τα προϊόντα φυτικής προέλευσης. Ωστόσο, ποια είναι τα πραγματικά πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί των φυτικών προϊόντων σε σύγκριση με εκείνα ζωικής προέλευσης;

Πλεονεκτήματα:

- **Αρχικά παρατηρείται μείωση κινδύνου χρόνιων παθήσεων:**

Μελέτες συνδέουν τις φυτικές δίαιτες με μειωμένο κίνδυνο υπέρτασης, διαβήτη τύπου 2, παχυσαρκίας, καρκίνου (ιδιαίτερα του παχέος εντέρου) και πρόωρης θνησιμότητας (Neuenschwander et al., 2023)

Επιπλέον, βοηθά στην βελτίωση δείκτη μάζας σώματος(BMI):

Οι φυτικές δίαιτες, προωθώντας τον κορεσμό, βελτιώνοντας την υγεία του εντέρου, σταθεροποιώντας τις ορμόνες της πείνας και ενθαρρύνοντας την προσεκτική διατροφή, μπορούν να υποστηρίξουν χαρακτηριστικά της όρεξης που ευνοούν τον έλεγχο του βάρους. (Wiśniewska et al., 2025)

- **Όσον αφορά τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο:**

Η κατανάλωση προϊόντων φυτικής προέλευσης έχει χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα αφού με βάση την μελέτη φαίνεται να μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου καθώς και την χρήση φυσικών πόρων. (Ferrari et al., 2022).

- **Ηθική & ζωική ευημερία:**

Εφόσον, αποφεύγεται η εκμετάλλευση και η κακομεταχείριση ζώων.

Περιορισμοί:

- **Μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα πρωτεϊνών και μακροθρεπτικών**

Οι φυτικές πρωτεΐνες (π.χ. από όσπρια, σόγια, φασόλια) έχουν χαμηλότερη ποιότητα και βιοδιαθεσιμότητα σε σχέση με αυτές των ζωικών πηγών, λόγω αντιθρεπτικών παραγόντων όπως φυτικά οξέα και αναστολείς ενζύμων. Αυτό οδηγεί σε μειωμένη πέψη και αξιοποίηση των αμινοξέων. (Gräfenhahn & Beyrer, 2024)

- **Έλλειψη ή ανεπαρκής πρόσληψη ορισμένων μικροθρεπτικών:**

Βιταμίνη B12: δεν περιέχεται σε φυτικά τρόφιμα και πρέπει να χορηγείται μέσω συμπληρωμάτων ή εμπλουτισμένων προϊόντων.

Σίδηρος, ψευδάργυρος, ασβέστιο, ιώδιο, βιταμίνη D: Διαπιστώνεται πως σε φυτικές δίαιτες η απορρόφηση είναι αρκετά μειωμένη και υπάρχει σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση σε σχέση με ζωικές πηγές. (Malhotra & Lakade, 2025)

- **Αντιθρεπτικά συστατικά:**

Συστατικά όπως φίφατα, οξαλικά, ταννίνες, λεκτίνες, σαπωνίνες που περιέχονται σε όσπρια και δημητριακά μπορούν να μειώσουν την απορρόφηση μετάλλων και θρεπτικών, επηρεάζοντας την πέψη και την υγεία του εντέρου.

Επιπλέον, κάποιες εναλλακτικές επιλογές «κρέατος» φυτικής προέλευσης που συχνά χαρακτηρίζονται ως ultra-processed (UPFs), περιέχουν αυξημένα επίπεδα νατρίου, ζάχαρης,

λιπαρών, και πρόσθετων συστατικών που ενδεχομένως σχετίζονται με αύξηση φλεγμονής, υπέρταση και μεταβολικές διαταραχές, κυρίως σε ευάλωτους οργανισμούς. (ElSadig&Wu, 2024)

4. Συμβατικές τεχνικές εκχύλισης

4.1 Stirring

Η ενσωμάτωση διαφόρων φυτών, βοτάνων ή υποπροϊόντων τροφίμων σε νέα τρόφιμα γίνεται κυρίως μέσω εκχυλισμάτων. Οι τεχνικές μικροεκχύλισης βασίζονται σε φυσικοχημικές διεργασίες που επιτρέπουν τη μεταφορά μάζας μεταξύ δύο ή περισσότερων φάσεων. Η μεταφορά αυτή καθορίζεται από 2 παράγοντες, τον θερμοδυναμικό ο οποίος ορίζει την μέγιστη ποσότητα αναλυτών που συνίσταται να εξαχθούν από μία τεχνική και τον κινητικό που ορίζει τον ρυθμό με τον οποίο συμβαίνει αυτή η μεταφορά. Έτσι λοιπόν, φαίνεται πως οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση της εκχύλισης (Cárdenas&Lucena, 2017).

Τα τελευταία χρόνια, η επιστημονική κοινότητα έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στις μεθόδους εκχύλισης, με πληθώρα ερευνών να εστιάζουν στη βελτιστοποίησή τους. Στον τομέα των τροφίμων χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές, όπως η εκχύλιση υγρού-υγρού (LLE), η εκχύλιση με διαλύτες (SE), η μέθοδος Soxhlet, η εκχύλιση στερεάς φάσης (SPE) και η εκχύλιση με ράβδο ανάδευσης (SBSE), η οποία αναφέρεται συχνά λόγω της ευρείας εφαρμογής της (Campilloetal., 2010) Η τελευταία αναφερόμενη μέθοδος εισήχθη για πρώτη φορά το 1999 από τους Baltussen και τους συνεργάτες τους ως μία καινούργια και εξελιγμένη τεχνική προετοιμασίας δειγμάτων, κατά την οποία διαπιστώθηκε πως απαιτεί μικρή ποσότητα δείγματος, γεγονός που συνεπάγεται και μειωμένη κατανάλωση διαλύτη. Αυτό αποτελεί ένα πλεονέκτημα αν σκεφτεί κανείς πως σε αρκετές συμβατικές τεχνικές εκχύλισης απαιτούνται σημαντικές ποσότητες δείγματος και οργανικών διαλυτών, με τους πιο σύνηθες να είναι η μεθανόλη και η αιθανόλη. Αναλύοντας την μέθοδο της εκχύλισης με ράβδο ανάδευσης αρχικά ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ράβδοι ανάδευσης 10mm, οι οποίες απαρτίζονται από 3 βασικά μέρη μια μαγνητική ράβδος ανάδευσης που είναι απαραίτητη για τη περιστροφική κίνηση, ένα λεπτό γυάλινο περίβλημα που καλύπτει τη μαγνητική ράβδο ανάδευσης και το εξωτερικό μέρος που είναι ένα στρώμα πολυδιμεθυλοσιλοξανίου 0,5 mm (Kawaguchi et al., 2013). Αυτές μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν έως και 100 φορές. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται γυάλινα φιαλίδια στα οποία θα υπάρχει η ράβδος, το δείγμα καθώς και ο διαλύτης που θα χρειαστεί. Τα φιαλίδια πωματίζονται με καπάκια από υλικό

πολυτετραφθοροαιθυλενίου ή σιλικόνης ώστε να αποφευχθεί η εξάτμιση του διαλύματος και στην συνέχεια τοποθετούνται πάνω σε μαγνητική πλάκα ανάδευσης είτε υπό θέρμανση, είτε σε θερμοκρασία δωματίου (Campilloetal., 2010). Κατά την διαδικασία της μεθόδου, στην αρχή συνήθως ζυγίζονται 5g δείγματος, το οποίο θα πρέπει να είναι κονιορτοποιημένο, καθώς και 2ml διαλύτη, τα οποία όπως προαναφέραμε τοποθετούνται στο γυάλινο φιαλίδιο, μαζί με την μπάρα ανάδευσης και στο τέλος πωματίζεται. Γενικά, οι χημικές εκχύλισεις είναι πολύ σημαντικές και επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως χρόνος, θερμοκρασία, διαλύτης ή ποσότητα διαλύτη καθώς και από την χημική σύνθεση ή τα φυσικά χαρακτηριστικά του αναλυόμενου δείγματος. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να γίνουν διάφοροι συνδυασμοί αυτών των παραμέτρων προκειμένου να πάρουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα για την ανάκτηση των αντιοξειδωτικών. Με το τέλος της εκχύλισης αφαιρείται η ράβδος ανάδευσης από το διάλυμα και παραλαμβάνονται συνήθως 20 μL εκχυλίσματος με δειγματολήπτη (Durazzo, 2017). Τέλος, έχει διαπιστωθεί πως ένας ακόμη λόγος που χρησιμοποιείται η μέθοδος εκχύλισης με ράβδο είναι διότι ανιχνεύονται σημαντικές αρωματικές και γευστικές ενώσεις. (Prietoetal., 2010)

4.2 Πλεονεκτήματα - Περιορισμοί

Τα τελευταία 10 χρόνια φαίνεται πως η χρήση της συμβατικής μεθόδου Stirring και πιο συγκεκριμένα της εκχύλισης με ράβδο ανάδευσης, αυξάνεται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, πως πρόκειται για μία απλή και προσιτή μέθοδο αφού απαιτεί οικονομική εγκατάσταση και μικρή ποσότητα διαλύτη-δείγματος. Επιπλέον, κατά την διαδικασία αυτής υπάρχει άμεσος έλεγχος διότι η ένταση της ταχύτητας ανάδευσης, η θερμοκρασία, ο χρόνος που θα εκτελείται και η αναλογία διαλύτη ρυθμίζονται εύκολα από τον αρμόδιο. Επίσης, είναι κατάλληλη για διεργασίες μεταξύ διαφορετικών φάσεων π.χ. στερεού-υγρού. Τέλος, κατά την ανάδευση αυξάνονται οι συγκρούσεις μεταξύ των μορίων με αποτέλεσμα να βελτιώνεται ο ρυθμός και η απόδοση της εκχύλισης. (Campilloetal., 2010). Τουναντίον, υπάρχουν κάποιοι λόγοι για τους οποίους περιορίζεται η χρήση αυτής της εκχύλισης. Πρώτα απ' όλα, η εκχύλιση με ράβδο ανάδευσης πρόκειται για μία μέθοδο η οποία απευθύνεται κυρίως σε μικρούς όγκους (<4L). Σε πειράματα μεγαλύτερου βεληνικού π.χ. σε βιομηχανική παραγωγή, η μέθοδος είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί διότι δεν εξασφαλίζει πλήρη ανάδευση, με αποτέλεσμα να μην έχουμε την επιθυμητή εκχύλιση. Επιπρόσθετα, παρατηρείται πως σε ένα διάλυμα υψηλού ιξώδους η επιλογή αυτής της μεθόδου δίνει ανεπαρκής ομογενοποίηση του διαλύματος με αποτέλεσμα να μην γίνεται η εκχύλιση των ουσιών. Τέλος, κατά την διαδικασία της μεθόδου υπάρχουν κάποιοι παράγοντες όπως, το σχήμα των δοχείων που εκτελείται η ανάδευση, η θέση του δοχείου στην

πλάκα, που αν είναι διαφορετική θα υπάρχει διαφορά κατανομής θερμότητας καθώς και οι ράβδοι, οι οποίοι λόγω της επαναχρησιμοποίησης τους πιθανόν να μεταφέρουν υπολείμματα προηγούμενων πειραμάτων, οδηγούν σε περιορισμό της αναπαραγωγιμότητας (Cherepanova et al., 2025). Συμπερασματικά, πρόκειται για μία οικονομική και απλή μέθοδο που δεν ενδείκνυται για όλα τα πειράματα. Απευθύνεται σε πειράματα μικρών όγκων με ετερογενής ή ομοιογενής φάσεις, απαιτώντας την πλήρη προσοχή του επιστήμονα.

5. Τεχνικές Εκχύλισης

Οι Βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, όπως επίσης και αυτές των καλλυντικών και των φαρμάκων έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους όχι μόνο στα φυτικά προϊόντα αλλά και στη χρήση σύγχρονων-πράσινων μέσων εκχύλισης, όπως P.E.F. (Pulsed Electric Field) και U.S. (UltraSound). Το ενδιαφέρον αυτό έγκειται τόσο στην αποδοτικότητα της εκχύλισης πληθώρας δειγμάτων, κυρίως φυτικών, όσο και στην κατανάλωση λιγότερου χρόνου, διαλύτη και ενέργειας για την παρασκευή τους.

5.1. Τεχνική Εκχύλισης PEF (Pulsed Electric Field)

Μία απ' τις πλέον γνωστές, καινοτόμες και πράσινες μεθόδους εκχύλισης είναι του Παλμικού Ηλεκτρικού Πεδίου (PEF) και βασίζεται στην εφαρμογή σύντομων παλμών υψηλής τάσης ανάμεσα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε δύο ηλεκτρόδια, μέσα από τα οποία διέρχεται τρόφιμο σε μορφή ρευστού ή πάστας. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα που δρα στον βιολογικό ιστό, προκαλώντας μεταβολές στις κυτταρικές μεμβράνες. Η τεχνολογία αυτή έχει καθιερωθεί ως μία από τις πιο υποσχόμενες μη θερμικές μεθόδους συντήρησης, καθώς μπορεί να αδρανοποιήσει μικροοργανισμούς σε τρόφιμα, κυρίως υγρά όπως γάλα, γαλακτοκομικά, αυγά, μειώνοντας σημαντικά τους βιολογικούς κινδύνους. Πέρα από τη δράση της στη μικροβιολογική ασφάλεια, πρόσφατες μελέτες αναδεικνύουν τη σημασία του PEF και στον φυτικό τομέα. Συγκεκριμένα, η ηλεκτροπόρωση που προκαλείται από τους παλμούς αυξάνει τη διαπερατότητα των φυτικών κυτταρικών μεμβρανών, γεγονός που διευκολύνει την εξαγωγή πολύτιμων συστατικών, όπως χυμοί, πολυφαινόλες και αντιοξειδωτικές ενώσεις. Επιπλέον, το PEF έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει διαδικασίες όπως η ξήρανση και η αφυδάτωση φυτικών ιστών, μειώνοντας τον χρόνο και την ενεργειακή κατανάλωση, ενώ συμβάλλει στη διατήρηση των θρεπτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

5.1.1. Πλεονεκτήματα του PEF

Νεότερες έρευνες δείχνουν ολοένα και πιο καθαρά ότι η τεχνολογία PEF αποτελεί ισχυρό εργαλείο για την αναβάθμιση της επεξεργασίας φυτικών πρώτων υλών, προσφέροντας υψηλότερες αποδόσεις εκχύλισης και καλύτερη ποιότητα τελικών προϊόντων. Η εφαρμογή των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (PEF) στην εκχύλιση βιοδραστικών συστατικών παρουσιάζει πολλαπλά πλεονεκτήματα που την καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστική για τη βιομηχανία τροφίμων και καλλυντικών. Αρχικά, η ηλεκτροπόρωση που προκαλείται από το PEF δημιουργεί πόρους στις κυτταρικές μεμβράνες, μειώνοντας σημαντικά την αντίσταση στη διάχυση και επιταχύνοντας την απελευθέρωση πολυφαινόλων, φλαβονοειδών, καροτενοειδών, πηκτίνης, πρωτεϊνών και αιθερίων ελαίων. Ως αποτέλεσμα, επιτυγχάνονται μεγαλύτερες αποδόσεις σε μικρότερο χρόνο και με μειωμένη κατανάλωση διαλυτών σε σύγκριση με παραδοσιακές μεθόδους, καθώς η τεχνική «ανοίγει» τα κύτταρα διευκολύνοντας την εκχύλιση. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι οι ήπιες συνθήκες λειτουργίας, αφού το PEF είναι κατεξοχήν μη θερμική μέθοδος και επομένως περιορίζει την υποβάθμιση θερμοευαίσθητων μορίων, όπως χρωστικές και αντιοξειδωτικές ενώσεις, διατηρώντας τις βιοδραστικότητες και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. (Ghoshal, 2023) Παράλληλα, η μέθοδος συμβάλλει στην αξιοποίηση παραπροϊόντων, όπως φλούδες, στέμφυλα και φλοιούς, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί υψηλής αξίας φυτοχημικό περιεχόμενο με χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, ενισχύοντας τη λογική κυκλικής οικονομίας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η επιλεκτικότητα της μεθόδου, καθώς οι παράμετροι του πεδίου μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να στοχεύουν συγκεκριμένα κυτταρικά διαμερίσματα, ενώ παράλληλα το PEF συνδυάζεται αποτελεσματικά με «πράσινους» διαλύτες ή άλλες τεχνικές (πρέσα, διήθηση, ξήρανση) για καθαρότερα εκχυλίσματα. Επιπλέον, η δυνατότητα εφαρμογής σε συστήματα συνεχούς ροής καθιστά την τεχνολογία εύκολα ενσωματώσιμη σε βιομηχανικές γραμμές παραγωγής, με ήδη καταγεγραμμένες εφαρμογές σε χυμούς και προεπεξεργασίες για πιο αποδοτικό pressing και διαύγαση. (Ranjhaetal., 2021) Τέλος, το PEF ενισχύει συναφείς διεργασίες όπως η ξήρανση, διευκολύνοντας την απομάκρυνση νερού και μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο και την κατανάλωση ενέργειας, στοιχείο που μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο πριν όσο και μετά την εκχύλιση.(Chatzimitakosetal., 2023).

5.2. Τεχνική Εκχύλισης US (UltraSound)

Η εκχύλιση με υπερήχους (US) αποτελεί μια σύγχρονη και αποδοτική τεχνική, αναγνωρισμένη ως φιλική προς το περιβάλλον, καθώς μειώνει ή και εξαλείφει την ανάγκη για οργανικούς

διαλύτες, περιορίζοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Παράλληλα, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να ενισχύσει την απομόνωση βιοδραστικών συστατικών, γεγονός που την καθιστά ιδανική για την παραγωγή φυσικών εκχυλισμάτων υψηλής αξίας. Η τεχνολογία αυτή υποστηρίζεται από την ανάπτυξη εξειδικευμένου εξοπλισμού, που προσφέρει νέες δυνατότητες εφαρμογής σε πεδία όπως η χημεία, η βιολογία, η φαρμακευτική, τα τρόφιμα και τα καλλυντικά, ενώ μελλοντικές βελτιώσεις αναμένεται να επικεντρωθούν στην αύξηση της απόδοσης, στη μείωση του κόστους και στην ενίσχυση της ασφάλειας και αξιοπιστίας. Ανάλογα με την ένταση των υπερήχων, διακρίνονται δύο κύριες κατηγορίες: η χαμηλής έντασης υπερήχηση ($<1 \text{ W/cm}^2$), που εφαρμόζεται κυρίως σε μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχου ποιότητας, και η υψηλής έντασης ($10\text{--}1000 \text{ W/cm}^2$), που χρησιμοποιείται σε διεργασίες παρέμβασης στη δομή των υλικών, όπως η εκχύλιση. Εξίσου καθοριστικός είναι και ο ρόλος της συχνότητας, με τις χαμηλές συχνότητες ($20\text{--}100 \text{ kHz}$) να συνδέονται κυρίως με φυσικές επιδράσεις, τις μέσες ($200\text{--}500 \text{ kHz}$) με χημικές, ενώ σε υψηλές ($>1 \text{ MHz}$) επικρατεί η ακουστική ροή.

5.2.1 Πλεονεκτήματα του US

Ο βασικός μηχανισμός που καθιστά την υπερηχητική εκχύλιση ιδιαίτερα αποτελεσματική είναι η *ακουστική σπηλαιώση*. Η διάδοση του υπερήχου σε υγρό μέσο προκαλεί εναλλασσόμενες ζώνες συμπίεσης και αραιώσης, οδηγώντας στη δημιουργία και κατάρρευση μικροσκοπικών φυσαλίδων. Η κατάρρευση αυτή δημιουργεί τοπικά ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, οι οποίες διαρρηγνύουν τα κυτταρικά τοιχώματα, διευκολύνουν την απελευθέρωση ενδοκυτταρικών μορίων και επιταχύνουν τη μεταφορά μάζας από το φυτικό υλικό στον διαλύτη. Με τον τρόπο αυτό, η τεχνική επιτυγχάνει ταχύτερη και αποδοτικότερη εκχύλιση σε σύγκριση με συμβατικές μεθόδους. Η αποτελεσματικότητα του φαινομένου επηρεάζεται από παραμέτρους όπως η συχνότητα και η ένταση των υπερήχων, οι φυσικές ιδιότητες του μέσου (ιξώδες, επιφανειακή τάση, τάση ατμών) καθώς και οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία και η πίεση. Χάρη στα πλεονεκτήματά της, η εκχύλιση με υπερήχους βρίσκει εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών και ερευνητικών πεδίων. Στον τομέα των τροφίμων χρησιμοποιείται για την ανάκτηση φυσικών χρωστικών, αντιοξειδωτικών και αρωματικών συστατικών. Στη φαρμακευτική και τη φαρμακογνωσία αξιοποιείται για την απομόνωση δραστικών ουσιών από φαρμακευτικά φυτά, ενώ στη βιομηχανία καλλυντικών συμβάλλει στην παραγωγή εκχυλισμάτων με αντιγηραντικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

Παράλληλα, εφαρμόζεται και σε άλλες βιομηχανικές διαδικασίες, όπως η απαέρωση υγρών και η τροποποίηση σωματιδίων σε διαλύματα.(Vilkhu et al, 2008; Tiwari, 2015; Shen et al., 2023).

6. Σκοπός της εργασίας

Η εργασία αυτή έχει ως κεντρικό στόχο τη μελέτη και βελτιστοποίηση της εκχύλισης βιοδραστικών μορίων από το φυτό γαϊδουράγκαθο (*Silybum Marianum*), το οποίο είναι ευρέως γνωστό για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες, κυρίως λόγω της παρουσίας σιλυμαρίνης και άλλων φαινολικών συστατικών με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Η μελέτη επιχειρεί να:Καθορίσει τις βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης (θερμοκρασία, χρόνος, σύσταση διαλύτη) με τη χρήση μεθοδολογίας επιφάνειας απόκρισης, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση σε πολυφαινόλες και αντιοξειδωτική ικανότητα.Συγκρίνει συμβατικές και πράσινες τεχνικές εκχύλισης (μαγνητική ανάδευση έναντι παλμικού ηλεκτρικού πεδίου και υπερήχων), αξιολογώντας την αποτελεσματικότητά τους μεμονωμένα αλλά και σε συνδυασμό.Αναδείξει το γαϊδουράγκαθο ως πηγή πρώτης ύλης για την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, με εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων (λειτουργικά τρόφιμα, συμπληρώματα διατροφής), στην κοσμετολογία (αντιγηραντικά και δερμοπροστατευτικά προϊόντα) και στη φαρμακολογία (προστασία ήπατος, αντιοξειδωτικά σκευάσματα).Η μελέτη επομένως δεν περιορίζεται μόνο στη διαδικασία εκχύλισης, αλλά προτείνει και μια ολιστική προσέγγιση στη βιώσιμη αξιοποίηση ενός φυτού με μακρά ιστορική χρήση στην παραδοσιακή ιατρική. Η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας πράσινων τεχνικών ενισχύει την προοπτική παραγωγής βιοδραστικών εκχυλισμάτων με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και χαμηλότερο κόστος, στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά στη σύγχρονη βιομηχανική πράξη.

7. Υλικά και Μέθοδοι

7.1 Χημικές ουσίες και αντιδραστήρια

Όλοι οι διαλύτες ήταν καθαρότητας HPLC και αγοράστηκαν από την CarloErba (ValdeReuil, Γαλλία). Χρησιμοποιήθηκαν χημικά πρότυπα πολυφαινολικών ενώσεων, όπως 3-υδροξυτυροσόλη, εσπεριδίνη, κατεχίνη, ρουτίνη, χλωριούχος πελαργονίνη, λουτεολίνη-7-γλυκοζίτη, κυανιδίνη-3-O-γλυκοζίτη και χλωρογενικό οξύ, τα οποία προμηθεύτηκαν από τη την εταιρία χημικών Sigma-Aldrich(Steinheim,Γερμανία). Επιπλέον το υδροχλωρικό οξύ, το ασκορβικό οξύ, το τριχλωροξικό οξύ, ο χλωριούχος σίδηρος (III), το χλωριούχο αργίλιο και το οξικό νάτριο, προμηθεύτηκαν επίσης από τηSigma-Aldrich (Steinheim, Γερμανία). Το γαλλικό οξύ, το άνυδρο ανθρακικό νάτριο, το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu, το 2,2-διφαινυλο-1-πικρυλυδραζύλιο (DPPH) και η 2,4,6-τρι-2-πυριδινυλο-1,3,5-τριαζίνη (TPTZ) που χρησιμοποιήθηκαν, προμηθεύτηκαν από την Penta (Πράγα, Τσεχική Δημοκρατία). Τέλος, κατά τη διεξαγωγή όλων των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε απιονισμένο νερό.

7.2 Συλλογή και διαδικασία εκχύλισης του γαϊδουράγκαθου (*SilybumMarianum*)

Το φυτό γαϊδουράγκαθο με μωβ άνθη που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία συλλέχθηκε όλο από την περιοχή της Αγίας Παρασκευής στην Κοζάνη και ήταν επαρκώς ώριμο (Εικόνα 15).



Εικόνα 15. Γαϊδουράγκαθο που συλλέχθηκε

Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και επιβλήθηκε έλεγχος για τυχόν ύπαρξη εντόμων. Στη συνέχεια, αφαιρέθηκαν όλα τα υπόλοιπα μέρη του φυτού πέραν της ανθικής κεφαλής, το οποίο αποτελεί το μέρος του φυτού που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα. Έπειτα, το άνθος κόπηκε σε δύο ισόποσα κομμάτια και τοποθετήθηκε στον λυοφιλιωτή Biobase BK-FD10P (Jinan, Shandong, Κίνα). Η κρυοξήρανση (Εικόνα 16) διήρκεσε 24 ώρες συνολικά στους -40°C . Στη συνέχεια, προκειμένου να διασφαλιστεί η καλύτερη δυνατή εκχύλιση, τα δείγματα αλέστηκαν (Εικόνα 17), όπου δεν έγιναν πούδρα λόγω της δομής του φυτού, αλλά πολύ λεπτά κομμάτια φυτού και αποθηκεύτηκαν σε καταψύκτη στους -30°C . Ύστερα, ζυγίστηκε με ακρίβεια 1g φυτού, το οποίο εκχυλίστηκε με 20mL διαλύτη εκχύλισης. Αυτή η αναλογία καθορίστηκε μετά από προκαταρκτικά πειράματα που έδειξαν ότι τα αποτελέσματα

ήταν καλύτερα με μεγαλύτερο όγκο διαλύτη αντί για διαδοχικές εκχύλισεις. Όλες οι εκχύλισεις πραγματοποιήθηκαν σε γυάλινο δοχείο Duran των 25 mL. Λεπτομερείς παράμετροι εκχύλισης παρέχονται στον Πίνακα 1. Η τεχνική ST διεξήχθη στις 500rpm (στροφές/λεπτό), σε διάφορες θερμοκρασίες και χρονικές διάρκειες (Εικόνα 17). Πριν από τη φάση εκχύλισης, ορισμένα δείγματα υποβλήθηκαν σε πρόσθετες τεχνικές πράσινης εκχύλισης, όπως την PEF με περίοδο παλμού 1 ms (συχνότητα: 1 kHz), διάρκεια παλμού 10 μ s και πυκνότητα ηλεκτρικού πεδίου 1.0 kV/cm (Εικόνα 18). Αυτός ο εξοπλισμός περιελάμβανε μια γεννήτρια κυματομορφών (UPG100, ELV Elektronik AG, Leer, Γερμανία), έναν ψηφιακό παλμογράφο (Rigol DS1052E, Beaverton, OR, ΗΠΑ), μια γεννήτρια ισχύος υψηλής τάσης (Leybold, LD DidacticGmbH, Huerth, Γερμανία) και δύο ειδικούς θαλάμους από ανοξείδωτο χάλυβα (Val-Electronic, Αθήνα, Ελλάδα). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε και η τεχνική εκχύλισης US χρησιμοποιώντας μια μηχανή Elmasonic P 180W (Elma SchmidbauerGmbH, Singen, Γερμανία) με καθορισμένη θερμοκρασία 30°C, που λειτουργούσε στα 37 kHz. Πριν από οποιαδήποτε επεξεργασία, το αποξηραμένο υλικό ενυδατωνόταν με βύθισή στο διαλύτη για 10 λεπτά. Μετά την εκχύλιση, το μείγμα φυγοκεντρήθηκε για 10 λεπτά στις 4500rpm και μόνο η υπερκείμενη φάση χρησιμοποιήθηκε για περαιτέρω ανάλυση.

Πίνακας 2. Τα πραγματικά και κωδικοποιημένα επίπεδα των ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Κωδικοποιημένες Μονάδες	Κωδικοποιημένη Μεταβλητή Επιπέδου				
		1	2	3	4	5
Τεχνική	X_1	ST	PEF + ST	US + ST	PEF + US + ST	–
C (% ν)	X_2	0	25	50	75	100
t (min)	X_3	30	60	90	120	150
T(°C)	X_4	20	35	50	65	80



Εικόνα 16. Τεμαχισμένο Γαϊδουράγκαθο σε δύο κομμάτια πριν το Freeze-Drying σε λυοφιλιωτή Biobase BK-FD10P



Εικόνα 17. Αλεσμένο Γαϊδονράγκαθο μετά από Λυοφιλίωση

8. Μεθοδολογία απόκρισης επιφάνειας (RMS), βελτιστοποίηση εκχύλισης και σχεδιασμός πειράματος

Χρησιμοποιώντας την τεχνική απόκρισης επιφάνειας (RMS), μετρήθηκε η εκχύλιση της συνολικής περιεκτικότητας σε πολυφαινόλες (TPC), των πολυφαινολικών ενώσεων και της αντιοξειδωτικής δράσης χρησιμοποιώντας τις μεθόδους FRAP και DPPH που στόχευαν στη βέλτιστη απόδοση. Στόχος του πειράματος ήταν η ενίσχυση της περιεκτικότητας της ανθικής κεφαλής του γαϊδουράγκαθου σε TPC, πολυφαινολικές ενώσεις και αντιοξειδωτική δράση. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω προσαρμογών στη διαδικασία εκχύλισης που περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως η συγκέντρωση διαλύτη (αιθανόλη, EtOH) που αντιπροσωπεύεται ως C, % v/v, η διάρκεια εκχύλισης που υποδηλώνεται ως t, min και η θερμοκρασία εκχύλισης που υποδεικνύεται ως T, °C. Για να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο ένα πείραμα που χρησιμοποιεί ένα σχέδιο διαλογής κύριου αποτελέσματος με είκοσι σημεία σχεδιασμού. Οι μεταβλητές της διαδικασίας ορίστηκαν σε πέντε επίπεδα, όπως περιγράφεται στον Πίνακα 1, υποδεικνύοντας και τα δύο κωδικοποιημένα και πραγματικά επίπεδα. Η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) και η περίληψη των δοκιμών προσαρμογής χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό της συνολικής σημασίας του μοντέλου (R^2 , p) και της σημασίας των συντελεστών μοντέλων (εξισώσεων). Επιπλέον, μια δεύτερη σειρά πολωνυμικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής με βάση τους αναλυθέντες ανεξάρτητους παράγοντες:

$$Y_k = \beta_0 + 2\sum_{i=1}^I \beta_i X_i + 2\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I \beta_{ij} X_i X_j + 2\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I \sum_{k=1}^I \beta_{ijk} X_i X_j X_k \quad (S1)$$

Στην εξίσωση, το Y_k αντιπροσωπεύει την προβλεπόμενη μεταβλητή απόκρισης, ενώ τα X_i και X_j δηλώνουν τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Τα β_0 , β_i , β_{ii} και β_{ij} αντιστοιχούν στους συντελεστές τομής και παλινδρόμησης για γραμμικούς, τετραγωνικούς και αλληλεπιδραστικούς όρους στο μοντέλο, αντίστοιχα.

8.1 Αναλύσεις των εκχυλισμάτων και ανάλυση των διαφόρων πολυφαινολικών ενώσεων με την χρήση της μεθόδου HPLC

Προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας πολυφαινολών (TotalPolyphenolContent -TPC)

Ακολουθώντας μια μεθοδολογία που έχει εφαρμοστεί προηγουμένως[89], η περιεκτικότητα των εκχυλισμάτων σε TPC προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu. Εν συντομία, ένα σωληνάριο Eppendorf όγκου 1.5 ml συμπληρώθηκε με 100 μ L εκχυλίσματος φλούδας

πεπονιού και 100 μL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu. Το διάλυμα θερμάνθηκε στους 40 $^{\circ}\text{C}$ για 20 λεπτά πριν προστεθούν 800 μL διαλύματος Na_2CO_3 (5% w/v) (Εικόνα 21,22,23). Τέλος, χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο Shimadzu (UV- 1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg, Γερμανία) για την καταγραφή της απορρόφησης στα 740 nm (Εικόνα 24). Περαιτέρω παρασκευάστηκε καμπύλη βαθμονόμησης με χρήση γαλλικού οξέος ως πρότυπη ένωση. Η TPC εκφράστηκε ως mg GAE/ L. Η απόδοση εκχύλισης σε ολικές πολυφαινόλες (YTP) εκφράστηκε ως mg GAE/ g ξηρού βάρους (dw), χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση (S2):

$$Y_{\text{TP}} (\text{mg GAE/gdw}) = \frac{C_{\text{TP}} \times V}{w} \quad (\text{S2})$$

όπου V είναι ο όγκος του μέσου εκχύλισης (σε L) και w είναι το ξηρό βάρος του δείγματος (σε g).

Δοκιμή αναγωγικής αντιοξειδωτικής δύναμης σιδήρου (Ferric Reducing Antioxidant Power- FRAP)

Για τη διεξαγωγή της μεθόδου FRAP χρησιμοποιήθηκε μια μέθοδος που είχε περιγραφεί προηγουμένως [90]. Συγκεκριμένα, ποσότητα 0.05 mL διαλύματος χλωριούχου σιδήρου (III) (4 mM σε 0.05 M HCl) αναμίχθηκε καλά με το αραιωμένο εκχύλισμα φλούδας πεπονιού (0.05 mL, 1:50) και στη συνέχεια επώαστηκε σε υδατόλουτρο στους 37 $^{\circ}\text{C}$ για 30 λεπτά. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 90 μL διαλύματος TPTZ (1 mM σε 0.05 M HCl) και μετρήθηκε η απορρόφηση στα 620 nm μετά από ακριβώς 5 λεπτά. Η σιδηροαναγωγική αντιοξειδωτική ισχύς (PR) προσδιορίστηκε ως μmol ισοδύναμα ασκορβικού οξέος (AAE)/ gdw, χρησιμοποιώντας καμπύλη βαθμονόμησης ασκορβικού οξέος (50-500 $\mu\text{mol/L}$ σε 0.05 M HCl) χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση (S2):

$$P_{\text{R}} (\mu\text{mol AAE/g dw}) = \frac{C_{\text{AA}} \times V}{w} \quad (\text{S3})$$

όπου V είναι ο όγκος του μέσου εκχύλισης (σε L) και w είναι το ξηρό βάρος του δείγματος (σε g).

Ικανότητα δέσμευσης ελευθέρων ριζών (AAR, δοκιμή DPPH)

Για την μελέτη της ικανότητας δέσμευσης των ελευθέρων ριζών, ακολουθήθηκε η μέθοδος του DPPH[91]. Ένας όγκος 25 μL αραιωμένου εκχυλίσματος (1:5) αναμίχθηκε με 975 μL διαλύματος DPPH (100 $\mu\text{mol/L}$ σε μεθανόλη) και η απορρόφηση στα 515 nm μετρήθηκε αμέσως μετά την ανάμιξη ($A_{515(i)}$) και ακριβώς 30 λεπτά αργότερα ($A_{515(f)}$). Η ικανότητα δέσμευσης (AAR) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση (S3):

$$A_{\text{AR}} (\mu\text{mol DPPH/g dw}) = \frac{\Delta A}{\varepsilon \times l \times C} \times Y_{\text{TP}} \quad (\text{S3})$$

όπου $\Delta A = A_{515(i)} - A_{515(f)}$; $\varepsilon(\text{DPPH}) = 11,126 \times 10^{-6} \mu\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$; $C = C_{\text{TP}} \times 0.025$; Y_{TP} είναι η συνολική απόδοση πολυφαινολών του εκχυλίσματος (mg/g), και l είναι το μήκος της διαδρομής (1 cm).

Ανάλυση των διαφόρων πολυφαινολικών ενώσεων βάσει της μεθόδου HPLC

Για την αξιολόγηση των εκχυλισμάτων των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε σύστημα HPLC[92]. Η μελέτη διεξήχθη με τη χρήση υγρής χρωματογραφίας Shimadzu CBM-20A και ανιχνευτή διοδικής συστοιχίας Shimadzu SPD-M20A (και τα δύο παρέχονται από την Shimadzu Europa GmbH στο Duisburg της Γερμανίας). Οι ενώσεις διαχωρίστηκαν χρησιμοποιώντας στήλη Phenomenex Luna C18(2) της Phenomenex Inc. στο Torrance της Καλιφόρνια, η οποία διατηρήθηκε στους 40 °C (100 Å, 5 μm , 4.6 mm $\times$ 250 mm). Η κινητή φάση αποτελούνταν από 0.5% υδατικό μυρμηκικό οξύ (A) και μείγμα 0.5% μυρμηκικού οξέος σε ακετονιτρίλιο/νερό (6:4) (B). Το πρόγραμμα διαβάθμισης που χρησιμοποιήθηκε είχε ως εξής: 0% B σε 40% B, στη συνέχεια σε 50% B σε 10 λεπτά, σε 70% B σε άλλα 10 λεπτά και στη συνέχεια διατηρήθηκε σταθερό για 10 λεπτά. Ο ρυθμός ροής της κινητής φάσης ήταν 1 ml/min. Ο χρόνος κατακράτησης και το φάσμα απορρόφησης συγκρίθηκαν με εκείνα των καθαρών χημικών προτύπων για την ταυτοποίηση των ενώσεων και στη συνέχεια ποσοτικοποιήθηκαν με τη χρήση καμπυλών βαθμονόμησης (0-50 $\mu\text{g/ml}$).

8.2 Στατιστική ανάλυση

Στον σχεδιασμό του πειράματος, η στατιστική ανάλυση σχετίζεται με τη μεθοδολογία της επιφάνειας απόκρισης, ενώ στην ανάλυση διανομής που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό JMP® Pro 16 της SAS (Cary, NC, ΗΠΑ). Η ποσοτική ανάλυση διεξήχθη εις τριπλούν και οι διαδικασίες εκχύλισης εκτελέστηκαν τουλάχιστον δύο φορές, συγκεκριμένα

μία φορά για κάθε παρτίδα HSlem. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως διάμεσοι μαζί με τις αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις τους.

8.3 Αποτελέσματα και συζήτηση

Μετά από την προετοιμασία του φυτού, πραγματοποιήθηκαν 3 προκαταρκτικά πειράματα με την μέθοδο Folin-Ciocalteu όπου ζυγίστηκαν 3 δείγματα από 0,5gr φυτού και 10mL διαλύτη και εκχυλίστηκαν με τη μέθοδο ST στους 60°C για 2 ώρες (Εικόνα 18). Τα 3 δείγματα ήταν το (1), το (2) και ο (3) όπου το (1) είχε ως διαλύτη 100% H₂O, το (2) 100% EtOH και το (3) ήταν 50-50% H₂O- EtOH. Επιπρόσθετα, τα εκχυλίσματα που προέκυψαν αραιώθηκαν με απιονισμένο νερό σε αναλογία 1:20, δηλαδή 20μL. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν στο (1) 6,01 mgGAE/g, (2) 8,77 mgGAE/g και το (3) 11,05mgGAE/g. Παρατηρείται από τον Πίνακα 2 ότι η εκχύλιση με τα καλύτερα αποτελέσματα σε συγκέντρωση πολυφαινόλων είναι η (3), όπου έχει το ποσοστό 50-50% νερού και αιθανόλης. Αυτό πιθανόν προκύπτει διότι συνδυάζονται οι ιδιότητες ενός ανόργανου πολικού διαλύτη (νερού) και ενός οργανικού λιγότερο πολικού διαλύτη (αιθανόλης), δημιουργώντας ενδιάμεσο περιβάλλον πολικότητας. Έτσι επιτυγχάνεται η εκχύλιση τόσο υδρόφιλων όσο και λιγότερο πολικών φαινολικών ενώσεων, ενώ ταυτόχρονα η αιθανόλη διευκολύνει τη διάρρηξη των κυτταρικών μεμβρανών.

Πίνακας 2. Προκαταρκτικά πειράματα εκχύλισης γαϊδουράγκαθου TPC με διαφορετικούς διαλύτες

TPC (mg GAE/g)	
Διαλύτες	Γαϊδουράγκαθο (<i>Silybum Marianum</i>)
(1) 100% H ₂ O	6,01
(2) 100% EtOH	8,77
(3) 50% H ₂ O-50%EtOH	11,05



Εικόνα 18. Εκχύλιση των 3 δειγμάτων με τη μέθοδο ST

8.4 Στατιστική ανάλυση

Κατά τον σχεδιασμό του πειράματος, η στατιστική ανάλυση βασίστηκε στη μεθοδολογία επιφάνειας απόκρισης, ενώ για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό JMP® Pro 16 της SAS (Cary, NC, ΗΠΑ). Η ποσοτική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε τριπλά δείγματα και οι διαδικασίες εκχύλισης εκτελέστηκαν τουλάχιστον δύο φορές, δηλαδή μία φορά για κάθε παρτίδα HSlem. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως διάμεσος τιμή συνοδευόμενη από την αντίστοιχη τυπική απόκλιση.

8.5 Βελτιστοποίηση εκχύλισης

Για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης πολυφαινολικών ενώσεων από το γαϊδουράγκαθο εφαρμόστηκε η μεθοδολογία επιφάνειας απόκρισης (RSM), η οποία επέτρεψε τη συστηματική διερεύνηση και τον συνδυασμό όλων των κρίσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν την εκχύλιση. Μέσω αυτής της πολυπαραγοντικής μεθόδου, αξιολογήθηκαν ταυτόχρονα η μέθοδος εκχύλισης, η διάρκεια και η θερμοκρασία της διαδικασίας, καθώς και η ακριβής σύσταση του διαλύτη, με στόχο τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας της εκχύλισης και την εξαγωγή της μέγιστης δυνατής ποσότητας πολυφαινολών. Στην περίπτωση της εκχύλισης του γαϊδουράγκαθου χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι εκχύλισης ST, PEF και US μόνων τους αλλά και σε διάφορους συνδυασμούς αυτών, με χρόνους επεξεργασίας που κυμαίνονταν από 30 έως 150 λεπτά. Ακόμη, η θερμοκρασία κυμαινόταν από τους 20° C έως τους 80° C και ο διαλύτης αποτελούνταν από νερό, αιθανόλη ή διάφορα μείγματα αυτών. Μετά από προκαταρκτικά πειραματικά αποτελέσματα, προσδιορίστηκε ότι η βέλτιστη αναλογία στερεού προς διαλύτη ήταν 1:20 (1 g γαϊδουράγκαθου προς 20 mL διαλύτη). Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση RSM, η επίδραση κάθε παράγοντα αξιολογήθηκε και προσαρμόστηκε για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση εκχύλισης. Οι μετρούμενες αποκρίσεις για κάθε εκχύλισμα περιγράφονται στον Πίνακα 3. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το σημείο σχεδιασμού 12 υπερτερούσε μεταξύ των 20 δειγμάτων, εμφανίζοντας βέλτιστες ή σχεδόν βέλτιστες τιμές σε όλες τις μετρούμενες αποκρίσεις. Επιπρόσθετα, το εκχύλισμα αναλύθηκε για το πολυφαινολικό προφίλ του με χρήση HPLC-DAD, όπου τα αποτελέσματα του φαίνονται στον Πίνακα 4. Όπως παρατηρείται λοιπόν στα αποτελέσματα, έχουν εντοπιστεί 16 πολυφαινόλες στο εκχύλισμα του γαϊδουράγκαθου, όπου η κύρια πολυφαινολική ένωση είναι η Quercetin-3-D-galactoside σε συγκέντρωση 4,08 μg/g, δηλαδή με την μεγαλύτερη συγκέντρωση στο εκχύλισμα. Αμέσως μετά σε συγκεντρώσεις ακολουθούν η Luteolin-7-glucoside σε συγκέντρωση 1,75 μg/g και το Neochlorogenicacid σε συγκέντρωση 1,74 μg/g. Εκτός από τις τρεις επικρατέστερες ενώσεις, στο εκχύλισμα

εντοπίστηκαν και άλλες βιοδραστικές πολυφαινόλες ιδιαίτερα σημαντικές για τη συνολική βιολογική δράση του. Η Myricetin (1,65 $\mu\text{g/g}$) είναι μια φλαβονόλη με ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση, μελετημένη εκτενώς για τις νευροπροστατευτικές της ιδιότητες σε παθήσεις όπως Alzheimer και Parkinson. (Almatroodi & Rahmani, 2025). Η Apigenin (0,74 $\mu\text{g/g}$) είναι φλαβόνη που παρουσιάζει ήπια αγχολυτική και ισχυρή αντιφλεγμονώδη δράση και έχει τεκμηριωθεί για πιθανή αντικαρκινική και νευροπροστατευτική δράση. Τέλος, η Kaempferol (0,53 $\mu\text{g/g}$), επίσης φλαβονόλη, έχει αναφερθεί για την αντιοξειδωτική και καρδιοπροστατευτική της επίδραση, καθώς και για πιθανή μείωση του κινδύνου εμφάνισης χρόνιων ασθενειών μέσω ρύθμισης φλεγμονωδών μονοπατιών. (Jin et al., 2023)

Πίνακας 3. Πειραματικά ευρήματα για τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές υπό διερεύνηση

Σημείο σχεδιασμού	Αποκρίσεις						
	Ανεξάρτητες Μεταβλητές				TPC (mg GAE/g)	FRAP (μ mol AAE/g)	DPPH (μ mol AAE/g)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Πραγματικά		
1	3	1	3	4	5,77	24,11	5,99
2	3	2	1	3	12,94	26,03	16,63
3	2	3	4	3	10,34	35,36	26,92
4	2	4	5	4	10,99	44,66	26,38
5	3	5	4	2	5,67	19,67	3,71
6	4	1	4	5	6,04	36,78	5,89
7	4	2	3	1	11,11	13,53	7,14
8	1	3	3	2	14,79	39,71	26,40
9	1	4	4	1	12,86	52,76	21,04
10	1	5	1	4	12,26	31,51	20,28
11	1	1	2	3	9,42	23,96	17,78
12	1	2	5	5	16,57	62,56	34,31
13	4	3	2	4	16,36	66,30	27,95
14	3	4	2	5	16,88	52,45	23,61
15	2	5	3	5	9,45	27,57	16,38
16	2	1	1	1	4,86	7,52	6,78
17	2	2	2	2	9,35	15,28	16,57
18	3	3	5	1	8,84	28,58	9,33
19	4	4	1	2	15,35	41,83	19,72
20	4	5	5	3	6,24	25,57	5,78

Πίνακας 4. Λίστα πολυφαινολών που βρέθηκαν στο εκχύλισμα μετά από τη χρήση HPLC-DAD

Πολυφαινόλες (μg/ g)	
<i>Quercetin 3-D-galactoside</i>	4,082753
<i>Luteolin-7-glucoside</i>	1,753084
<i>Neochlorogenicacid</i>	1,740843
<i>Myricetin</i>	1,65725
<i>Quercetin 3-b-D-glucoside</i>	1,384353
<i>Catechin</i>	1,060245
<i>Apigenin-7-o-glucoside</i>	1,046587
<i>Kaempferol-3-glucoside</i>	1,026114
<i>Hyperoside (Quercetin-3-o-galactoside)</i>	0,982248
<i>Apigenin</i>	0,736509
<i>Chlorogenicacid</i>	0,556031
<i>Kaempferol</i>	0,529021
<i>Ferulicacid</i>	0,210631
<i>p-Coumaricacid</i>	0,064807
<i>Caffeicacid</i>	0,060212
<i>Epicatechin</i>	0,017689
Σύνολο Εντοπισθέντων Πολυφαινολών	16,91

8.6 TPC των εκχυλισμάτων

Στον Πίνακα 3 συνοψίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από όλα τα πρωτόκολλα εκχύλισης που εφαρμόστηκαν. Όσον αφορά την TPC, οι τιμές που καταγράφηκαν κυμάνθηκαν από 4,86 έως 16,88 mg GAE/g, παρατηρώντας ότι η ανθική κεφαλή του φυτού γαϊδουράγκαθου εμφανίζει μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές του. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα, αυτό πιθανόν προκύπτει από το ότι οι πολυφαινόλες του φυτού εκχυλίζονται χωρίς να καταστρέφονται σε υψηλές θερμοκρασίες, όμως για μικρό χρονικό διάστημα, υποβοηθούμενες από έναν διαλύτη που περιέχει πάνω από 50% αιθανόλη και σε συνδυασμό τουλάχιστον των δύο από τις τρεις μεθόδους εκχύλισης. Το παραπάνω συμπέρασμα αποτυπώνεται και στο βέλτιστο αποτέλεσμα του εκχυλίσματος που καταγράφηκε, το οποίο δημιουργήθηκε με τη χρήση των μεθόδων εκχύλισης PEF,US,ST για 30 λεπτά, στους 80°C σε διαλύτη με 75% αιθανόλη και 25% νερό. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι τρεις μέθοδοι εκχύλισης έδρασαν συνεργατικά έτσι ώστε να σπάσουν οι ιστοί του φυτού και να απελευθερωθούν στο μέγιστο οι πολυφαινόλες του, ενώ οι 80°C για 30 λεπτά βοήθησαν στο να αυξηθεί η διαλυτότητα και να περάσουν ταχύτερα οι πολυφαινόλες στον διαλύτη, μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα χωρίς να καταστραφούν. Όσον αφορά τον πίνακα 5, οι ποσότητες όλων των μετρούμενων θρεπτικών συστατικών (TPC, FRAP και DPPH) παρουσιάζονται σύμφωνα με τις συνολικές βέλτιστες συνθήκες που προέκυψαν μέσω του προγράμματος μερικών ελαχίστων τετραγώνων (PLS). Τέλος, η αναλογία του διαλύτη σε αιθανόλη και νερό δημιούργησε ένα ισορροπημένο εκχυλιστικό περιβάλλον, ικανό να διαλυτοποιήσει τόσο τις πιο πολικές όσο και τις λιγότερο πολικές πολυφαινολικές ενώσεις. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα σύμφωνα με το μοντέλο PLS με τις πειραματικές τιμές (Πίνακας 6), είναι εμφανές ότι οι τιμές συγκλίνουν αρκετά μεταξύ τους. Υπάρχει ένα ποσοστό απόκλισης μεταξύ της τιμής PLS στο TPC στο 11% από την πειραματική τιμή, όπως επίσης στην FRAP 1,53% και στην DPPH 8,21%. Αυτό είναι λογικό ποσοστό απόκλισης σε πραγματικό χρόνο για φασματοφωτομετρικές μεθόδους, γιατί πάντα υπάρχει και ο ανθρώπινος παράγοντας που δεν υπολογίζεται από το σύστημα PLS.

Πίνακας 5. Μέγιστες προβλεπόμενες αποκρίσεις και βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης για τις εξαρτημένες μεταβλητές.

Αποκρίσεις	Βέλτιστες συνθήκες
------------	--------------------

	Μέγιστη Προβλεπόμενη απόκριση	Τεχνική (X ₁)	C (% , ν/ν) (X ₂)	t (min) (X ₃)	T (°C) (X ₄)
TPC (mg GAE/g)	17,1	US + ST (3)	50(3)	30(1)	65(4)
FRAP (μmol AAE/g)	60,81	ST(1)	25(2)	150(5)	80(5)
DPPH (μmol AAE/g)	34,51	ST(1)	50(3)	120(4)	65(4)

Πίνακας 6. Μέγιστη επιθυμητή τιμή για όλες τις μεταβλητές με τη χρήση του προ φίλτρου πρόβλεψης μερικών ελαχίστων τετραγώνων (PLS) υπό τις βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης (X₁: 4, X₂: 4, X₃:1, X₄:5)

Μεταβλητές	Τιμέςμοντέλου PLS	Πειραματικές τιμές
TPC (mg GAE/g)	22,9	20,63
FRAP (μmol AAE/g)	86,28	84,98
DPPH (μmol AAE/g)	32,94	30,44

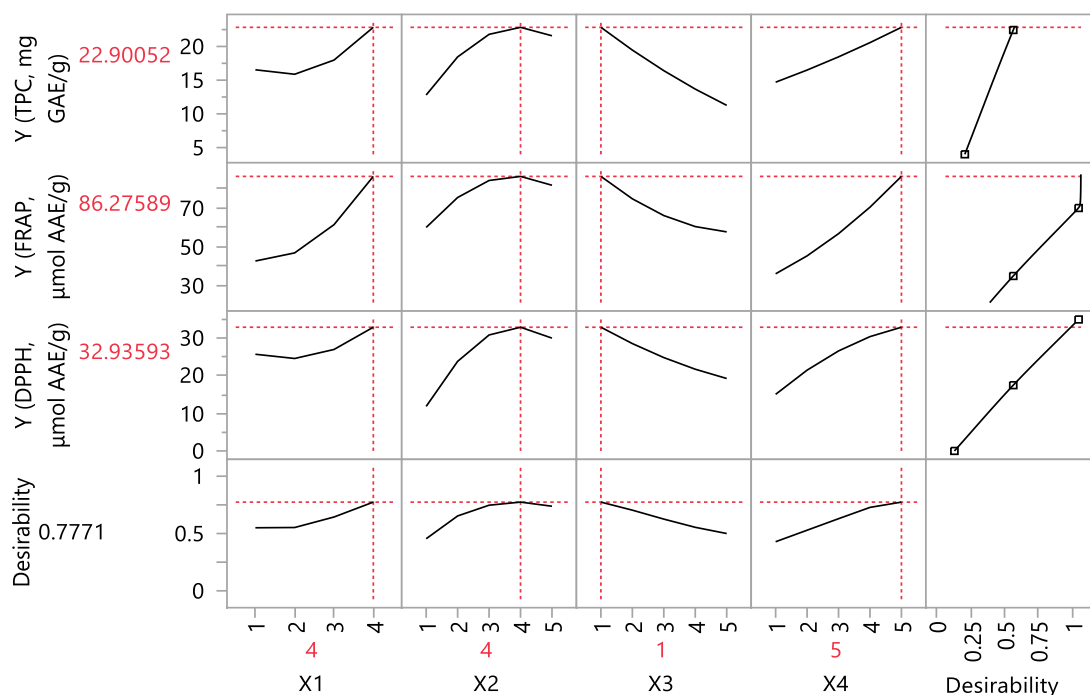
8.7 Αντιοξειδωτικές ιδιότητες των εκχυλισμάτων

Δύο αντιοξειδωτικές αναλύσεις, συγκεκριμένα η FRAP και η DPPH, πραγματοποιήθηκαν για να ληφθούν ακριβείς αξιολογήσεις των αντιοξειδωτικών δραστηριοτήτων, αναγνωρίζοντας ότι κάθε ανάλυση δεν μπορεί να συλλάβει πλήρως όλα τα αντιοξειδωτικά σε ένα πολύπλοκο σύστημα. Στον πίνακα 3 φαίνεται ότι υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεξεργασιών. Για παράδειγμα, το βέλτιστο στην FRAP παρατηρείται να είναι με μεθόδους εκχύλισης PEF,US,ST, σε διαλύτη με 50% αιθανόλη, για 60 λεπτά, στους 65°C σε αντίθεση με την DPPH, όπου το βέλτιστο εκχύλισμα του προέκυψε με μέθοδο εκχύλισης ST, σε διαλύτη με 25% αιθανόλη, για 150 λεπτά, στους 80 °C.Ακόμη, η αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο FRAP ήταν από 19,67 σε 62,56 μmol AAE/g, που αντιστοιχεί σε

αύξηση 68,6%. Εν τω μεταξύ, με τη μέθοδο DPPH, η αντιοξειδωτική δράση αυξήθηκε κατά 89,2% (από 3,71 σε 34,31 $\mu\text{mol AAE/g}$).

8.8 Μερική ανάλυση ελαχίστων τετραγώνων (PLS)

Η ανάλυση PLS προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών εκχύλισης και βοηθά στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν τις αποδόσεις των βιοδραστικών ενώσεων. Σε αυτό το πλαίσιο, πραγματοποιήθηκε ανάλυση PLS, όπως απεικονίζεται στο Εικόνα 19, για να εντοπιστούν οι κύριοι παράγοντες μεταξύ των μεταβλητών εξαγωγής που ερευνήθηκαν (X1, X2, X3 και X4). Επιπλέον, στην Εικόνα 19 παρουσιάζονται οι ποσότητες όλων των δυνητικά εκχυλίσιμων βιοδραστικών ενώσεων σύμφωνα με τις συνιστώμενες συνθήκες εκχύλισης που προκύπτουν από την ανάλυση PLS.



Εικόνα 19. Μερικός αναλυτής πρόβλεψης ελαχίστων τετραγώνων (PLS) κάθε μεταβλητής και συνάρτηση επιθυμητότητας με έλεγχο παρέκτασης για τη βελτιστοποίηση των εκχυλισμάτων

8.9 Εφαρμογή σε τρόφιμο

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης, αποδείχθηκε πως ο ιδανικότερος διαλύτης είναι η αιθανόλη σε ποσοστό 75%, όμως επειδή πολλές φορές υπάρχουν θέματα ασφαλείας με τους οργανικούς διαλύτες, δημιουργήθηκε ένα οργανοληπτικά βέλτιστο υδατικό δείγμα από τους σπόρους γαϊδουράγκαθου. Αρχικά, έπειτα από διάφορες δοκιμές βρέθηκε το οργανοληπτικά βέλτιστο εκχύλισμα. Στην συνέχεια, καθαρίστηκαν και τεμαχίστηκαν τα αχλάδια, όπου τοποθετήθηκαν σε ένα τηγάνι, σε θερμοκρασία 100°C, με την προσθήκη μικρής ποσότητας κρυσταλλικής ζάχαρης, για την ενίσχυση της γεύσης, έως την καραμελοποίηση τους. Στο τέλος της καραμελοποίησης προστέθηκε μικρή ποσότητα λεμονιού για την αποφυγή αμαύρωσης του αχλαδιού (Εικόνα 20). Έπειτα, τα αχλάδια τοποθετήθηκαν για τουλάχιστον 24 ώρες στους -18°C. Τέλος, δημιουργήθηκαν δύο Sorbet αχλαδιού, όπου τα αχλάδια πολτοποιήθηκαν και στη μισή τους ποσότητα ενσωματώθηκε το βέλτιστο εκχύλισμα (Εικόνα 21), ενώ στην άλλη μισή προστέθηκε νερό σε ποσότητα ίδια με αυτή τους εκχυλίσματος.



Εικόνα 20. Καραμελωμένα αχλάδια με προστιθέμενο λεμόνι, πριν την τοποθέτησή τους στους -18°C



Εικόνα 21. Sorbet Αχλάδι με εκχύλισμα από τους σπόρους του γαϊδουράγκαθου

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε έλεγχος της οργανοληπτικής ποιότητας του Sorbet Αχλαδιού με εκχύλισμα από τους σπόρους γαϊδουράγκαθου και χωρίς εκχύλισμα. Συνολικά 19 άτομα συμμετείχαν στην αξιολόγηση, συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο όπου βαθμολογήθηκαν διάφορες παράμετροι του προϊόντος σε κλίμακα από 1 έως 5 (οσμή, εμφάνιση, γεύση) και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 και στον Πίνακα 8.

Πίνακας 7. Μέσος όρος αποτελεσμάτων οργανοληπτικού ελέγχου Sorbet Αχλαδιού με εκχύλισμα από τους σπόρους του γαϊδουράγκαθου σε κλίμακα 1-5.

ΟΣΜΗ	
Ένταση ως προς το άρωμα	3,74
Αρέσκεια	3,89
ΕΜΦΑΝΙΣΗ	
Ένταση ως προς το χρώμα	3,58
Αρέσκεια	3,58
Αρέσκεια Υφής	4,21
ΓΕΥΣΗ	
Αρέσκεια Γεύσης	4,05
Πικρία	1,5

Πίνακας 8. Μέσος όρος αποτελεσμάτων οργανοληπτικού ελέγχου Sorbet Αχλαδιού χωρίς εκχύλισμα σε κλίμακα 1-5.

ΟΣΜΗ	
Ένταση ως προς το άρωμα	3,74
Αρέσκεια	4,11
ΕΜΦΑΝΙΣΗ	
Ένταση ως προς το χρώμα	3,95
Αρέσκεια	3,84
Αρέσκεια Υφής	4,0
ΓΕΥΣΗ	
Αρέσκεια Γεύσης	4,42
Πικρία	1,32

Από τους δύο παραπάνω πίνακες 7 και 8 παρατηρείται πως δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των μέσων όρων των αποτελεσμάτων του οργανοληπτικού ελέγχου. Στην συνέχεια, στην ερώτηση πόσο αποδεκτό θεωρούν οι συμμετέχοντες το προϊόν με το εκχύλισμα, οι 11 από τους 19 (57,9%) απάντησαν θετικά(4-5), οι 5 από τους 19 (26,3%) απάντησαν λιγότερο θετικά (3) ενώ 3 στους 19 (15,8%) απάντησαν αρνητικά (2). Επιπλέον, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να απαντήσουν στην ερώτηση, πόσο πιθανό είναι να αγοράσουν αυτό το προϊόν.

Οι 11 από τους 19 (57,9%) απάντησαν θετικά (4-5), οι 4 από τους 19 (21,1%) απάντησαν λιγότερο θετικά (3) και οι 4 από τους 19 (21,1%) απάντησαν αρνητικά. Τέλος, στα ελεύθερα σχόλια αρκετοί συμμετέχοντες ανέφεραν ότι θα ήθελαν πιο έντονη τη γεύση του αχλαδιού, καθώς και την γλυκύτητα ελαφρώς πιο υψηλή.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου, για το Sorbet Αχλαδιού με εκχύλισμα από τους σπόρους του γαϊδουράγκαθου, έλαβε θετικά σχόλια για την υφή και την γεύση του, χαρακτηρίζοντάς το δροσιστικό και νόστιμο. Όσον αφορά το άρωμα, θεωρήθηκε ότι η ένταση του ήταν χαμηλή σε σύγκριση με το Sorbet χωρίς εκχύλισμα, όπως επίσης και η γεύση του αχλαδιού. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες θα ήθελαν να έχει ελαφρώς αυξημένη την γλυκύτητα του ενώ σχεδόν κανένας δεν το θεώρησε πικρό. Παρά τις μικτές απόψεις γύρω από το προϊόν, το μεγαλύτερο ποσοστό δήλωσε ότι θα ήθελε να το δει στην αγορά, θεωρώντας το μία αρκετά ιδιαίτερη και ταυτόχρονα ενδιαφέρουσα γεύση. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα, υπάρχει περιθώριο βελτίωσης. Η βελτιστοποίηση της διαδικασίας εκχύλισης και η προσθήκη συμπληρωματικών συστατικών, θα μπορούσε να ενισχύσει την ένταση του αρώματος και τη γλυκύτητα της γεύσης τόσο του αχλαδιού όσο και του γαϊδουράγκαθου διατηρώντας παράλληλα τα θετικά χαρακτηριστικά της εμφάνισης.

9. Συμπεράσματα

Συμπεραίνοντας, αυτή η μελέτη εξετάζει την ανθική κεφαλή του γαϊδουράγκαθου ως μια πλούσια πηγή βιοδραστικών ουσιών, κυρίως πολυφαινόλων, που μπορούν να προσφέρουν σημαντικά οφέλη στην υγεία. Με τη συστηματική διερεύνηση διαφόρων μεθόδων εκχύλισης, καθώς και βελτιστοποίησης των συνθηκών, η έρευνα εντόπισε βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης (τον συνδυασμό εκχύλιση ανάδευσης (ST), παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (Pulsed Electric Field, PEF) και των υπερήχων (Ultrasound, US), με διαλύτη αιθανόλη συγκέντρωσης 75%, για 30 λεπτά, στους 80 ° C) για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης ολικών πολυφαινόλων και αντιοξειδωτικής ικανότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπό αυτές τις συνθήκες, οι μέγιστες τιμές που παρατηρήθηκαν ήταν 20,63 mg GAE/g για τις ολικές πολυφαινόλες, 84,98 μmol AAE/g για την αντιοξειδωτική δράση FRAP και 30,44 μmol AAE/g για την αντιοξειδωτική δράση της DPPH. Η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας πράσινων τεχνικών ενισχύει την προοπτική παραγωγής βιοδραστικών εκχυλισμάτων με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και χαμηλότερο κόστος, στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά στη σύγχρονη βιομηχανική πράξη. Τέλος, βρέθηκαν στο βέλτιστο εκχύλισμα τα πολυφαινόλικά συστατικά μέσω της HPLC-DAD. Τα ευρήματα αυτά δηλώνουν πως είναι εφικτή η αξιοποίηση του εκχυλίσματος από την ανθική κεφαλή γαϊδουράγκαθου για παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, με εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων (λειτουργικά τρόφιμα, συμπληρώματα διατροφής), στην κοσμετολογία (αντιγηραντικά και δερμοπροστατευτικά προϊόντα) και στη φαρμακολογία (προστασία ήπατος, αντιοξειδωτικά σκευάσματα). Τέλος, παρασκευάστηκε ένα Sorbet αχλαδίου με εκχύλισμα σπόρων του γαϊδουράγκαθου και ένα χωρίς το εκχύλισμα γύρω από τα οποία πραγματοποιήθηκε έλεγχος της οργανοληπτικής ποιότητας, με την πλειοψηφία των συμμετεχόντων (σε ποσοστό 57,9%) να θεωρούν περισσότερο αποδεκτό το τρόφιμο με το εκχύλισμα από τους σπόρους του γαϊδουράγκαθου.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Abenavoli, L., Capasso, R., Milic, N., & Capasso, F. (2010). Milk thistle in liver diseases: past, present, future. *Phytotherapyresearch*, 24(10), 1423-1432.

<https://doi.org/10.1002/ptr.3207>

Adlercreutz, H., & Mazur, W. (1997). Phyto-oestrogens and Western diseases. *Annals of medicine*, 29(2), 95-120.

Almatroodi, S. A., & Rahmani, A. H. (2025). Unlocking the pharmacological potential of myricetin against various pathogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(9), 4188. <https://doi.org/10.3390/ijms26094188>

Aziz, M., Saeed, F., Ahmad, N., Ahmad, A., Afzaal, M., Hussain, S., ... & Anjum, F. M. (2021). RETRACTED: Biochemical profile of milk thistle (*Silybum Marianum* L.) with special reference to silymarin content. *Food science & nutrition*, 9(1), 244-250.

<https://doi.org/10.1002/fsn3.1990>

Banobagi. (n.d.). *Milk Thistle Repair Serum*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7.

<https://banobagibeauty.com/products/milk-thistle-repair-serum?srltid=AfmBOooyEq5tzd05b5joxPsAaxmJqka8L8YwqsqgzVmnJEkTApLeX77P>

Banobagi. (χ.χ.). *Milk Thistle Repair Cream – 200 ml*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από

<https://banobagibeauty.com/products/milk-thistle-repair-cream>

Barreto, J. F. A., Wallace, S. N., Carrier, D. J., & Clausen, E. C. (2003). Extraction of nutraceuticals from milk thistle: I. Hot water extraction. *Applied biochemistry and biotechnology*, 108(1), 881-889.

<https://doi.org/10.1385/ABAB:108:1-3:881>

Bedrníček, J., Lorenc, F., Jarošová, M., Bártová, V., Smetana, P., Kadlec, J., ... & Bárta, J. (2022). Milk thistle oilseed cake flour fractions: a source of silymarin and macronutrients for gluten-free bread. *Antioxidants*, 11(10), 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11102022>

Bensaada, H., Soto-Garcia, M. F., & Carmona-Hernandez, J. C. (2022). Antioxidant activity of polyphenols, from *Mauritia flexuosa* (Aguaje), based on controlled dehydration. *Molecules*, 27(10), 3065. <https://doi.org/10.3390/molecules27103065>

Campillo, N., Viñas, P., Aguinaga, N., Férez, G., & Hernández-Córdoba, M. (2010). Stir bar sorptive extraction coupled to liquid chromatography for the analysis of strobilurin fungicides in fruit samples. *Journal of Chromatography A*, 1217(27), 4529-4534.

<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.05.006>

Cárdenas, S., & Lucena, R. (2017). Recent advances in extraction and stirring integrated techniques. *Separations*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.3390/separations4010006>

Cardona, F., Andrés-Lacueva, C., Tulipani, S., Tinahones, F. J., & Queipo-Ortuño, M. I. (2013). Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. *The Journal of nutritional biochemistry*, 24(8), 1415-1422.

<https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2013.05.001>

Chatzimitakos, T., Athanasiadis, V., Kalompatsios, D., Mantiniotou, M., Bozinou, E., & Lalas, S. I. (2023). Pulsed electric field applications for the extraction of bioactive compounds from food waste and by-products: a critical review. *Biomass*, 3(4), 367-401.

<https://doi.org/10.3390/biomass3040022>

Cherepanova, V. A., Gordeev, E. G., & Ananikov, V. P. (2025). Magnetic Stirring May Cause Irreproducible Results in Chemical Reactions. *JACS Au*.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40881390/>

Chikhoun, A., Ghazi, A., & Adjadj, F. (2024). Bioactive Potential of Milk Thistle (*Silybum marianum*) Seeds and Applicability of Its Edible Oil in Food Processing. *Biology and Life Sciences Forum*, 36(1), 2. <https://doi.org/10.3390/blsf2024036002>

Criqui, M. H., & Ringel, B. L. (1994). Does diet or alcohol explain the French paradox?. *The Lancet*, 344(8939-8940), 1719-1723.

Durazzo, A. (2017). Study approach of antioxidant properties in foods: Update and considerations. *Foods*, 6(3), 17. <https://doi.org/10.3390/foods6030017>

e-Fresh. (n.d.). *Ice Tea μεΡόδι Arizona (450 ml)*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από

<https://www.e-fresh.gr/el/ice-tea-me-rod-arizona-450-ml>

El Sadig, R., & Wu, J. (2024). Are novel plant-based meat alternatives the healthier choice?. *Food Research International*, 183, 114184.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114184>

El-haak, M. A., Atta, B. M., & Abd Rabo, F. F. (2015). Seed yield and important seed constituents for naturally and cultivated milk thistle (*Silybum marianum*) plants. *The Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany)*, 11(2), 141-141.

<https://www.bibliomed.org/mnsfulltext/15/15-1442493708.pdf?1758014430>

Eneleo. (n.d.). *Regeneration Oil Gold Award*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από

<https://www.eneleo.com/product/regeneration-oil/>

Ferrari, L., Panaite, S. A., Bertazzo, A., & Visioli, F. (2022). Animal-and plant-based protein sources: a scoping review of human health outcomes and environmental impact. *Nutrients*, 14(23), 5115. <https://doi.org/10.3390/nu14235115>

Flora, K., Hahn, M., Rosen, H., & Benner, K. (1998). Milk thistle (*Silybum marianum*) for the therapy of liver disease. *The American journal of gastroenterology*, 93(2), 139-143.

[https://doi.org/10.1016/S0002-9270\(97\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S0002-9270(97)00082-8)

Florame. (n.d.). *Lys Perfection 5-in-1 Anti-Aging Serum*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7,

από <https://www.organicbrands.gr/el/product/7807/florame-lys-perfection-5-in-1-anti-aging-serum?sz=3>

Ghoshal, G. (2023). Comprehensive review on pulsed electric field in food preservation: Gaps in current studies for potential future research. *Heliyon*, 9(6).

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17532>

Ghoshal, G. (2023). Comprehensive review on pulsed electric field in food preservation: Gaps in current studies for potential future research. *Heliyon*, 9(6).

[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)04740-0](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)04740-0)

Government of Canada (2022). *Proposal to enable the use of milk thistle seed extract (silymarin) as a supplemental ingredient in foods*. Retrieved from:

<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/public-involvement-partnerships/notice-proposal-enable-use-milk-thistle-seed-extract-supplemental-ingredient-foods/document.html>

Gräfenhahn, M., & Beyrer, M. (2024). Plant-based meat analogues in the human diet: what are the hazards?. *Foods*, 13(10), 1541. <https://doi.org/10.3390/foods13101541>

- Gulcin, İ. (2025). Antioxidants: a comprehensive review. *Archives of Toxicology*, 1-105. <https://doi.org/10.1007/s00204-025-03997-2>
- Gutteridge, J. M., & Halliwell, B. (1990). The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. *Trends in biochemical sciences*, 15(4), 129-135. [https://doi.org/10.1016/0968-0004\(90\)90206-Q](https://doi.org/10.1016/0968-0004(90)90206-Q)
- Halliwell, B. (1995). How to characterize an antioxidant: an update. In *Biochemical Society Symposia* (Vol. 61, pp. 73-101). Portland Press Limited. <https://doi.org/10.1042/bss0610073>
- Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481-504. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00235-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00235-1)
- iNatural. (n.d.). *Eubiotica Polyphenolic Olive Oil 100% with Milk Thistle Oil Extra ΠαρθένοΕλαιόλαδοΓαϊδουράγκαθο 280ml*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://www.inatural.gr/vendors/eubiotica/eubiotica-polyphenolic-olive-oil-100-with-milk-thistle-oil-extra-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B8%CE%B5%CE%BD%CE%BF-%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CF%8C%CE%BB%CE%B1%CE%B4%CE%BF-%CE%B3%CE%B1%CE%B9%CE%B4%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CE%B8%CE%BF-280ml.htm>
- Jadoon, S., Karim, S., Asad, M. H. H. B., Akram, M. R., Kalsoom Khan, A., Malik, A., ... & Murtaza, G. (2015). Anti-aging potential of phytoextract loaded-pharmaceutical creams for human skin cell longevity. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2015(1), 709628.
- Jin, S., Zhang, L., & Wang, L. (2023). Kaempferol, a potential neuroprotective agent in neurodegenerative diseases: From chemistry to medicine. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 165, 115215. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115215>
- Kawaguchi, M., Takatsu, A., Ito, R., & Nakazawa, H. (2013). Applications of stir-bar sorptive extraction to food analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 45, 280-293. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.01.007>
- Korres. (n.d.). *Apothecary Wild Rose Night Brightening Sleeping Facial*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://gr.korres.com/products/apothecary-wild-rose-night-brightening-sleeping-facial>

Koru Nutrition. (n.d.). *Smoothie*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://korunutrition.com/tag/smoothie/>

Krystyjan, M., Gumul, D., & Adamczyk, G. (2022). The effect of milk thistle (*Silybum marianum* L.) fortification, rich in dietary fibre and antioxidants, on structure and physicochemical properties of biscuits. *Applied Sciences*, 12(23), 12501. <https://doi.org/10.3390/app122312501>

Lamberts. (n.d.). *Green Tea 5000 mg 60 ταμπλέτες*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://www.vita4you.gr/el/lamberts-green-tea-5000mg-60-tabs>

Liu, Y., Wu, M., Ren, M., Bao, H., Wang, Q., Wang, N., Sun, S., Xu, J., Yang, X., Zhao, X., Bao, Y., He, G., & Xu, W. (2023). From Medical Herb to Functional Food: Development of a Fermented Milk Containing Silybin and Protein from Milk Thistle. *Foods*, 12(6), 1308. <https://doi.org/10.3390/foods12061308>

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118. <http://dx.doi.org/10.4103/0973-7847.70902>

Makeup.gr. (n.d.). *Naturalis Thistle Shampoo* – Σαμπουνάκι με γαλλικά έλαια και εκχύλισμα γαϊδουράγκαθου. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://makeup.gr/product/795489>

Malhotra, A., & Lakade, A. (2025). Analytical review on nutritional deficiencies in vegan diets: Risks, prevention, and optimal strategies. *Journal of the American Nutrition Association*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/27697061.2025.2461218>

Malinca. (n.d.). *MilkThistleSeeds 150 g*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://www.malinca.eu/milk-thistle-seeds-150g.html>

Marceddu, R., Dinolfo, L., Carrubba, A., Sarno, M., & Di Miceli, G. (2022). Milk thistle (*Silybum Marianum* L.) as a novel multipurpose crop for agriculture in marginal environments: A review. *Agronomy*, 12(3), 729. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030729>

Ness, A. R., & Powles, J. W. (1997). Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. *International Journal of epidemiology*, 26(1), 1-13.

Neuenschwander, M., Stadelmaier, J., Eble, J., Grummich, K., Szczerba, E., Kiesswetter, E., ... & Schwingshackl, L. (2023). Substitution of animal-based with plant-based foods on cardiometabolic health and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *BMC medicine*, 21(1), 404. <https://doi.org/10.1186/s12916-023-03093-1>

Nowak, A., Florkowska, K., Zielonka-Brzezicka, J., Duchnik, W., Muzykiewicz, A., & Klimowicz, A. (2021). The effects of extraction techniques on the antioxidant potential of extracts of different parts of milk thistle (*Silybum marianum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2021.0817>

Olival. (n.d.). *Amino Activator CM*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://olival.hr/en/products/amino-aktivator-cm>

Polovnikova, D., Evlash, V., Aksonova, O., & Gubsky, S. (2022). Muffin Enriched with Bioactive Compounds from Milk Thistle By-Product: Baking and Physico–Chemical Properties and Sensory Characteristics. *Biology and Life Sciences Forum*, 18(1), 49. <https://doi.org/10.3390/Foods2022-12930>

Power of Nature. (n.d.). *Platinum Range Turmeric 500 mg 30 κάψουλες*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://www.vita4you.gr/en/power-of-nature-platinum-range-turmeric-500-mg-30-caps>

Prabhu, S., Molath, A., Choksi, H., Kumar, S., & Mehra, R. (2021). Classifications of polyphenols and their potential application in human health and diseases. *Int. J. Physiol. Nutr. Phys. Educ*, 6(1), 293-301. <https://doi.org/10.22271/journalofsport.2021.v6.i1e.2236>

Prieto, A., Basauri, O., Rodil, R., Usobiaga, A., Fernández, L. A., Etxebarria, N., & Zuloaga, O. (2010). Stir-bar sorptive extraction: A view on method optimisation, novel applications, limitations and potential solutions. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2642-2666. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.12.051>

Ranjha, M. M. A., Kanwal, R., Shafique, B., Arshad, R. N., Irfan, S., Kieliszek, M., ... & Aadil, R. M. (2021). A critical review on pulsed electric field: A novel technology for the extraction of phytoconstituents. *Molecules*, 26(16), 4893. <https://doi.org/10.3390/molecules26164893>

- Ranjha, M. M. A., Kanwal, R., Shafique, B., Arshad, R. N., Irfan, S., Kieliszek, M., ... & Aadil, R. M. (2021). A critical review on pulsed electric field: A novel technology for the extraction of phytoconstituents. *Molecules*, 26(16), 4893. <https://doi.org/10.3390/molecules26164893>
- Renaud, S. D., & de Lorgeril, M. (1992). Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *The Lancet*, 339(8808), 1523-1526.
- Salehi, B., Venditti, A., Sharifi-Rad, M., Kręgiel, D., Sharifi-Rad, J., Durazzo, A., ... & Martins, N. (2019). The therapeutic potential of apigenin. *International journal of molecular sciences*, 20(6), 1305. <https://doi.org/10.3390/ijms20061305>
- Saller, R., Meier, R., & Brignoli, R. (2001). The use of silymarin in the treatment of liver diseases. *Drugs*, 61(14), 2035-2063. <https://link.springer.com/article/10.2165/00003495-200161140-00003>
- Scalbert, A., & Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of nutrition*, 130(8), 2073S-2085S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.8.2073S>
- Scalbert, A., Morand, C., Manach, C., & Rémésy, C. (2002). Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(6), 276-282. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00205-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00205-6)
- Shen, L., Pang, S., Zhong, M., Sun, Y., Qayum, A., Liu, Y., ... & Ren, X. (2023). A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, 101, 106646. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106646>
- Sies, H. (1997). Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Experimental Physiology: Translation and Integration*, 82(2), 291-295.
- Singh, R. P., & Agarwal, R. (2006). Mechanisms of action of novel agents for prostate cancer chemoprevention. *Endocrine-related cancer*, 13(3), 751-778. <https://doi.org/10.1677/erc.1.01126>
- Singla, R. K., Dubey, A. K., Garg, A., Sharma, R. K., Fiorino, M., Ameen, S. M., ... & Al-Hiary, M. (2019). Natural polyphenols: Chemical classification, definition of classes,

subcategories, and structures. *Journal of AOAC International*, 102(5), 1397-1400.

<https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1397>

Steinmetz, K. A., & Potter, J. D. (1996). Vegetables, fruit, and cancer prevention: a review. *Journal of the american dietetic association*, 96(10), 1027-1039.

[https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(96\)00273-8](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(96)00273-8)

Sun, J., Li, X. H., & Yu, X. L. (2016). Antioxidant activities, total flavonoids and phenolics content in different parts of *Silybum marianum* L. plants. *Chemical Engineering Transactions*, 55, 37-42. <https://doi.org/10.3303/CET1655007>

Sweet Bay. (n.d.). *Βιολογικό Acai σεΣκόνη Ola Bio 50 gr*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://www.sweetbay.gr/Viologiko-Acai-se-Skoni-Ola-Bio-50gr-BIO170>

Tamayo, C., & Diamond, S. (2007). Review of clinical trials evaluating safety and efficacy of milk thistle (*Silybum marianum* [L.] Gaertn.). *Integrative cancer therapies*, 6(2), 146-157. <https://doi.org/10.1177/1534735407301942>

TheAromatherapyShop. (n.d.). *Milk Thistle Herbal Cream / Antioxidant and anti-inflammatory*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://www.etsy.com/ca/listing/1150198771/milk-thistle-herbal-cream-antioxidant>

Tijburg, L. B. M., Mattern, T., Folts, J. D., Weisgerber, U. M., & Katan, M. B. (1997). Tea flavonoids and cardiovascular diseases: a review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(8), 771-785.

Tiwari, B. K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.013>

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., & Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.04.014>

Vita4You. (n.d.). *Lamberts Milk Thistle 8500 mg 90 tabs*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από https://www.vita4you.gr/el/lamberts-milk-thistle-8500-mg-90-tabs?gad_source=1&gad_campaignid=19661998710&gbraid=0AAAAAC2fgwrpEVkPBhX4Co7S29WMDrKyf&gclid=Cj0KCQjwzt_FBhCEARIsAJGFWVvkUfjCqTCX5xUMHEP6291RyFOTd_6WymXcrl8DYE14Qfxv8Jjh_7GAaAqmlEALw_wcB

Vita4You. (n.d.). *Solgar Milk Thistle (Silybum Marianum) 100 φυτικές κάψουλες*. Ανακτήθηκε 2025, Σεπτέμβριος 7, από <https://www.vita4you.gr/el/solgar-milk-thistle-silybum-marianum-100-futikes-kapsoules>

Wiśniewska, K., Okręglika, K. M., Jaworski, M., & Nitsch-Osuch, A. (2025). Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys. *Nutrients*, 17(3), 573. <https://doi.org/10.3390/nu17030573>

Yang, C. S., & Wang, Z. Y. (1993). Tea and cancer. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 85(13), 1038-1049.

Zagoskina, N. V., Zubova, M. Y., Nechaeva, T. L., Kazantseva, V. V., Goncharuk, E. A., Katanskaya, V. M., ... & Aksenova, M. A. (2023). Polyphenols in plants: structure, biosynthesis, abiotic stress regulation, and practical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(18), 13874. <https://doi.org/10.3390/ijms241813874>

Zarrouk, A., Martine, L., Grégoire, S., Nury, T., Meddeb, W., Camus, E., ... & Lizard, G. (2019). Profile of fatty acids, tocopherols, phytosterols and polyphenols in mediterranean oils (argan oils, olive oils, milk thistle seed oils and nigella seed oil) and evaluation of their antioxidant and cytoprotective activities. *Current pharmaceutical design*, 25(15), 1791-1805. <https://doi.org/10.2174/1381612825666190705192902>

Zhang, X., Liu, M., Wang, Z., Wang, P., Kong, L., Wu, J., ... & Liu, X. (2024). A review of the botany, phytochemistry, pharmacology, synthetic biology and comprehensive utilization of *Silybum marianum*. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1417655. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1417655>