



Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάκτηση συστατικών υψηλής διατροφικής αξίας από υποπροϊόντα  
βιομηχανιών μεταποίησης φρούτων και λαχανικών

English Title

Sustainable use of the by-products of fruit and vegetable industry for the recovery  
of compounds with high nutritional, functional and antioxidant value

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ / NAME OF STUDENT

Καραβέλης Αργύρης/

Karavelis Argyris

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ / NAME OF THE SUPERVISOR

Γιαννακούρου Μαρία/

Giannakourou Maria

ΑΙΓΑΛΕΩ / AIGALEO 2022



Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει την πτυχιακή εργασία με τίτλο «Ανάκτηση συστατικών υψηλής διατροφικής αξίας από υποπροϊόντα βιομηχανιών μεταποίησης φρούτων και λαχανικών» που παρουσιάστηκε από τον Καραβέλη Αργύρη και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Ημερομηνία

Μέλος επιτροπής αξιολόγησης

Ημερομηνία

Μέλος επιτροπής αξιολόγησης



## Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

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

Καραβέλης Αργύρης





## Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση, με βασικό στόχο την παρουσίαση στοιχείων σχετικά με τα υποπροϊόντα που παράγονται στη βιομηχανία τροφίμων κατά την επεξεργασία των φρούτων και των λαχανικών. Πολλά από τα υποπροϊόντα αυτά είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, βιοδραστικές ουσίες και άλλες πολύτιμες ενώσεις, αλλά ως επί το πλείστον καταλήγουν ως απόβλητα.

Αρχικά, παρατίθενται αναλυτικές γενικές πληροφορίες για κάποια φρούτα και λαχανικά, την παγκόσμια παραγωγή τους, καθώς και το είδος των υποπροϊόντων που παράγονται κατά την επεξεργασία τους.

Στη συνέχεια, γίνεται μια επισκόπηση των επιμέρους ουσιών που περιέχονται στα διάφορα τμήματα των φρούτων και των λαχανικών, με έμφαση στα φυτοχημικά, μια κατηγορία ενώσεων που τελευταία έχει συγκεντρώσει το ενδιαφέρον της έρευνας, στον τομέα της αξιοποίησης παραπροϊόντων της βιομηχανίας μεταποίησης γεωργικών προϊόντων.

Τέλος, μέσα από χαρακτηριστικά παραδείγματα της βιβλιογραφίας, αναλύονται διάφορες μέθοδοι ανάκτησης θρεπτικών και βιοδραστικών συστατικών από τα υποπροϊόντα των φρούτων και των λαχανικών, ενώ παρατίθενται και συνοπτικά οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αναλυτικού προσδιορισμού, αλλά και ταυτοποίησής τους.

## **Abstract**

The present work is a bibliographic analysis, with the main aim of presenting data on by-products produced in the food industry in the processing of fruits and vegetables. Many of these by-products are rich in nutrients, bioactive substances and other valuable compounds, but mostly end up as waste.

Initially, detailed general information about some fruits and vegetables, their global production, as well as the type of by-products produced during their processing are presented.

Then, an overview of the individual substances contained in the various parts of fruits and vegetables, with emphasis on phytochemicals, a category that has attracted the interest of research, in the field of utilization of by-products of the agricultural processing industry.

Finally, through typical examples of the literature, various methods of recovery of nutrients and bioactive components from the by-products of fruits and vegetables are analyzed, while the most widely used methods of analytical determination and their identification are briefly presented.



# Περιεχόμενα

Δήλωση περί λογοκλοπής .....	4
Περίληψη .....	6
Abstract .....	7
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή .....	12
Κεφάλαιο 2: Επεξήγηση και ανάλυση βασικών εννοιών .....	18
Κεφάλαιο 3: Βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών και παραγωγή στερεών παραπροϊόντων κατά την επεξεργασία .....	21
Κεφάλαιο 4: Συστατικά υψηλής διατροφικής αξίας που μπορούν να ανακτηθούν από υποπροϊόντα φρούτων και λαχανικών .....	45
Κεφάλαιο 5: Μέθοδοι ανάκτησης συστατικών υψηλής διατροφικής αξίας από υποπροϊόντα φρούτων και λαχανικών: χαρακτηριστικά παραδείγματα πηγών φυτικής προέλευσης ....	61
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα .....	75
Βιβλιογραφία .....	76

## Κατάλογος Σχημάτων/ Εικόνων

Σχήμα 1: Μορφές κατανάλωσης φυτικών προϊόντων στην Ευρώπη .....	12
Σχήμα 2: Κατανομή των αποβλήτων .....	13
Σχήμα 3: Εκατομμύρια μετρικοί τόνοι που παράγονται κατά τις διαδικασίες μεταποίησης φρούτων και λαχανικών.....	16
Σχήμα 4: Παγκόσμια παραγωγή αβοκάντο σε τόνους ανά 10 χρόνια .....	21
Σχήμα 5: Ποσοστά παραγωγής ακτινιδίου ανά ήπειρο για το 2019 .....	23
Σχήμα 6: Παγκόσμια παραγωγή ανανά από το 2007 έως το 2017 .....	23
Σχήμα 7: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας ανανά .....	24
Σχήμα 8: Ποσοστά παραγωγής δαμάσκηνο ανά ήπειρο για το 2019 .....	25
Σχήμα 9: Οι δέκα πρώτες χώρες παραγωγής ελιάς για το 2019 .....	25
Σχήμα 10: Παραγωγή ελιάς σε τόνους στην Ελλάδα ανά 10 χρόνια .....	26
Σχήμα 11: Ποσοστά παραγωγής εσπεριδοειδών ανά ήπειρο για το 2019 .....	27
Σχήμα 12: Παγκόσμια παραγωγή καρπουζιού σε τόνους από το 2003- 2018 ανά τρία χρόνια .....	28
Σχήμα 13: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας καρπουζιού .....	28
Σχήμα 14: Ποσοστά παραγωγής μάνγκο ανά ήπειρο για το 2019 .....	29
Σχήμα 15: Παραγωγή μήλου σε τόνους σε διάφορες χώρες για το 2019 .....	29
Σχήμα 16 : Παγκόσμια παραγωγή μούρων σε τόνους ανά 10 χρόνια .....	30
Σχήμα 17: Παραγωγή μπανάνας σε τόνους σε διάφορες χώρες για το 2019 .....	31
Σχήμα 18: Εξέλιξη παραγωγής παπάγιας σε τόνους από τους κορυφαίους εξαγωγείς από το 2010 έως το 2019 .....	32
Σχήμα 19: Ποσοστά παραγωγής πεπονιού ανά ήπειρο για το 2019 .....	32
Σχήμα 20: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας πεπονιού .....	33
Σχήμα 21: Ποσοστά παραγωγής σταφυλιού ανά ήπειρο για το 2019 .....	33
Σχήμα 22: Παγκόσμια παραγωγή φράουλας σε τόνους, σε συγκεκριμένες χρονολογίες από το 1990- 2019 .....	34
Σχήμα 23: Ποσοστά παραγωγής αγκινάρας ανά ήπειρο για το 2019 .....	35
Σχήμα 24: Ποσοστά παραγωγής καρότου ανά ήπειρο για το 2019 .....	36
Σχήμα 25: Παγκόσμια παραγωγή κολοκύθας σε τόνους ανά διετία από το 2011 μέχρι το 2019 .....	37
Σχήμα 26: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας κολοκύθας .....	37
Σχήμα 27: Ποσοστά παραγωγής κρεμμυδιού ανά ήπειρο για το 2019 .....	38
Σχήμα 28: Ποσοστά παραγωγής μαρουλιού ανά ήπειρο για το 2011 .....	39
Σχήμα 29: Ποσοστά παραγωγής μελιτζάνας ανά ήπειρο για το 2019 .....	40

Σχήμα 30: Παγκόσμια παραγωγή ντομάτας σε τόνους, ανά δεκαετία από το 1969-2019 .....	41
Σχήμα 31: Ποσοστά παραγωγής πατάτας ανά ήπειρο για το 2019 .....	43
Σχήμα 32: Παγκόσμια παραγωγή σπαραγγιού για το 2019 .....	44
Εικόνα 1: Πράσινο ακτινίδιο ( <i>Actinidia deliciosa</i> ) .....	22
Εικόνα 2: Μίνι ακτινίδιο ( <i>A. arguta</i> ) .....	22
Εικόνα 3: Χρυσό ακτινίδιο ( <i>A. chinensis</i> ) .....	22
Εικόνα 4: Διάταξη συμβατικής εκχύλισης .....	61
Εικόνα 5: Εκχυλιστήρας Soxhlet .....	63
Εικόνα 6: Διάγραμμα ροής της Υπερκρίσιμης Εκχύλισης .....	67

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας που δείχνει ποια υποπροϊόντα προκύπτουν από τα φρούτα και τα λαχανικά και τι ουσίες περιλαμβάνουν τα υποπροϊόντα .....	58
Πίνακας 2: Ποσότητα λυκοπενίου (mg λυκοπενίου/ kg εκχυλίσματος) που λαμβάνεται με εφαρμογή εξαγωγής με υπερήχους .....	66
Πίνακας 3: Συγκέντρωση καροτενοειδών που ανιχνεύθηκε σε κλάσματα φλούδας πεπονιού με HPLC-DAD .....	69
Πίνακας 4: Συνθήκες διεργασίας και αποτελέσματα για την εκχύλιση της ανθοκυανίνης από φλούδες κρεμμυδιού .....	73

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Σήμερα, υπάρχει ολοένα αυξανόμενη ζήτηση εκ μέρους των καταναλωτών για φρέσκα ή μεταποιημένα φρούτα και λαχανικά, που βρίσκονται κυρίως υπό τη μορφή χυμών, κονσερβών, κατεψυγμένων, ή ελάχιστα επεξεργασμένων προϊόντων (φρέσκα κομμένα, εύκολα στην κατανάλωση ή εύκολα στην παρασκευή). Οι καταναλωτές επίσης, απαιτούν τρόφιμα χωρίς συνθετικά πρόσθετα, επειδή τα συνθετικά μόρια έχουν συχνά κατηγορηθεί ότι προκαλούν ή προάγουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Έτσι λοιπόν, παρατηρείται υψηλή ζήτηση σε φυσικά συστατικά και πρόσθετα ικανά να διατηρήσουν όχι μόνο την αρχική ποιότητα των τροφίμων, αλλά και να παρέχουν στα τρόφιμα ιδιότητες που τα καθιστούν πιο υγιεινά (De Ancos et al., 2015).

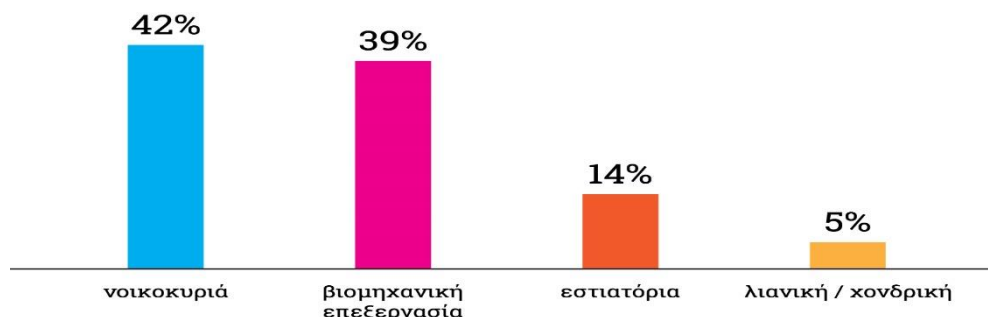


Σχήμα 1: Μορφές κατανάλωσης φυτικών προϊόντων στην Ευρώπη (De Ancos et al., 2015)

Πολλά φρούτα και λαχανικά δεν καταναλώνονται ωμά και ως εκ τούτου υποβάλλονται σε επεξεργασία για την παρασκευή του τελικού προϊόντος (Ayala-Zavala et al., 2010). Κάθε μέρα, δημιουργείται μια τεράστια ποσότητα γεωργικών υποπροϊόντων, ως αποτέλεσμα παραγωγής και αποθήκευσης φρούτων και λαχανικών, τόσο κατά την εμπορική χρήση τους, όσο και κατά την οικιακή κατανάλωσή τους. Οι βιομηχανικές μονάδες επεξεργασίας τροφίμων είναι υπεύθυνες για ένα σημαντικό μέρος αυτών των υποπροϊόντων, τα οποία αποτελούνται κυρίως από αχρησιμοποίητους ιστούς του φυτού, όπως είναι οι φλούδες, ο φλοιός και οι σπόροι (Jimenez-Lopez et al., 2020). Αυτά τα υποπροϊόντα παραμένουν ως επί το πλείστον χωρίς περαιτέρω αξιοποίηση, παρά μόνο υφίστανται μια ελάχιστη επεξεργασία για να διατεθούν ευκολότερα και ασφαλέστερα. Έτσι, απορρίπτονται συνήθως ως

στερεά απορρίμματα σε χώρους υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.ΤΑ), γεγονός που δημιουργεί σοβαρές περιβαλλοντικές επιπλοκές και οικονομικά έξοδα (Mauro et al., 2020).

## ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Σχήμα 2: Κατανομή των αποβλήτων (Barilla Center For Food & Nutrition, 2012).

Πιο συγκεκριμένα, απώλειες λαμβάνουν χώρα σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, στην παραγωγή, σε όλα τα στάδια μετά τη συγκομιδή και πριν από την κατανάλωση. Τα «απόβλητα», από την άλλη πλευρά, είναι τρόφιμα που είναι κατάλληλα για κατανάλωση, αλλά δεν καταναλώνονται και απορρίπτονται, και αυτό γενικά σχετίζεται με τη συμπεριφορά του καταναλωτή ή του λιανοπωλητή. Αν και οι απώλειες (foodwaste) και τα απόβλητα (foodresidues) μπορούν να αξιολογηθούν ξεχωριστά, και το καθένα έχει τα δικά του αίτια και λύσεις, ωστόσο είναι αλληλένδετα και μερικές φορές η διάκριση τους είναι δύσκολη. Οι απώλειες και τα απόβλητα μπορούν να αξιολογηθούν ποσοτικά και ποιοτικά. Ποσοτικά αναφέρονται σε μάζες ή όγκους, που μειώνουν την ποσότητα διαθέσιμου φαγητού για κατανάλωση. Ποιοτικά, αντιπροσωπεύουν τις πτυχές που αφορούν στην ευελιξία, τη διατροφή, τη θερμιδική αξία, την αποδοχή των καταναλωτών, την οικονομική αξία, τα οποία όλα αυτά αναγνωρίζονται πριν το τρόφιμο απορριφθεί (Sagar et al., 2017). Για παράδειγμα, οι φλούδες φρούτων και λαχανικών, οι σπόροι, τα κουκούτσια ή ολόκληρα κομμάτια θεωρούνται απόβλητα εάν δεν χρησιμοποιούνται ως πηγές φυτοχημικών ή άλλων πολύτιμων προϊόντων. Εάν αυτά τα απόβλητα χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση φυτοχημικών, τότε θεωρούνται υποπροϊόντα επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών (De Ancos et al., 2015). Τα απορριπτόμενα προϊόντα προκύπτουν ως αποτέλεσμα ορισμένων μορφολογικών χαρακτηριστικών του βρώσιμου μέρους, έλλειψη κατάλληλων χειρισμών, ή απλώς απορρίπτονται για διάφορους λόγους. Οι διάφοροι άλλοι λόγοι, οι οποίοι συνήθως προκαλούν αναντίστροφη αλλοίωση στο τρόφιμο, μπορεί να είναι οι ακόλουθοι:

1) Διακοπή ρεύματος: Η διακοπή ρεύματος συμβαίνει περιστασιακά, όμως εξαρτάται από το προϊόν εάν πρέπει να απορριφθεί μετά από μακροχρόνιες διακοπές ρεύματος. Μπορεί να προκύψουν ανεξέλεγκτες αλλαγές ή αποσύνθεση, εάν η επεξεργασία απαιτεί μια

συγκεκριμένη διαχείριση της θερμοκρασίας, όπως μαγείρεμα ή ζύμωση. Οι διακοπές ρεύματος είναι δύσκολο να αποφευχθούν, καθώς προκύπτουν από διακυμάνσεις της τάσης του δημόσιου δικτύου τροφοδοσίας.

2) Ελαττώματα εξοπλισμού: Η αποτυχία ψύξης ή κατάψυξης οδηγεί σε εσφαλμένες θερμοκρασίες αποθήκευσης και έτσι θέτει σε κίνδυνο την ασφάλεια των πρώτων υλών και των τελικών προϊόντων. Άλλα ελαττώματα εξοπλισμού σχετίζονται κυρίως, με μονάδες θέρμανσης. Τέτοιες αποτυχίες παρεμποδίζουν τη διαδικασία ελέγχου και ενδέχεται να προκαλέσουν μη αποστειρωμένα προϊόντα, ανεπαρκές ψήσιμο ή ανεξέλεγκτη ζύμωση. Επίσης, ελαττώματα στις γεννήτριες αέρα μπορεί να είναι ο λόγος της μικροβιακής επαναμόλυνσης.

3) Ανθρώπινα λάθη: Η αποτυχία επεξεργασίας μπορεί επίσης να συνδέεται με ανθρώπινα λάθη, για παράδειγμα εσφαλμένο έλεγχο διεργασιών ή ανακριβή χειρισμό των τύπων.

4) Πειραματικές απώλειες: Αυτές οι απώλειες είναι, είτε πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για έρευνα και ανάπτυξη, είτε δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια δοκιμών που απαιτούνται για την τελική ρύθμιση παραμέτρων και διαμόρφωσης.

5) Καθαρισμός απωλειών: Τα υπολείμματα προϊόντων που προσκολλώνται στον εξοπλισμό θεωρούνται απώλειες. Σε όλους τους κλάδους, η συχνότητα καθαρισμού μπορεί να μειωθεί, αφού παρόμοια προϊόντα παράγονται διαδοχικά. Παρόλα αυτά ο καθαρισμός είναι αναπόφευκτος, αφού η απομάκρυνση μικροοργανισμών ή αλλεργιογόνων συστατικών συμβάλλει αποφασιστικά στην παραγωγή υγιεινών και ασφαλών τροφίμων (Otto et al., 2011).

6) Πηγές κινδύνων για την ασφάλεια: Σε περίπτωση επικίνδυνων προϊόντων, οι κατασκευαστές είναι αναγκασμένοι να απορρίψουν τα αντίστοιχα είδη, λόγω αυξημένου κινδύνου στην υγεία. Θραύση γυαλιού, συχνό αποτέλεσμα φθοράς και κόπωσης μετά από υπερβολική χρήση επιστρεφόμενων φιαλών, είναι ένα τυπικό παράδειγμα, όπου το αντίστοιχο προϊόν δεν μπορεί να ανακτηθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί λόγω ασφάλειας. Επίσης, η μόλυνση από ξένα σώματα (π.χ. μέταλλο, πλαστικά, πέτρες, γυαλί), μπορεί να οδηγήσει στην απόρριψη ολόκληρης παραγωγής.

7) Δείγματα για αναλύσεις: Μερικά δείγματα αφαιρούνται από την παραγωγή για αναλύσεις. Οι ποσότητες των δειγμάτων είναι απολύτως απαραίτητες για να διασφαλιστεί η ασφάλεια της παραγωγής και έτσι δεν υπάρχει δυνατότητα μείωσής τους (Raak et al., 2016).

Σε βρώσιμα τμήματα προϊόντων γεωργικής διατροφής, τα οποία μπορεί να έχουν τη μορφή υποπροϊόντων ή υπολειμμάτων μπορεί να περιλαμβάνονται υψηλές ποσότητες φυτικών θρεπτικών συστατικών ή βιοδραστικών βιολογικά ενεργών ενώσεων που παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα βιοδραστικότητας. Βιοδραστικές ενώσεις που απομονώνονται, κυρίως από απόβλητα φρούτων και λαχανικών ή υποπροϊόντων αυτών, περιλαμβάνουν πολυφαινόλες, ταννίνες, φλαβονοειδή, φλαβονόλες, βιταμίνες (Α και Ε), βασικά μέταλλα, λιπαρά οξέα, πτητικά, ανθοκυανίνες και χρωστικές ουσίες (Ben-Othman et al., 2020). Επιπλέον, η επεξεργασία φρούτων και λαχανικών παράγει μεγάλες ποσότητες υποπροϊόντων,

όπως φλούδες, σπόρους, κουκούτσια, υπολειμματικό πολτό, προς απόρριψη ολόκληρα κομμάτια, τα οποία είναι πλούσια σε φυτοχημικές ενώσεις, όπως φαινολικές ενώσεις, καροτενοειδή, διαιτητικές ίνες, βιταμίνη C, μέταλλα, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή χαμηλού κόστους για την ανάκτηση λειτουργικών συστατικών (De Ancos et al., 2015). Σε πολλές περιπτώσεις, η συγκέντρωση βιοδραστικών ενώσεων είναι μεγαλύτερη στα υποπροϊόντα απ' ό,τι στο βρώσιμο μέρος του φρούτου. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων είναι 15% υψηλότερη σε φλούδες λεμονιών, σταφυλιών, πορτοκαλιών και σε σπόρους αβοκάντο, από ό,τι στον πολτό των φρούτων. Παρομοίως, η φλούδα της πατάτας έχει αναφερθεί ότι περιέχει 50% των συνολικών φαινολικών στην πατάτα. Το όφελος αυτών των ενώσεων για την υγεία είναι μεγάλο, καθώς διαθέτουν αντιαλλεργικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιμικροβιακές, αντιοξειδωτικές, αντιθρομβωτικές, καρδιοπροστατευτικές και αγγειοδιασταλτικές ιδιότητες (Kumar et al., 2021).

Μέχρι σήμερα, τα περισσότερα απόβλητα γεωργικών τροφίμων έχουν χρησιμοποιηθεί ως πηγή καυσίμων ή ζωοτροφών ή ως οργανικά λιπάσματα (Ben-Othman et al., 2020). Η επεξεργασία των υποπροϊόντων φρούτων και λαχανικών είναι αποτελεσματική για την αποφυγή απόρριψης των αποβλήτων από το περιβάλλον, αλλά και για την απόκτηση ενώσεων προστιθέμενης αξίας. Με τον τρόπο αυτό, αντιμετωπίζονται τόσο τα περιβαλλοντικά, όσο και τα οικονομικά προβλήματα (Karimi et al., 2021). Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας, περίπου 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι τροφίμων πετιούνται κάθε χρόνο, τόσο από τους παραγωγούς, όσο και από τους καταναλωτές. Στην Ευρώπη, τα απόβλητα τροφίμων ανήλθαν σε 88 εκατομμύρια τόνους το 2012. Οι Buzby et al. (2011) υπολόγισαν ότι η συνολική αξία απώλειας φρούτων και λαχανικών σε επίπεδο λιανικής και καταναλωτή το 2007 στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν 42,8 δισεκατομμύρια δολάρια ή περίπου 141 \$ ανά άτομο. Ο FAO (2014) αποκάλυψε ότι η επεξεργασία, η συσκευασία, η διανομή και η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών στην Κίνα, στην Ινδία, στις Φιλιππίνες και στις Ηνωμένες Πολιτείες παράγουν περίπου 55 MMT απορριμμάτων φρούτων και λαχανικών (Sagar et al., 2017).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις περισσότερες χώρες, το ποσοστό του αρχικού βάρους των λαχανικών και των φρούτων που χάνονται ή απορρίπτονται είναι πάνω από 40% και γίνεται περισσότερο από 50% σε λιγότερο βιομηχανικές περιοχές, όπως η υποσαχάρια Αφρική, η Βόρεια Αφρική, η Κεντρική και Ανατολική Ασία. Οι απώλειες στη γεωργική παραγωγή κυμαίνονται μεταξύ 15% και 20% στις βιομηχανικές περιοχές της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής, κατά κύριο λόγο (De Ancos et al., 2015).

Οι βιομηχανίες μεταποίησης τροφίμων έχουν δει ταχεία ανάπτυξη σε όλο τον κόσμο κατά τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά και μεγάλες απώλειες και απόβλητα κατά την επεξεργασία.





Σχήμα 3: Εκατομμύρια μετρικοί τόνοι που παράγονται κατά τις διαδικασίες μεταποίησης φρούτων και λαχανικών. (Panouille et al. 2007) \*MMT= Million Metric Tons (Schieber et al. 2001)

Οι Kummu et al. (2012) σημείωσαν ότι οι παγκόσμιες γεωργικές απώλειες θα μπορούσαν να μειωθούν κατά 47% και τα παγκόσμια καταναλωτικά απόβλητα κατά 86%. Οι απώλειες και τα απόβλητα φρούτων και λαχανικών δεν αντιπροσωπεύουν μόνο την σπατάλη τροφίμων, αλλά επίσης, έμμεσα περιλαμβάνεται και η σπατάλη κρίσιμων πόρων, όπως γη, νερό, λιπάσματα, χημικές ουσίες, ενέργεια και εργασία. Αυτές οι τεράστιες ποσότητες χαμένων τροφίμων συμβάλλουν επίσης, σε τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς αποσυντίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής και εκπέμπουν επιβλαβή αέρια θερμοκηπίου (Venkat 2011, Vilarino et al., 2017). Επιπλέον, τα υπολείμματα, τα οποία περιέχουν υψηλές ποσότητες υγρασίας και μικροβιακών φορτίων, αναγνωρίζονται ως σημαντική απειλή για το περιβάλλον, τα τελευταία χρόνια (Ismail et al., 2019; Tedesco et al., 2019). Ωστόσο, αν και η υγειονομική ταφή και η αποτέφρωση των αποβλήτων δεν είναι από τις πιο κατάλληλες επιλογές σήμερα, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες χώρες της ΕΕ (Carson-Tojo et al., 2016). Τα κράτη μέλη προωθούν την πρόληψη των αποβλήτων και εντείνουν τα συστήματα διαχωρισμού αποβλήτων. Αυτό θα μειώσει προοδευτικά την υγειονομική ταφή και θα συμβάλει σημαντικά στην επίτευξη των στόχων σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση αστικών αποβλήτων που καθορίζονται στις οδηγίες 2008/98/EK και 1999/31/EK, σχετικά με την υγειονομική ταφή των αποβλήτων, όπως τροποποιήθηκε πρόσφατα με τις οδηγίες (UE) 2018/851 και (UE) 2018/850 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1999, 2008, 2018α, 2018β) (Xiana Rico et al., 2020). Η περιβαλλοντική νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι απαιτητική για την επεξεργασία των αποβλήτων, σύμφωνα με την οδηγία 2006/12/EK, που στη συνέχεια βελτιώθηκε με την οδηγία 2008/98/EK. Η παρούσα οδηγία θεσπίζει την υποχρέωση των κρατών μελών να εφαρμόζουν μέτρα για τη μείωση των βιομηχανικών αποβλήτων με ανακύκλωση, με ανάκτηση και με επαναχρησιμοποίηση ως πηγή ενέργειας ή με άλλες διαδικασίες για την εξαγωγή πολύτιμων πρώτων υλών. Η ολική ή μερική ανάκτηση αυτών των αποβλήτων ή υποπροϊόντων που παράγονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών ή σε άλλα

στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, περιλαμβάνει σημαντικά πλεονεκτήματα σε οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά θέματα (De Ancos et al., 2015).

Εκτός από τη μείωση του ποσοστού εξάντλησης φυσικών πόρων, τη συσσώρευση αποβλήτων και το κόστος της υγειονομικής ταφής, η αξιοποίηση αυτών των υποπροϊόντων θα μπορούσε να προωθήσει την καινοτομία, να προσφέρει επιχειρηματικές ευκαιρίες και, τελικά, να αποφέρει έσοδα από πρώην δαπανηρά απόβλητα (Talekar et al., 2018). Οι απώλειες τροφίμων που παράγονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των φρούτων και των λαχανικών είναι ένα σημαντικό πρόβλημα, διότι το κόστος της διαχείρισής τους επηρεάζει την τελική τιμή του προϊόντος, η οποία αυξάνεται σημαντικά λόγω αυτής της δραστηριότητας (De Ancos et al., 2015). Μόνο η Ευρώπη παράγει περίπου 88 μετρικούς τόνους οργανικά απόβλητα, τα οποία απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το σενάριο, η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων ή και των υποπροϊόντων, μπορούν να θεωρηθούν ως μια θετική μετάβαση από μια γραμμική οικονομία σε μια κυκλική οικονομία. Στην αντίληψη μιας κυκλικής οικονομίας, η αξιοποίηση των αποβλήτων φρούτων και λαχανικών επιτρέπει την ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση υλικών και την επανατοποθέτηση στην αλυσίδα εφοδιασμού, επιτρέποντας έτσι οικονομική ανάπτυξη, καθώς και συμβολή για ελάχιστες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Hussain et al., 2020). Αυτές οι ανησυχίες έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων και των βιομηχανιών, ώστε να προσπαθήσουν να αναπτυχθούν διαφορετικές τεχνικές για την αξιοποίηση των υποπροϊόντων φρούτων και λαχανικών ως φθηνή, άφθονη και υψηλού δυναμικού πηγή πολύτιμων βιοδραστικών ενώσεων (Arjeh et al., 2020). Με την πρόκληση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, τα αποτελέσματά της για τα οικοσυστήματα και την εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων, η τεράστια ποσότητα των απορριμμάτων τροφίμων που παράγονται και η υγειονομική ταφή τους γίνονται επείγουσα προτεραιότητα, προσελκύοντας την προσοχή των κυβερνήσεων, των κοινωνικών και περιβαλλοντικών οργανισμών, επιχειρήσεων και ακαδημαϊκών (Xiana Rico et al., 2020). Η μείωση των απορριμμάτων τροφίμων είναι επομένως ένας από τους στόχους που έχουν θέσει τα Ηνωμένα Έθνη για να επιτύχουν έναν πιο βιώσιμο κόσμο έως το 2030 (Ηνωμένα Έθνη, 2015) (Raak et al., 2016).

## Κεφάλαιο 2: Επεξήγηση και ανάλυση βασικών εννοιών

Απόβλητα στη βιομηχανία τροφίμων: Στη βιομηχανία τροφίμων η ανάκτηση και η τροποποίηση των αποβλήτων είναι πολύ σημαντική. Σκοπός είναι η πληρέστερη χρησιμοποίηση της πρώτης ύλης και η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων, της μόλυνσης και της επεξεργασίας των αποβλήτων. Με την συνεχή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και την υπάρχουσα σχέση υψηλής ποιότητας-χαμηλού κόστους, η ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από πηγές απώλειας και η χρησιμοποίησή τους σαν τροφή του ανθρώπου ή ζωοτροφή θα βοηθήσει στη μείωση του κινδύνου της αύξησης του χάσματος μεταξύ του παγκόσμιου πληθυσμού και του εφοδιασμού τροφίμων.

Απόδοση (yield): Επιλέχτηκε ως όρος, επειδή χρησιμοποιείται πολύ στη βιομηχανία και είναι κατανοητός. Απόδοση είναι το ποσό ή η ποσότητα που παράγεται ή επιστρέφεται. Απόδοση, δηλαδή, είναι το εξερχόμενο προϊόν διαιρεμένο με την εισερχόμενη πρώτη ύλη. Το εξερχόμενο προϊόν δεν περιλαμβάνει το υποπροϊόν και η εισερχόμενη πρώτη ύλη δεν περιλαμβάνει το προστιθέμενο νερό στην επεξεργασία. Η προτιμότερη μέθοδος για τον υπολογισμό της απόδοσης είναι να χρησιμοποιούνται οι ίδιες μονάδες για το προϊόν και την πρώτη ύλη, έτσι η απόδοση γίνεται αδιάστατη.

Απώλεια (loss): Είναι ένας αναγκαίος όρος για κάθε μελέτη ή αναφορά σε απώλειες τροφίμων. Απώλεια είναι η μετατροπή του υλικού που είναι εδώδιμο ή το οποίο μπορεί να καταστεί εδώδιμο σε υλικό που δεν είναι εδώδιμο. Αυτό είναι προφανές για την αλυσίδα τροφίμων. Εδώδιμο σημαίνει κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Το νερό που σκόπιμα απομακρύνεται κατά την επεξεργασία δεν θεωρείται απώλεια. Ο ορισμός αυτός, αντιπροσωπεύει μια απώλεια της αξίας του τρόφιμου στην αλυσίδα του τρόφιμου για ανθρώπινη κατανάλωση.

Απόβλητο (waste): Ο όρος αυτός έχει πολλές έννοιες. Έτσι, κάθε εξαφάνιση από την αλυσίδα των τροφίμων μπορεί να ονομασθεί απόβλητο, αν είναι επιθυμητό να δημιουργηθεί μια αρνητική σημασία. Απόβλητο είναι η απώλεια εκείνη, η οποία μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση της άριστης πρακτικής τεχνολογίας. Ο ορισμός αυτός απαιτεί την κρίση ως προς το τι είναι η άριστη πρακτική τεχνολογία. Ο όρος άριστη πρακτική τεχνολογία δεν σημαίνει την άριστη διαθέσιμη ή την άριστη πιθανή τεχνολογία. Προορίζεται να αντιπροσωπεύει μια τρέχουσα, επιτεύξιμη κατάσταση στην επεξεργασία. Έτσι, ο ορισμός του τι είναι απόβλητο σε μια επεξεργασία θα αλλάζει καθώς βελτιώνεται η τεχνολογία.

Υποπροϊόντα και απόβλητα της επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών: Η ταξινόμηση, η αποφλοίωση, η κοπή των περιττών μερών και η εκपुरήνωση είναι οι κύριες εργασίες της βιομηχανίας επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό αποβλήτων. Η σύνθεση και η πηγή των αποβλήτων από τη βιομηχανία της επεξεργασίας των φρούτων καθορίζεται και από το τελικό βιομηχανικό προϊόν και από τις

επεξεργασίες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή. Τα κύρια φορτία αποβλήτων προκύπτουν από τις εξής εργασίες: πλύσιμο, υδρομεταφορά, κοπή-τεμαχισμός, αποφλοιώση, εκπυρήνωση, ζεμάτισμα, πλύσιμο κονσερβών και ψύξη. Τα πιο σημαντικά απόβλητα που παράγονται είναι φλοιοί, πυρήνες, περιττά μέρη φρούτου, κουκούτσια, σπόροι, κοτσάνια, άχρηστα ή και υπερώριμα φρούτα. Κατά την επεξεργασία των φρούτων τα δημιουργούμενα απόβλητα μπορούν να διακριθούν σε υγρά και στερεά. Γενικά, τα απόβλητα από την επεξεργασία των φρούτων περιέχουν ουσίες, οι οποίες είναι οργανικές, αρκετά διαλυτές. Κατά την επεξεργασία των λαχανικών συσσωρεύονται φλοιοί, πυρήνες, τεμάχια λαχανικών, μέρη ή ολόκληρα φυτά, κουκούτσι και άλλα υλικά, τα οποία πρέπει να χρησιμοποιηθούν ή για την παραγωγή υποπροϊόντων ή να διατεθούν σαν σκουπίδια. Κατά την επεξεργασία των λαχανικών τα δημιουργούμενα απόβλητα μπορούν να διακριθούν σε υγρά και σε στερεά. Τα υγρά απόβλητα της επεξεργασίας των λαχανικών περιέχουν υψηλά ποσοστά διαλυτών οργανικών υλικών (Λάζος, 1997).

Φρούτα και Λαχανικά: Τα φρούτα και τα λαχανικά παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες ως προς την σύσταση, τις μεθόδους καλλιέργειας και συγκομιδής, τις συνθήκες αποθήκευσης και επεξεργασίας. Από βοτανολογική άποψη, τα φρούτα είναι εκείνα τα μέρη του φυτού, τα οποία φέρουν σπόρους. Όμως και πολλά λαχανικά μπορούν να χαρακτηριστούν σαν φρούτα, όπως οι ντομάτες, τα κολοκύθια, οι μελιτζάνες, οι πιπεριές, γιατί είναι οι σπορογόνοι καρποί των φυτών. Μια βασική διάκριση μεταξύ φρούτων και λαχανικών θα μπορούσε να γίνει με βασικό κριτήριο τον τρόπο που χρησιμοποιούνται. Τα μέρη του φυτού που καταναλώνονται με το κυρίως φαγητό, μπορούν να χαρακτηριστούν ως λαχανικά, ενώ τα μέρη του φυτού που καταναλώνονται σαν επιδόρπιο, μπορούν να χαρακτηριστούν ως φρούτα. Αυτή η διάκριση ακολουθείται και από τις βιομηχανίες τροφίμων.

Τα φρούτα και τα λαχανικά παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες αλλά και μεγάλες μορφολογικές διαφορές. Με τον όρο «λαχανικό», αναφερόμαστε όχι σε ένα συγκεκριμένο όργανο, αλλά σε διάφορα φυτικά μέρη, τα οποία καταναλώνονται σαν τροφή. Διάφορα λαχανικά ανάλογα με το είδος του φυτικού μέρους που προέρχονται, παρουσιάζουν ιδιαίτερα μορφολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στα περισσότερα είδη σπυροφόρων και σε ορισμένα καρποφόρα λαχανικά, οι καρποί είναι σαρκώδεις και καταναλώνονται αφού ωριμάσουν, γι' αυτό και ονομάζονται νωποί καρποί ή φρούτα. Γενικά «καρπός» είναι το φυτικό τμήμα, που αποτελείται από τα σπέρματα και τα μέρη που το περιβάλλουν, δηλαδή την ωοθήκη και την ανθοδόχη.

Εύκολα μπορούμε να αντιληφθούμε τη μεγάλη ποικιλομορφία των καρπών και να διαπιστώσουμε ότι τα διάφορα συστήματα ταξινόμησης των καρπών, περιέχουν κάποιο βαθμό αυθαιρεσίας. Τα φρούτα ταξινομούνται ανάλογα με την περιοχή που μεγαλώνουν ως εξής:

1. Φρούτα εύκρατης ζώνης:

- Πόμη, κοινώς μήλο, είναι τα μήλα, τα αχλάδια, τα κυδώνια. Στο σχηματισμό της πόμης συμμετέχει σε μικρό μόνο ποσοστό το τοίχωμα της ωοθήκης, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του σαρκώδους τμήματος του καρπού προέρχεται από το υπάνθιο.
  - Πυρηνόκαρπα φρούτα, είναι τα βερίκοκα, τα κεράσια, τα νεκταρίνια, τα ροδάκινα, τα δαμάσκηνα. Αυτά χαρακτηρίζονται από σαρκώδες μεσοκάρπιο που αποτελείται από λεπτά παρεγγυματικά κύτταρα. Το εξωκάρπιο αποτελείται από την επιδερμίδα, η οποία είναι λεπτή και λεία. Το μεσοκάρπιο περιλαμβάνει ένα ισχυρά ξυλοποιημένο ενδοκάρπιο (πυρήνας), που κλείνει μέσα του το σπέρμα.
  - Μαλακά φρούτα, είναι τα σταφύλια και οι μικροί καρποί, στους οποίους ανήκει ένας αριθμός από μη συγγενή είδη, τα οποία ομαδοποιούνται έτσι λόγω του μικρού τους μεγέθους, και όχι λόγω κατασκευαστικής ομοιομορφίας. Τα φρούτα αυτά παρουσιάζουν προβλήματα κατά την αποθήκευση, λόγω της μαλακής τους υφής και είναι ευπαθής στην ανάπτυξη μούχλας και ζυμών. Οι μικροί αυτοί καρποί χωρίζονται σε τρεις ομάδες: Τα berry: blackberry (βατόμουρα), raspberry (σμέουρα), loganberry και μούρα. Τα currants: gooseberry (φραγκοστάφυλα), currants (ριβήσια), blueberry (μύρτιλλα). Τα αχάινια: φράουλες.
2. Υποτροπικά φρούτα:
- Εσπεριδοειδή: πορτοκάλια, λεμόνια, γκρέιπφρουτ, μανταρίνια. Ο καρπός των εσπεριδοειδών ονομάζεται εσπερίδιο.
  - Μη εσπεριδοειδή φρούτα: αβοκάντο, σύκα, ακτινίδια, ελιές, ρόδια.
3. Τροπικά φρούτα:
- Μπανάνα, μάνγκο, παπάγια, ανανάς.

(Αναγνωστοπούλου Άννα & Ταλέλλη Αικατερίνη, 2014).

Θρεπτικά συστατικά: Τα θρεπτικά συστατικά είναι ζωτικής σημασίας ουσίες, οι οποίες προέρχονται από τα τρόφιμα και είναι απαραίτητες για να διατηρήσουν τα κύτταρα, οι ιστοί, τα οργανικά συστήματα και το σώμα, τη δομική και λειτουργική τους ακεραιότητα.

Τα θρεπτικά συστατικά χωρίζονται σε υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες, βιταμίνες, νερό και ανόργανα συστατικά. Οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια, οι πρωτεΐνες και οι βιταμίνες παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια στον ανθρώπινο οργανισμό (Σφλώμος Κωνσταντίνος & Βαρζάκας Θεόδωρος, 2015).

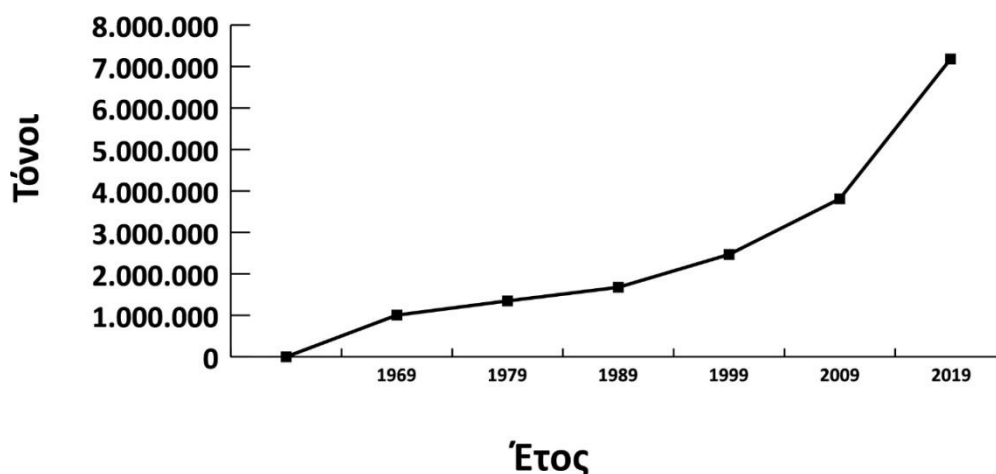
## Κεφάλαιο 3: Βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών και παραγωγή στερεών παραπροϊόντων κατά την επεξεργασία

### 3.1 Βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων και παραγωγή στερεών παραπροϊόντων κατά την επεξεργασία

#### Βιομηχανία επεξεργασίας αβοκάντο

Το αβοκάντο είναι ένα δικοτυλήδονο φυτό. Προέρχεται από το Μεξικό και την Κεντρική Αμερική και καλλιεργείται στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου. Το 2019, το Μεξικό ήταν ο κύριος παραγωγός αβοκάντο με περισσότερους από 2 εκατομμύρια τόνους. Ακολουθεί η Δομινικανή Δημοκρατία με παραγωγή 661.626 τόνους, το Περού με 535.911 τόνους και η Κολομβία με 535.021 τόνους. Το 2019, η Ελλάδα παρήγαγε 9.380 τόνους (FAO).

### Παγκόσμια παραγωγή αβοκάντο ανά δεκαετία



Σχήμα 4: Παγκόσμια παραγωγή αβοκάντο σε τόνους ανά 10 χρόνια. (FAO)

Το αβοκάντο είναι ένα φρούτο που παράγεται και διατίθεται στο εμπόριο παγκοσμίως, με μεγάλη σημασία στις διεθνείς αγορές, λόγω της αυξανόμενης ζήτησης αυτού του φρούτου και παράγωγων προϊόντων διατροφής, όπως σάλτσες, guacamole και λάδι. Το λάδι αβοκάντο και το guacamole είναι τα κύρια βιομηχανικά προϊόντα από το αβοκάντο, στο οποίο οι σπόροι, οι φλούδες και οι απώλειες χαρτοπολτού αποτελούν τα υπολείμματα που δημιουργούνται από τη βιομηχανοποίηση. Επί του παρόντος, αυτά τα απόβλητα δεν έχουν σημαντική χρήση σε σύγκριση με τις μεγάλες ποσότητες που παράγονται καθημερινά,

γεγονός που δημιουργεί σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα (Figueroa et al., 2018). Οι σπόροι αβοκάντο αποτελούν περίπου το 13-17% των φρέσκων φρούτων (Abubakar et al., 2017; Kosińska et al., 2012; Rodríguez-Carpena et al., 2011).

#### Βιομηχανία επεξεργασίας ακτινιδίου

Το ακτινίδιο είναι ένα μικρό πράσινο φρούτο με υψηλή περιεκτικότητα σε μικρούς μαύρους σπόρους, καλυμμένο με καφέ δέρμα. Εξαίρεση αποτελεί το μίνι ακτινίδιο, το οποίο χαρακτηρίζεται από μια ομαλή, βρώσιμη και μη τριχωτή φλούδα. Περισσότερο καταναλώνεται το πράσινο ακτινίδιο (*Actinidia deliciosa*), το χρυσό ακτινίδιο (*A. chinensis*) (Lopez-Sobaler et al., 2016) και το μίνι ακτινίδιο (*A. arguta*), το οποίο είναι μια παραλλαγή του ακτινιδίου.



Εικόνα 1: Πράσινο ακτινίδιο (*Actinidia deliciosa*)



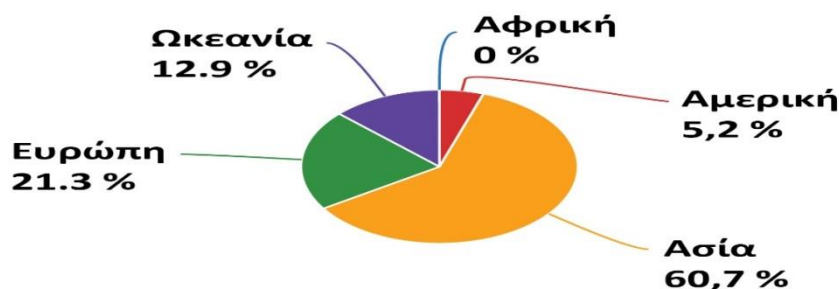
Εικόνα 2: Μίνι ακτινίδιο (*A. arguta*)



Εικόνα 3: Χρυσό ακτινίδιο (*A. chinensis*)

Αρχικά το ακτινίδιο καλλιεργούνταν στις ορεινές δασικές περιοχές της βόρειας Κίνας. Πλέον καλλιεργείται και σε αρκετές χώρες, λόγω της προσαρμοστικότητάς του σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Το 2019, η Κίνα ήταν η πρώτη χώρα σε παραγωγή ακτινιδίου με 2.196.727 τόνους. Η Ελλάδα, το ίδιο έτος, παρήγαγε 285.860 τόνους (FAO).

## Παραγωγή ακτινίδιου ανά ήπειρο 2019

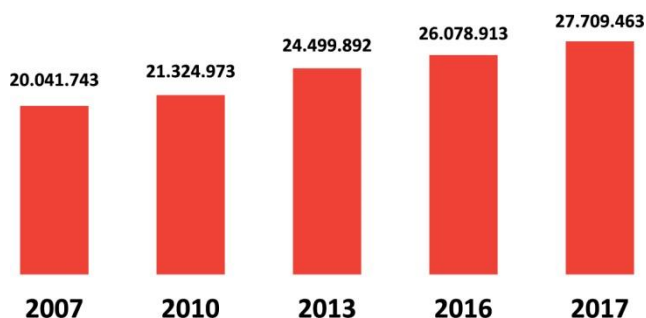


Σχήμα 5: Ποσοστά παραγωγής ακτινίδιου ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Στη βιομηχανία επεξεργασίας ακτινιδίου κύρια προϊόντα αποτελούν τα κατεψυγμένα, τα αποξηραμένα και τα κονσερβοποιημένα φρούτα. Κατά τη βιομηχανική επεξεργασία παράγονται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων και υποπροϊόντων. Αυτά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν περισσότερο αποτελεσματικά (Deng et al., 2016). Μη χρησιμοποιούμενες φλούδες, πολτός, σπόροι και υπολείμματα κλαδιών, όπως τα φύλλα και τα αγκάθια, θα ήταν καλή πηγή, λόγω των υψηλών επιπέδων φαινολικών ενώσεων και αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων (Dias et al., 2020), επιτρέποντας τη χρήση τους σε διαφορετικούς βιομηχανικούς κλάδους (Luzi et al., 2017).

### Βιομηχανία επεξεργασίας ανανά

## Παγκόσμια παραγωγή ανανά 2007 - 2017



Σχήμα 6: Παγκόσμια παραγωγή ανανά από το 2007 έως το 2017. (FAO)

Ο ανανάς είναι ένα πολυετές μονοκοτυλήδονο φυτό. Καλλιεργείται σε πολλές τροπικές και υποτροπικές χώρες, όπως στις Φιλιππίνες, στην Ταϊλάνδη, στην Ινδονησία, στη Μαλαισία, στην Κένυα, στην Ινδία και στην Κίνα. Η παγκόσμια παραγωγή ανανά αυξήθηκε



ραγδαία κατά την δεκαετία 2007- 2017. Η Κόστα Ρίκα, οι Φιλιππίνες και η Βραζιλία είναι οι κύριοι παραγωγοί ανανά με 3.1 εκατομμύρια, 2.7 εκατομμύρια και 2.3 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Η παγκόσμια παραγωγή ανανά για το 2019 ήταν 28.179.348 τόνους, ενώ στην Ελλάδα, το ίδιο έτος παρήχθησαν 220.930 τόνοι (FAO).

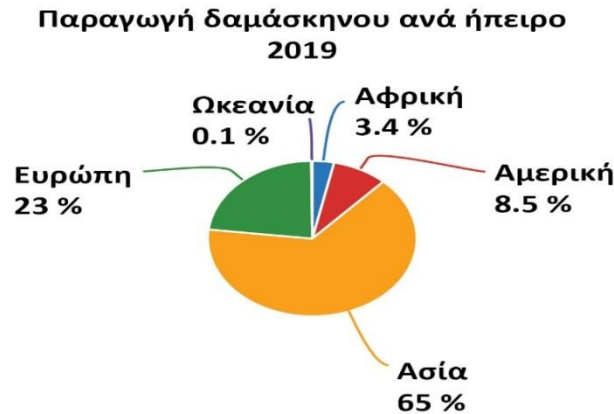
Η βιομηχανία επεξεργασίας του ανανά εστιάζει κυρίως στην παραγωγή κονσέρβας ανανά και χυμού. Οι ποσότητες υποπροϊόντων που παράγονται κατά την βιομηχανική επεξεργασία του ανανά αγγίζουν ακόμα και το 50-60% (Ketnawa et al., 2012). Τα στερεά απορρίματα της επεξεργασίας αυτής είναι κυρίως φλούδες (29–42%), πυρήνας (9–20%) και μικρές ποσότητες στεφάνης και στελέχους. Η βιομηχανική επεξεργασία, κυρίως, για παραγωγή χυμού ανανά δημιουργεί έως και 30% σπατάλη (foodwaste). Εξαιτίας αυτού, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για επεξεργασία φλουδών ανανά για την απόκτηση προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (Banerjee et al., 2019; Huang et al., 2011; Ketnawa et al., 2012; Roda & Lambri, 2019).



Σχήμα 7: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας ανανά

### Βιομηχανία επεξεργασίας δαμάσκηνου

Η παγκόσμια παραγωγή δαμάσκηνων ανήλθε το 2019 σε 12.6 εκατομμύρια τόνους. Η Κίνα είναι πρώτη χώρα παραγωγής δαμάσκηνου, με 7.003.828 τόνους το 2019, ενώ ακολουθεί η Ρουμανία με 692.670 τόνους. Η Ελλάδα παρήγαγε την ίδια χρονιά 20.540 τόνους δαμάσκηνων (FAO).

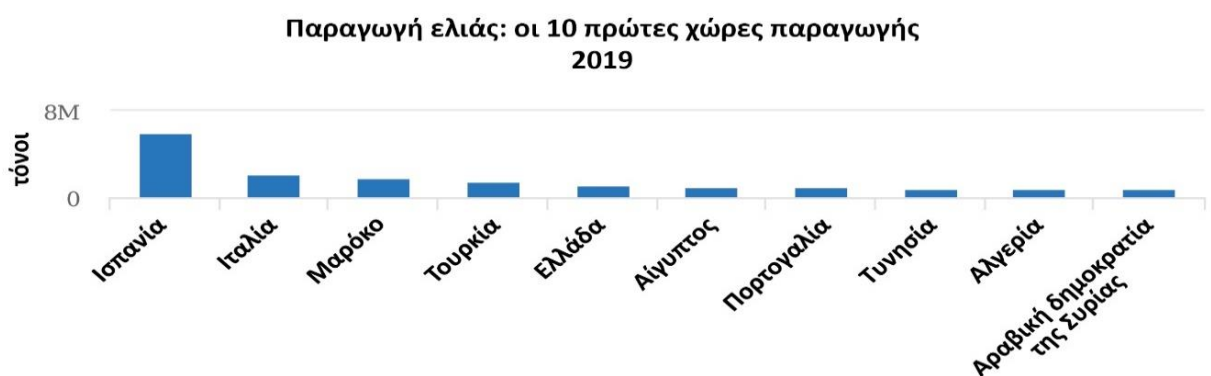


Σχήμα 8: Ποσοστά παραγωγής δαμάσκηνου ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Τα δαμάσκηνα χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή αποξηραμένων φρούτων, μαρμελάδων και χυμών. Στη βιομηχανία επεξεργασίας για την παραγωγή χυμού από δαμάσκηνο, τα απόβλητα που προκύπτουν είναι ένα μείγμα φλούδας και πολτού.

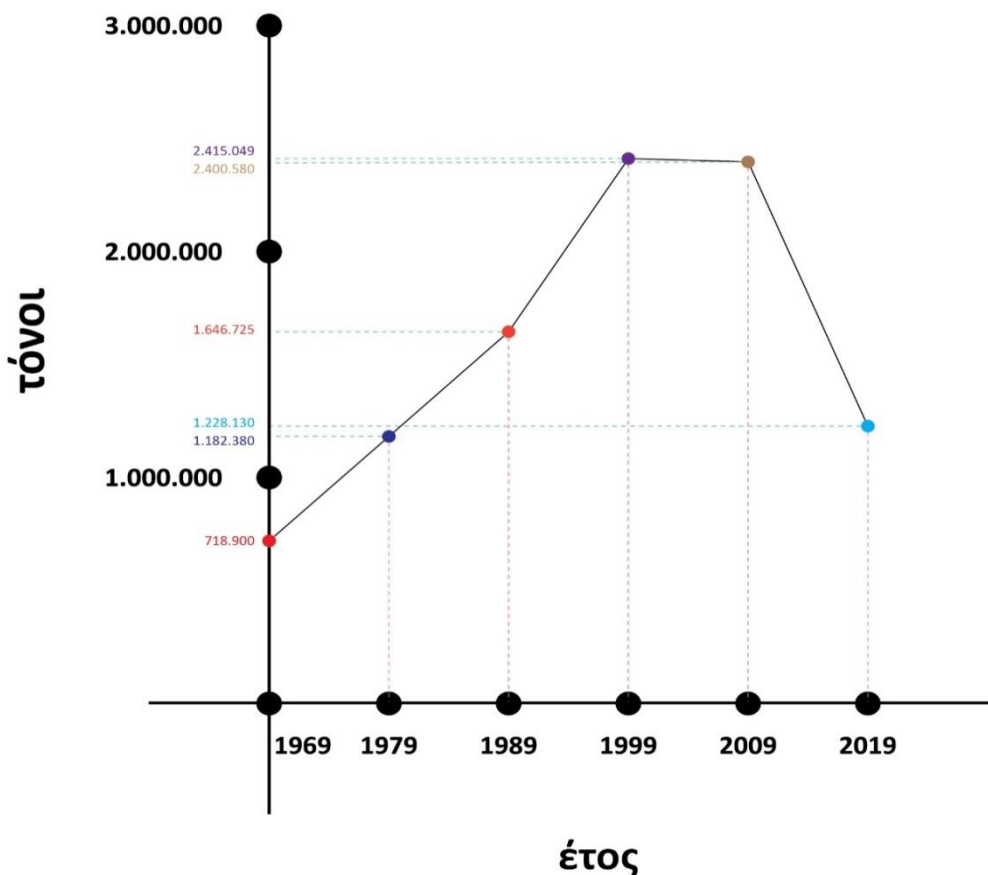
#### Βιομηχανία επεξεργασίας ελιάς

Η ελιά μπορεί επίσης να συμπεριληφθεί στην ομάδα των φρούτων. Η ελιά είναι μια πολύ δημοφιλής ελαιοκαλλιέργεια στην περιοχή της Μεσογείου. Η Ισπανία ήταν ο κύριος παραγωγός, για το 2019, με περισσότερους από 5 εκατομμύρια τόνους. Ακολουθεί η Ιταλία με 2.1 εκατομμύρια τόνους, το Μαρόκο με 1.9 εκατομμύρια τόνους, η Τουρκία με 1.5 εκατομμύρια τόνους και η Ελλάδα με 1.2 εκατομμύρια τόνους (FAO).



Σχήμα 9: Οι δέκα πρώτες χώρες παραγωγής ελιάς για το 2019. (FAO)

## Παραγωγή ελιάς στην Ελλάδα ανά δεκαετία



Σχήμα 10: Παραγωγή ελιάς σε τόνους στην Ελλάδα ανά 10 χρόνια. (FAO)

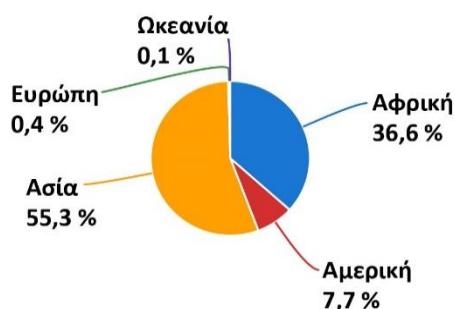
Η παραγωγή ελαιόλαδου γίνεται με τρεις μορφές επεξεργασίας. Με την παραδοσιακή ασυνεχή πρέσα, με τριφασική φυγοκεντρική και με διφασική φυγοκεντρική εκχύλιση. Ο καρπός της ελιάς περιέχει μεγάλη ποσότητα νερού, το οποίο μαζί με το νερό που προστίθεται στις διάφορες φάσεις επεξεργασίας, αποτελούν τα απόβλητα του ελαιουργείου. Κατά τη φυγοκέντριση και τον διαχωρισμό του ελαιόλαδου σε φυγοκεντρικές δυο ή τριών φάσεων, προκύπτουν μεγάλες ποσότητες υγρών και ημιστερεών αποβλήτων (Κυριτσάκης, 2007). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής ελαιόλαδου, παράγονται πολλά απόβλητα, όπως το κοτσάνι, τα φύλλα, η πάστα και το κουκούτσι (Roselló-Soto et al., 2014).

Τα απόβλητα (στερεά και υγρά) που παράγονται ετησίως εκτιμάται ότι είναι από 10 έως και πάνω από 30 εκατομμύρια  $m^3$ . Το ελαιουργείο τριών φάσεων παράγει 1,2 λίτρα αποβλήτων ανά λίτρο ελαιόλαδου. Στα κλασικά ελαιουργεία η ποσότητα είναι περίπου 2,5 λίτρα αποβλήτων ανά λίτρο ελαιόλαδου. Το φυγοκεντρικό σύστημα δυο φάσεων επιτρέπει την μείωση της κατανάλωσης νερού και μειώνει την παραγωγή αποβλήτων (Κυριτσάκης, 2007).

### Βιομηχανία επεξεργασίας εσπεριδοειδών

Η παραγωγή εσπεριδοειδών ξεπέρασε τους 144.9 εκατομμύρια τόνους το 2019 σε κλίμακα παγκοσμίου επιπέδου. Το πορτοκάλι είναι το προϊόν που παράγεται, καταναλώνεται και μεταποιείται περισσότερο από όλα τα εσπεριδοειδή. Το 2019, η παραγωγή πορτοκαλιών ανήλθε σε 78.6 εκατομμύρια τόνους, η παραγωγή μανταρινιών σε 34.4 εκατομμύρια τόνους, η παραγωγή λεμονιών και lime σε 20 εκατομμύρια τόνους και τέλος το γκρέιπφρουτ σε 9 εκατομμύρια τόνους (FAO). Το 2019, η Κίνα παρήγαγε 5.800.918 τόνους εσπεριδοειδών. Στην Ελλάδα παρήχθησαν, 849.080 τόνοι πορτοκαλιών και 82.260 τόνοι λεμονιών.

#### **Παραγωγή εσπεριδοειδών ανά ήπειρο 2019**



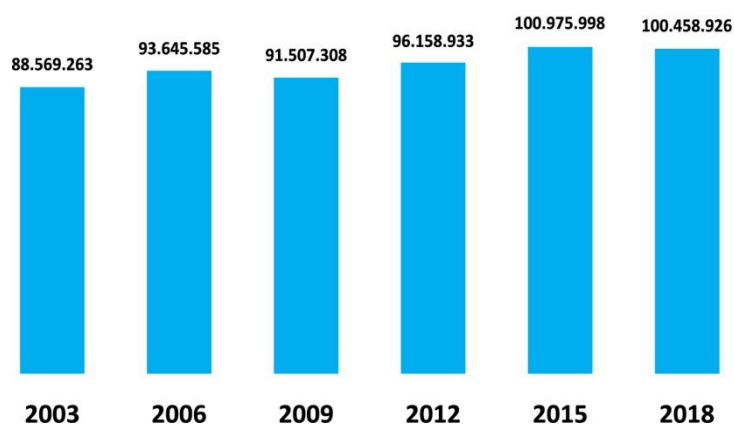
Σχήμα 11: Ποσοστά παραγωγής εσπεριδοειδών ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Στην βιομηχανία επεξεργασίας των εσπεριδοειδών, τα κύρια προϊόντα που παράγονται είναι χυμός, μαρμελάδα και εδέσματα, όπως γλυκά του κουταλιού. Η επεξεργασία παράγει τεράστιες ποσότητες αποβλήτων που κυμαίνονται περίπου στο 50-70% του υγρού βάρους του μεταποιημένου φρούτου. Τα παραγόμενα απόβλητα, όπως φλοιός και κουκούτσια, χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές ή απορρίπτονται απευθείας ως απόβλητα. Στα εσπεριδοειδή, έως και το 50% των αποβλήτων προέρχονται από φλούδα, δέρμα και σπόρους. Το ξεφλούδισμα των μανταρινιών παράγει περίπου 16% των φλουδών και το 84% του τελικού προϊόντος.

### Βιομηχανία επεξεργασίας καρπουζιού

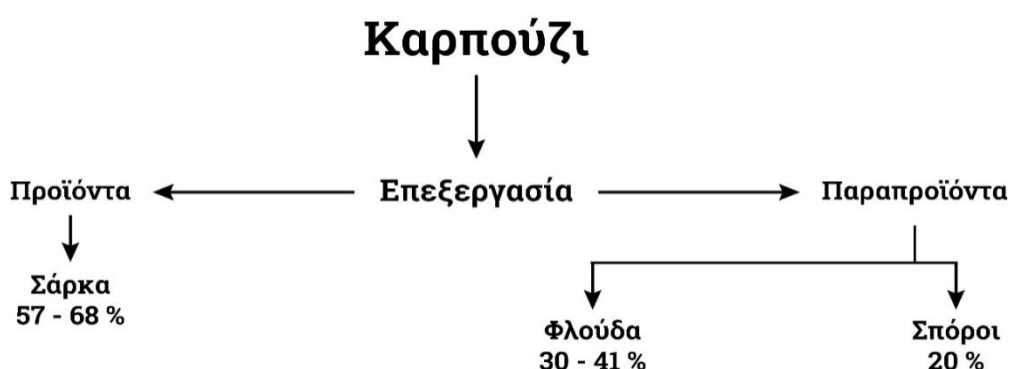
Το καρπούζι είναι η μεγαλύτερη καλλιέργεια φρούτων στον κόσμο, με παγκόσμια παραγωγή 100.414.933 τόνους το 2019. Επιπλέον, η παγκόσμια παραγωγή αυξήθηκε κατά 25% από το 2006, με την Ασία να παράγει το 79% της παγκόσμιας καλλιέργειας. Η Κίνα είναι η πρώτη παραγωγός χώρα, με παραγωγή 60.685.237 τόνους, το 2019 (FAO).

## Παγκόσμια παραγωγή καρπουζιού σε τόνους ανά τριετία



Σχήμα 12: Παγκόσμια παραγωγή καρπουζιού σε τόνους από το 2003- 2018 ανά τρία χρόνια. (FAO)

Το καρπούζι επεξεργάζεται κυρίως για την παραγωγή χυμών, νέктar και κοκτέιλ φρούτων (Asghar et al., 2013; Wani et al., 2008). Τα υποπροϊόντα αποτελούνται από σπόρους (3-7%) και φλούδες (25-44%).

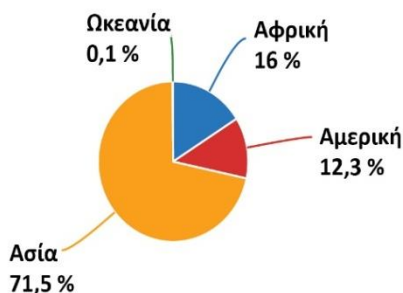


Σχήμα 13: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας καρπουζιού (Xiana Rico et al., 2020).

### Βιομηχανία επεξεργασίας μάνγκo

Τα φρούτα μάνγκo είναι μια δημοφιλής τροπική καλλιέργεια φρούτων. Η παραγωγή μάνγκo ανήλθε στους 55.853.238 τόνους, το 2019. Η Ινδία είναι η πρώτη χώρα παραγωγής μάνγκo, με 25.631.000 τόνους (FAO).

## Παραγωγή μάνγκο ανά ήπειρο 2019



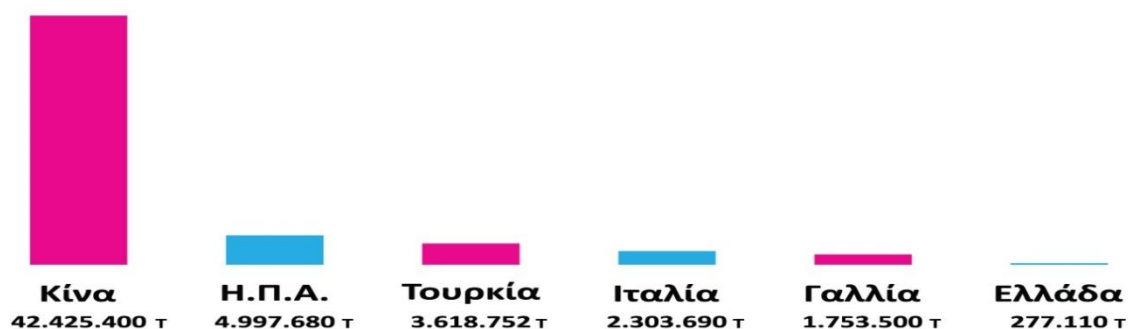
Σχήμα 14: Ποσοστά παραγωγής μάνγκο ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Τα φρούτα μάνγκο καταναλώνονται κυρίως φρέσκα, αλλά και ως κονσερβοποιημένα, κατεψυγμένα, πολτοποιημένα, αφυδατωμένα ή και παρασκευασμένα ως χυμό και μαρμελάδα. Στη βιομηχανική επεξεργασία του μάνγκο, τα υποπροϊόντα του παράγουν περίπου 40-60% απόβλητα, από τα οποία το 12-15% είναι φλούδες και το 15-20% είναι σπόροι του πυρήνα και περίπου το 18% είναι ο άχρηστος πολτός.

### Βιομηχανία επεξεργασίας μήλου

Το μήλο είναι ένα ευρέως καταναλισκόμενο φρούτο, τόσο για την ευχάριστη γεύση του και για το άρωμα του, όσο και για τα αποδεδειγμένα οφέλη του στην υγεία του ανθρώπου. Η παγκόσμια παραγωγή μήλου ξεπέρασε τα 87 εκατομμύρια τόνους το 2019. Η Κίνα είναι ο πρώτος παραγωγός με πάνω από το 50% της παγκόσμιας παραγωγής μήλων και με παραγωγή 42.4 εκατομμύρια τόνους. Ακολουθεί η Ευρώπη με 17 εκατομμύρια τόνους και οι Ηνωμένες Πολιτείες με 9 εκατομμύρια τόνους (FAO).

## Παραγωγή μήλου σε διάφορες χώρες 2019



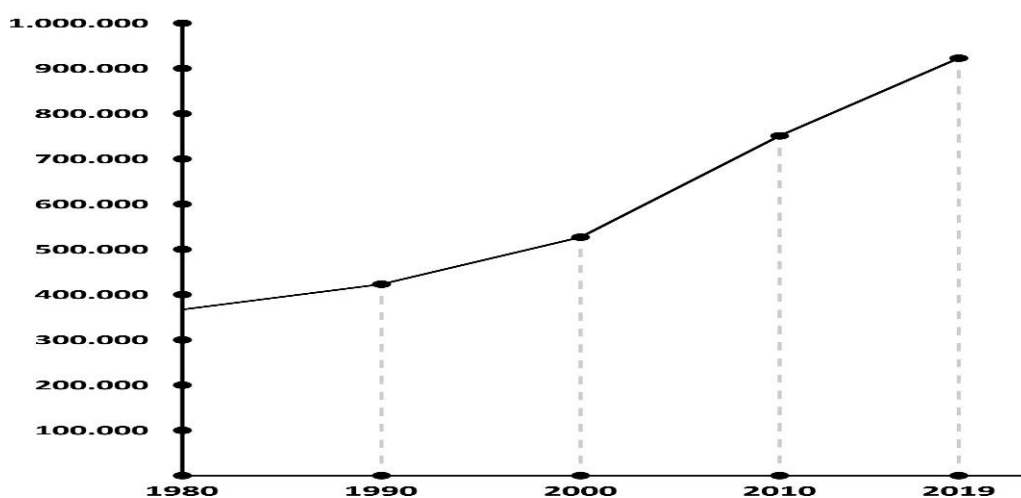
Σχήμα 15: Παραγωγή μήλου σε τόνους σε διάφορες χώρες για το 2019. (FAO)

Ένα σημαντικό μέρος αυτής της παραγωγής προορίζεται να γίνει χυμός και παράγωγα προϊόντα, όπως μηλίτης, μαρμελάδες, ξύδι και αποξηραμένα φρούτα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή τεράστιων όγκων υποπροϊόντων. Τα υποπροϊόντα του περιέχουν κυρίως φλούδες και σάρκα (95%), σπόρους (2-4%) και βλαστό (1%) και ο πυρήνας αποτελεί περίπου 25% του βάρους των νωπών φρούτων.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας μούρων

Διάφοροι τύποι μούρων έχουν καταναλωθεί στο πέρας των χρόνων για την πλούσια θρεπτική τους αξία. Τα μούρα καταναλώνονται φρέσκα, κατεψυγμένα ή ως μεταποιημένα προϊόντα προστιθέμενης αξίας, όπως χυμός και μαρμελάδα. Επίσης, χρησιμοποιούνται ως πρόσθετο συστατικό σε συμπληρώματα διατροφής και σε λειτουργικά σκευάσματα διατροφής. Η ετήσια παραγωγή μούρων για το 2019 ήταν 922.681. Το Μεξικό είναι η πρώτη χώρα παραγωγής μούρων, για το 2019, με 298.024 τόνους. Ακολουθεί η Νέα Γουινέα με 107.642 τόνους. Άλλες χώρες που παράγουν μούρα είναι η Τουρκία με 70.175 τόνους, η Πολωνία με 54.020 τόνους, το Αφγανιστάν με 35.804 τόνους και το Αζερμπαϊτζάν με 26.374 τόνους.

#### **Παγκόσμια παραγωγή μούρων ανά δεκαετία**

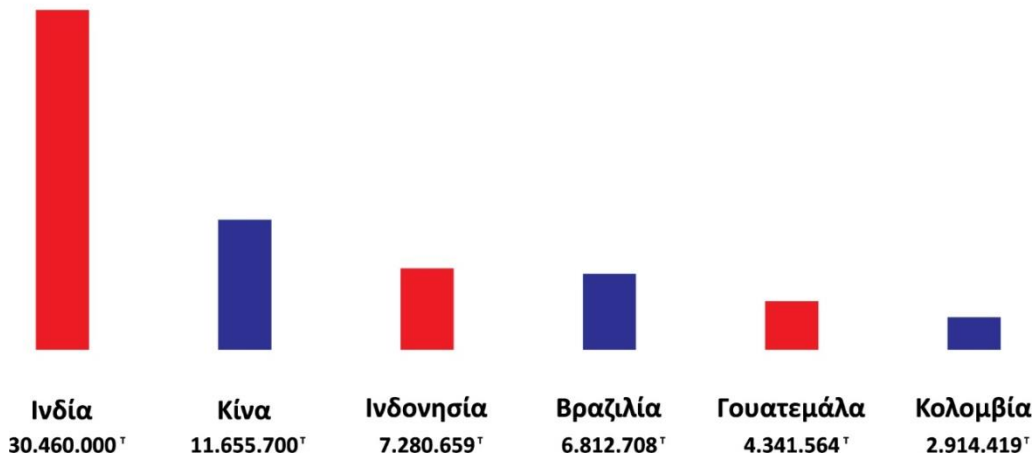


Σχήμα 16 : Παγκόσμια παραγωγή μούρων σε τόνους ανά 10 χρόνια. (FAO)

#### Βιομηχανία επεξεργασίας μπανάνας

Η μπανάνα είναι ένα δημοφιλές τροπικό φρούτο με 116.781.658 τόνους παραγωγής το 2019. Η Ασία κατέχει το 54,1% της παγκόσμιας παραγωγής και η Ευρώπη, μόλις, το 0,5% (FAO). Η πρώτη παραγωγός χώρα είναι η Ινδία και ακολουθεί η Κίνα.

## Παγκόσμια παραγωγή μπανάνας σε διάφορες χώρες για το 2019



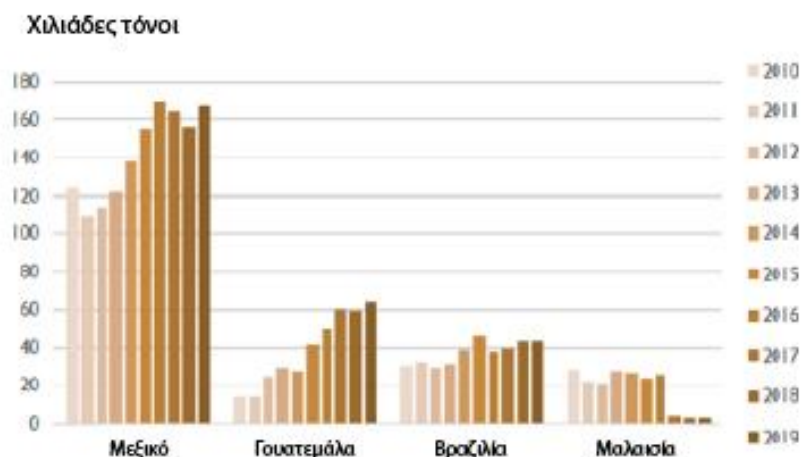
Σχήμα 17: Παραγωγή μπανάνας σε τόνους σε διάφορες χώρες για το 2019. (FAO)

Υψηλές ποσότητες των παραγόμενων καλλιεργειών υποβάλλονται σε βιομηχανική επεξεργασία, δημιουργώντας έτσι παραπροϊόντα, όπως φλούδες, ριζώματα, μίσχους φρούτων, ταξιανθίες, φύλλα και ψευδο-στελέχη. Η φλούδα, που αποτελεί μέρος του μη βρώσιμου τμήματος, αντιπροσωπεύει περίπου το 35% του συνολικού βάρους του φρούτου και απορρίπτεται ως στερεό απόρριμμα.

### Βιομηχανία επεξεργασίας παπάγιας

Η παπάγια είναι ένα ημιποώδες φυτό που μοιάζει με δέντρο και είναι ιθαγενής καλλιέργεια στο Μεξικό και στη βόρεια Νότια Αμερική, όμως πλέον καλλιεργείται σε πολλά μέρη του κόσμου, συμπεριλαμβανομένων των τροπικών και υποτροπικών περιοχών. Η παγκόσμια παραγωγή παπάγιας εκτιμάται ότι θα αυξάνεται κατά 2,1% κάθε χρόνο, και θα φτάσει έως και 16,6 εκατομμύρια τόνους το 2029 (FAO, 2020). Η Ινδία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός παπάγιας και το μερίδιό της στην παγκόσμια παραγωγή αναμένεται να αυξηθεί από 59% σε 61% το 2029. Το 2017 και το 2018, οι εξαγωγές παπάγιας μειώθηκαν, λόγω θεμάτων που σχετίζονται με τις κακές καιρικές συνθήκες, αλλά οι παγκόσμιες εξαγωγές παπάγιας αυξήθηκαν κατά 8% το 2019, σε περίπου 310.000 τόνους. Το Μεξικό είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας παπάγιας και εκτιμάται ότι κατά το 2019, οι εξαγωγές του αυξήθηκαν κατά 7% (Sharma et al., 2020).





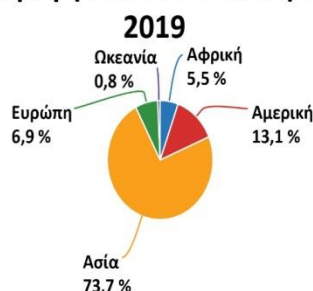
Σχήμα 18: Εξέλιξη παραγωγής παπάγιας σε τόνους από τους κορυφαίους εξαγωγείς από το 2010 έως το 2019. (FAO)

Η παπάγια καταναλώνεται παγκοσμίως, είτε ως φρούτο, είτε επεξεργασμένη ως μαρμελάδα, γλυκά και πολτός, και για να συγκεντρωθεί η θρεπτική αξία από άλλα μέρη του φυτού (φύλλα και σπόροι) προστίθενται σε ορισμένα προϊόντα με τη μορφή τσαγιού και αλεύρων (Nwofia et al., 2012). Τεράστιες ποσότητες παπάγιας παράγονται κάθε χρόνο και χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μεγάλος αριθμός αποβλήτων και υποπροϊόντων. Το ποσοστό απορριμμάτων από φλούδες παπάγιας είναι 12% του βάρους του καρπού και από σπόρους παπάγιας είναι 8,5% του βάρους του καρπού (Pathak et al., 2019).

#### Βιομηχανία επεξεργασίας πεπονιού

Το πεπόνι είναι μια από τις πιο καταναλώσιμες καλλιέργειες φρούτων παγκοσμίως (Mallek-Ayadi et al., 2017). Η ετήσια παραγωγή, για το 2019, ήταν 27.501.360 τόνοι. Η Κίνα ήταν η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή πεπονιού για το 2019 (13.489.373 τόνους). Η δεύτερη παραγωγός χώρα, για το ίδιο έτος, ήταν η Τουρκία με μόλις 1.777.059 τόνους (FAO).

#### Παραγωγή πεπονιού ανά ήπειρο



Σχήμα 19: Ποσοστά παραγωγής πεπονιού ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Το πεπόνι χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή κυλίνδρων φρούτων, κύβων ή φετών (Aguayo et al., 2004). Μετατρέπεται επίσης σε χυμούς, νέκταρ, κομπόστες ή μαρμελάδες (Fundó et al., 2018), δημιουργώντας έτσι μεγάλες ποσότητες υποπροϊόντων, αποτελούμενων από σπόρους (3-7%) και φλούδες (25-44%).



Σχήμα 20: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας πεπονιού (Xiana Rico et al., 2020).

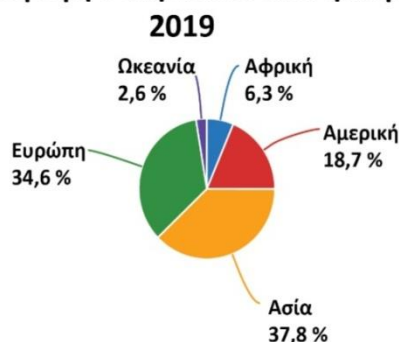
### Βιομηχανία επεξεργασίας ροδιού

Το ρόδι είναι ένα φρούτο, το οποίο είναι εγγενές στη Μέση Ανατολή. Τα ρόδια καταναλώνονται συνήθως με τη μορφή χυμών, μαρμελάδων, ζελέ, σιροπιού, και νέκταρ. Οι φλούδες ροδιού είναι το κύριο υποπροϊόν που λαμβάνεται μέσω της επεξεργασίας για την παραγωγή χυμού.

### Βιομηχανία επεξεργασίας σταφυλιού

Τα σταφύλια είναι μια σημαντική παγκόσμια καλλιέργεια, με παραγωγή 77.137.016 τόνους το 2019. Η Κίνα ήταν ο πρώτος παραγωγός, με 14.283.532 τόνους και ακολουθούν οι Ηνωμένες Πολιτείες με 6.233.270 τόνους και οι Μεσογειακές χώρες, όπως η Ιταλία (7.90 εκατομμύρια τόνους), η Γαλλία (5.48 εκατομμύρια τόνους) και η Ισπανία (5.74 εκατομμύρια τόνους). Το 2015, η Ελλάδα παρήγαγε 1.044.700 τόνους, ενώ το 2019 η παραγωγή μειώθηκε στους 807.570 τόνους (FAO).

### Παραγωγή σταφυλιών ανά ήπειρο

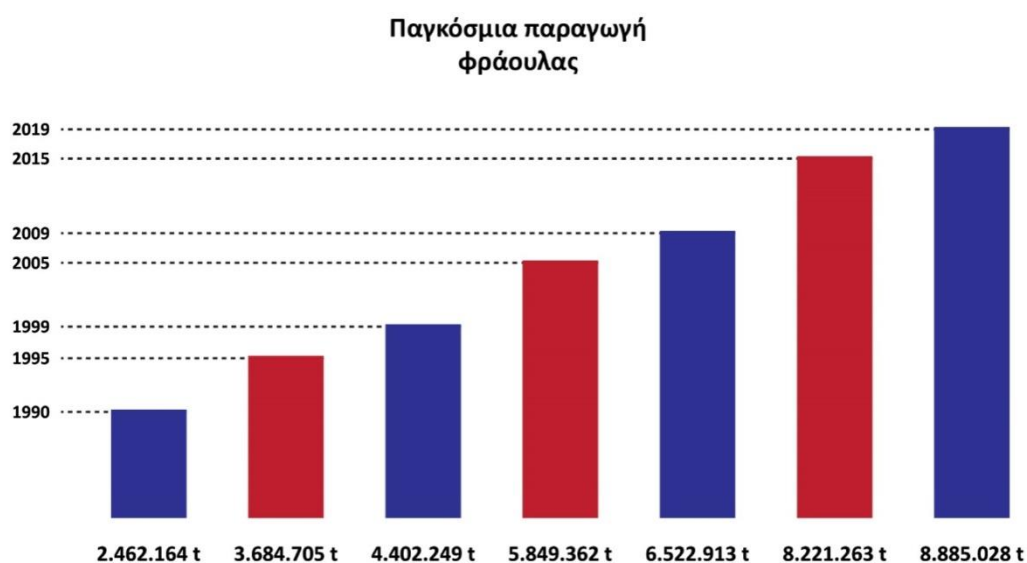


Σχήμα 21: Ποσοστά παραγωγής σταφυλιού ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Τα σταφύλια μπορούν να καταναλωθούν ωμά ή και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κρασιού, χυμού, μαρμελάδας, ζελέ, λάδι σταφυλιού, σταφίδες και ξύδι. Από την παγκόσμια παραγωγή σταφυλιού, το 71% χρησιμοποιείται για την παραγωγή κρασιού, το 27% χρησιμοποιείται ως φρέσκα φρούτα και το 2% ως αποξηραμένος καρπός. Το σταφύλι είναι ένα υποπροϊόν της βιομηχανίας κρασιού και αντιπροσωπεύει περίπου το 20–25% του βάρους των σταφυλιών που συνθλίβονται για την παραγωγή κρασιού. Τα απόβλητα του σταφυλιού είναι οι φλούδες (δέρματα), οι σπόροι και τα στελέχη. Οι σπόροι αποτελούν σημαντικό μέρος του σταφυλιού, και ανέρχονται σε 38–52% βάση ξηράς ύλης.

### Βιομηχανία επεξεργασίας φράουλας

Η παραγωγή φράουλας έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, λόγω της μεγάλης ζήτησής της. Η παγκόσμια παραγωγή φράουλας, για το 2019, ανήλθε σε 8.885.028 τόνους. Η κύρια παραγωγός χώρα ήταν η Κίνα με 3.212.814 τόνους, και ακολουθούν οι ΗΠΑ με 1.021.490 τόνους και το Μεξικό με 861.337 τόνους (FAO). Η Ελλάδα, το 2019, παρήγαγε 74.430 τόνους φράουλας (FAO).



Σχήμα 22: Παγκόσμια παραγωγή φράουλας σε τόνους, σε συγκεκριμένες χρονολογίες από το 1990-2019. (FAO)

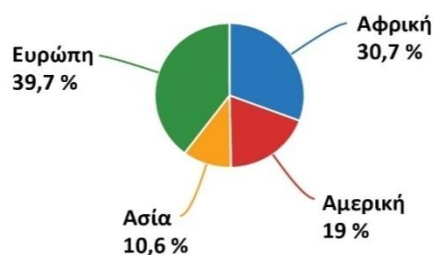
Κατά τη βιομηχανική επεξεργασία της φράουλας, παράγονται προϊόντα, όπως το σιρόπι, τα αποξηραμένα φρούτα, η κονσέρβα, η μαρμελάδα και τα εδέσματα, όπως είναι το γλυκό του κουταλιού.

### 3.2 Βιομηχανίες επεξεργασίας λαχανικών και παραγωγή στερεών παραπροϊόντων κατά την επεξεργασία

#### Βιομηχανία επεξεργασίας αγκινάρας

Η αγκινάρα είναι ένα ανθοφόρο φυτό που καλλιεργείται ως τροφή. Προέρχεται από την περιοχή της Μεσογείου. Η παγκόσμια παραγωγή της αγκινάρας το 2011 ήταν 1.5 εκατομμύρια τόνοι. Οι Μεσογειακές χώρες ήταν οι μεγαλύτεροι παραγωγοί, με την Ιταλία να παράγει 474.550 τόνους, την Αίγυπτο με 202.458 τόνους και την Ισπανία με 182.20 τόνους. Το 2019, η Ιταλία εξακολούθησε να είναι η πρώτη χώρα παραγωγής αγκινάρας, αλλά με λιγότερους τόνους συγκριτικά με το 2011. Η παραγωγή ήταν 378.820 τόνοι (FAO).

#### Παραγωγή αγκινάρας ανα ήπειρο 2019



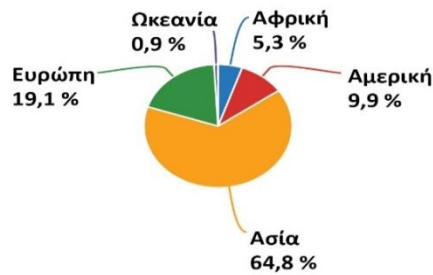
Σχήμα 23: Ποσοστά παραγωγής αγκινάρας ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Κατά τη βιομηχανία επεξεργασίας της αγκινάρας απορρίπτεται περίπου το 50-60% του αρχικού νωπού βάρους ως υποπροϊόν που απαρτίζεται κυρίως, από εξωτερικά φύλλα και μέρος του στελέχους.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας καρότων

Το καρότο είναι ένα ευρέως καταναλισκόμενο ριζώδες λαχανικό. Παγκοσμίως, το 2011, παρήχθησαν 35.66 εκατομμύρια τόνοι, με περισσότερους από τους μισούς να έχουν παραχθεί στην Κίνα (De Ancos, 2015). Το 2019, η Κίνα παρήγαγε 21.379.073 τόνους (FAO). Στην Ελλάδα, το 2019, παρήχθησαν 22.320 τόνοι.

### Παραγωγή καρότου ανά ήπειρο 2019



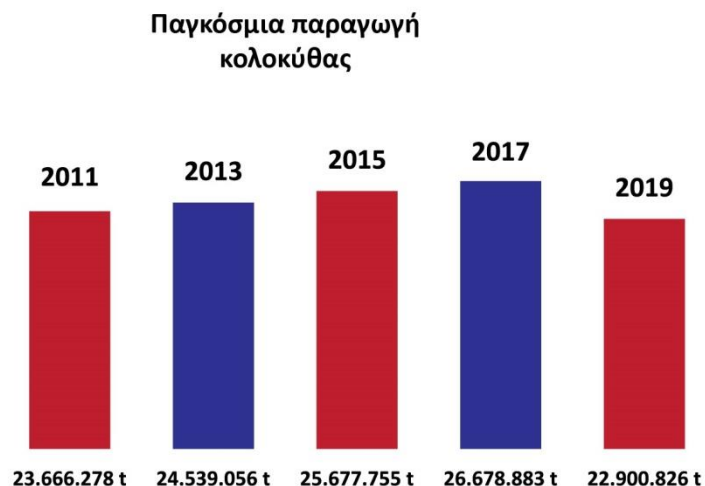
Σχήμα 24: Ποσοστά παραγωγής καρότου ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Το καρότο καταναλώνεται κυρίως στη μεσογειακή διατροφή, νωπό, κατεψυγμένο, κονσερβοποιημένο ή και αφυδατωμένο. Στη βιομηχανία τροφίμων, τα καρότα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χυμού, μαρμελάδων και για την παρασκευή έτοιμων για κατανάλωση σαλατών. Επίσης, μπορούν να πραγματοποιηθούν και άλλες επεξεργασίες στο καρότο, οι οποίες παράγουν μίνι καρότα ή λωρίδες και μπαστούνια που έχουν ξεφλουδιστεί, πλυθεί, τεμαχιστεί ή κοπεί σε κύβους (De Ancos, 2015).

Η επεξεργασία καρότου παράγει διαφορετικούς τύπους υποπροϊόντων, όπως ολόκληρα κομμάτια που απορρίπτονται λόγω ελαττωμάτων, στεφανών και άκρων ρίζας και προϊόντα αποφλοιώσεως. Μεγάλες ποσότητες αποβλήτων καρότου (περίπου 30-40% του βάρους) παράγονται κατά τη διάρκεια της χυμοποίησης. Τα απόβλητα με τη μορφή φλούδας αντιπροσωπεύουν περίπου το 11% του αρχικού βάρους.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας κολοκύθας

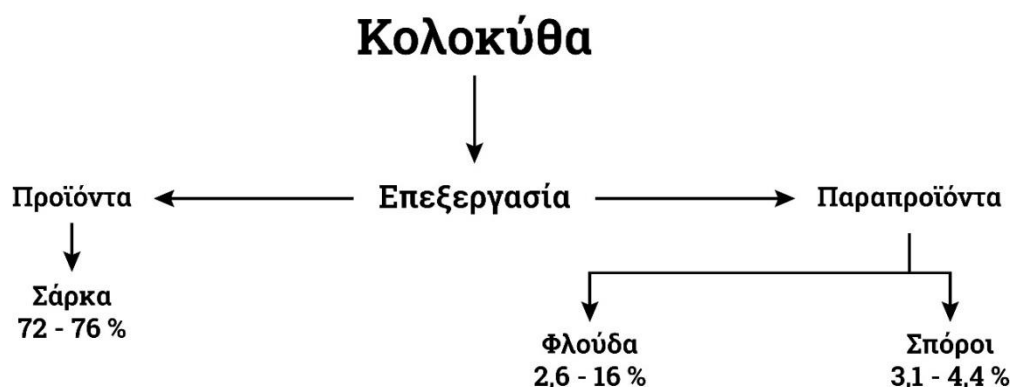
Η κολοκύθα είναι ένα φρουτώδες λαχανικό που προέρχεται από το δυτικό ημισφαίριο (Norfezah et al., 2011). Η παγκόσμια παραγωγή κολοκύθας είχε αυξηθεί τα τελευταία χρόνια από 22 εκατομμύρια τόνους το 2008, σε 27 εκατομμύρια τόνους το 2017. Το 2019 όμως, η παραγωγή ξανά μειώθηκε σε 22 εκατομμύρια τόνους. Η Κίνα είναι η κύρια παραγωγός για το 2019, με περίπου 8 εκατομμύρια τόνους και ακολουθεί η Ουκρανία με περίπου 1 εκατομμύριο τόνους (FAO).



Σχήμα 25: Παγκόσμια παραγωγή κολοκύθας σε τόνους ανά διετία από το 2011 μέχρι το 2019. (FAO)

Στη βιομηχανία των τροφίμων η κολοκύθα χρησιμοποιείται συχνά ως συστατικό σε συσκευασμένες πίτες, σούπες στιγμής και παρασκευάσματα αρτοποιίας (Li et al., 2016; Quintana et al., 2018). Από τους σπόρους της κολοκύθας παράγονται κοινά φαγητά σνακ και το σπορέλαιο, το οποίο έχει μαγειρικές και φαρμακευτικές εφαρμογές.

Με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται παράγονται επίσης, σπόροι και φλούδες ως υποπροϊόντα. Οι φλούδες, είναι το κύριο υποπροϊόν της επεξεργασίας κολοκύθας. Οι ποσότητες υποπροϊόντων που παράγονται από την κολοκύθα είναι 25% (Xiana Rico et al., 2020).



Σχήμα 26: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας κολοκύθας (Xiana Rico et al., 2020).

#### Βιομηχανία επεξεργασίας κουνουπιδιού

Το κουνουπίδι είναι μια δημοφιλής καλλιέργεια λαχανικών και έχει μια αυξανόμενη παραγωγή, λόγω των θρεπτικών και λειτουργικών ιδιοτήτων του. Το κουνουπίδι έχει πολύ υψηλό δείκτη αποβλήτων, και τόνοι υποπροϊόντων κουνουπιδιού, κυρίως μίσχοι και φύλλα,

παράγονται μετά τη συγκομιδή κάθε χρόνο (Xu et al., 2016). Τα μη βρώσιμα μέρη του κουνουπιδιού είναι τα εξωτερικά φύλλα, οι μίσχοι και οι λοβοί που αντιπροσωπεύουν περίπου το 36% της συνολικής μάζας. Αυτά απορρίπτονται συνήθως ως απόβλητα.

### Βιομηχανία επεξεργασίας κρεμμυδιού

Το κρεμμύδι αποτελεί λαχανικό της μεσογειακής διατροφής, το οποίο παράγεται από αρχαιοτάτων χρόνων. Η παγκόσμια παραγωγή κρεμμυδιού το 2011 ήταν 86 εκατομμύρια τόνοι (De Ancos, 2015). Το 2019, η παγκόσμια παραγωγή κρεμμυδιού έχει ανέλθει σε 99 εκατομμύρια τόνους (FAO). Κύριες χώρες παραγωγής κρεμμυδιού είναι η Κίνα και η Ινδία, με 24.908.392 και 22.819.000 τόνους αντίστοιχα.



Σχήμα 27: Ποσοστά παραγωγής κρεμμυδιού ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Το κρεμμύδι, συνήθως, καταναλώνεται ωμό ή και επεξεργάζεται στη βιομηχανία τροφίμων για την παραγωγή συσκευασμένων ή σε κονσέρβες, τεμαχισμένων ή ψιλοκομμένων, αποξηραμένων προϊόντων κρεμμυδιού καθώς και τουρσί.

Τα υποπροϊόντα κρεμμυδιού αποτελούνται κυρίως από την εξωτερική φλούδα, τους βλαστούς και τις ρίζες ή και ολόκληρα κομμάτια, τα οποία απορρίφθηκαν λόγω μηχανικής βλάβης, μικροβιακής μόλυνσης ή παραμόρφωσης. Αυτά τα απόβλητα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ούτε για ζωοτροφές, λόγω του ισχυρού αρώματος, ούτε ως λίπασμα, επειδή αποσυντίθενται, λόγω της ανάπτυξης των φυτικών παθογόνων μικροοργανισμών (*Sclerotium cepivorum*). Οι φλούδες κρεμμυδιού αποτελούν το 17-38% των αποβλήτων κρεμμυδιού (Porat et al., 2018).

### Βιομηχανία επεξεργασίας μαρουλιού

Το μαρούλι είναι ένα ετήσιο φυτό. Καλλιεργείται συχνότερα ως φυλλώδες λαχανικό, αλλά μερικές φορές και για το στέλεχος και τους σπόρους του. Η παγκόσμια παραγωγή

μαρουλιού το 2011 ήταν 24.5 εκατομμύρια τόνους και η Κίνα ήταν ο πρώτος παραγωγός με 13.43 εκατομμύρια τόνους. Είναι, επίσης, αξιοσημείωτο, ότι η παραγωγή μαρουλιού στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη ήταν 4.13 και 2.55 εκατομμύρια τόνους, αντίστοιχα.



Σχήμα 28: Ποσοστά παραγωγής μαρουλιού ανά ήπειρο για το 2011. (FAO)

Το μαρούλι επεξεργάζεται βιομηχανικά και παράγονται, συχνότερα, συσκευασμένες σαλάτες. Επίσης, το μαρούλι χρησιμοποιείται ως συστατικό και σε άλλους τύπους τροφίμων, όπως σε έτοιμες σούπες και σε συσκευασμένα σάντουιτς. Η ζήτηση από τους καταναλωτές για φρέσκα προϊόντα λαχανικών και σαλάτες μαρουλιού αντιπροσωπεύουν το 61% όλων των φρέσκων προϊόντων που διατίθενται στον κόσμο.

Τα υποπροϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία μαρουλιού είναι κυρίως τα εξωτερικά φύλλα και τα στελέχη.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας μελιτζάνας

Η μελιτζάνα είναι ένα λαχανικό υψηλής απόδοσης. Είναι μια προσιτή γεωργική καλλιέργεια και καλλιεργείται σε μεγάλη ποικιλία σχημάτων, μεγεθών και χρωμάτων. Η μελιτζάνα είναι ιθαγενής καλλιέργεια της Ινδίας, ενώ οι δευτερεύουσες πηγές προέλευσής της προέρχονται από την Κίνα και την Ιαπωνία. Σήμερα, καλλιεργείται ευρέως και σε άλλα μέρη της Ασίας, καθώς και στην Ευρώπη, στην Αφρική και στην Αμερική (Nino-Medina et al., 2017). Η παγκόσμια παραγωγή μελιτζάνας, το 2019, ανήλθε σε 55.197.878 τόνους, με την Ασία να συμβάλλει σε περισσότερο από το 94% της συνολικής παραγωγής. Η Αφρική συμβάλλει με 3,4% παραγωγή και η Ευρώπη με 1,7% (FAO).





Σχήμα 29: Ποσοστά παραγωγής μελιτζάνας ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Κατά τη βιομηχανική επεξεργασία της μελιτζάνας προκύπτουν διάφοροι τύποι νωπών, κατεψυγμένων και κονσερβοποιημένων τροφίμων, όπως τουρσί, τηγανητές, ψητές ή γεμιστές μελιτζάνες (Gürbüz et al., 2018) .

Ωστόσο, οι βιομηχανίες που παράγουν τέτοια προϊόντα είναι επίσης υπεύθυνες για την παραγωγή σημαντικών υποπροϊόντων μελιτζάνας, τα περισσότερα από τα οποία αντιμετωπίζονται ως απόβλητα και απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η φλούδα και το κοτσάνι είναι τα κύρια υποπροϊόντα της μελιτζάνας. Η ποσότητα παραγόμενων υποπροϊόντων από μια μελιτζάνα ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία, το μέγεθος και το στάδιο ωρίμανσης. Ωστόσο, με βάση μια ανάλυση που εκτελείται από συγγραφείς, σε 20 φρέσκες, βαθμού Α, σκούρες μελιτζάνες (*Solanum melongena* L. var. *esculentum*) από τα χωράφια της πόλης Pishva στο Ιράν, εκτιμήθηκε, ότι μια μελιτζάνα με μέσο βάρος φρέσκου προϊόντος 198,7 g παρέχει 81 g κοτσάνι και 284 g φλούδας (συνολικό ποσοστό υποπροϊόντων: 18,36%, κοτσάνι: 4,07%, φλούδα: 14,29%). Ωστόσο, δεν μπορεί να υπολογιστεί η ακριβής ποσότητα υποπροϊόντων, καθώς τα υποπροϊόντα που δημιουργούνται από εστιατόρια ή οικιακή κατανάλωση είναι δύσκολο να αξιολογηθούν. Επιπλέον, η ποσότητα των μελιτζανών που καταστράφηκαν κατά την συγκομιδή, τη μεταφορά και την αποθήκευση θα πρέπει να αποκλείονται από αυτήν την εκτίμηση.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας μπρόκολου

Το μπρόκολο είναι ένα πολύτιμο λαχανικό, η κατανάλωση του οποίου έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Πρόσφατες αναφορές δείχνουν, ότι η παγκόσμια παραγωγή μπρόκολου αυξήθηκε από 8,1 εκατομμύρια τόνους κατά τη διάρκεια του 1987, σε σχεδόν 26 εκατομμύρια τόνους το 2017.

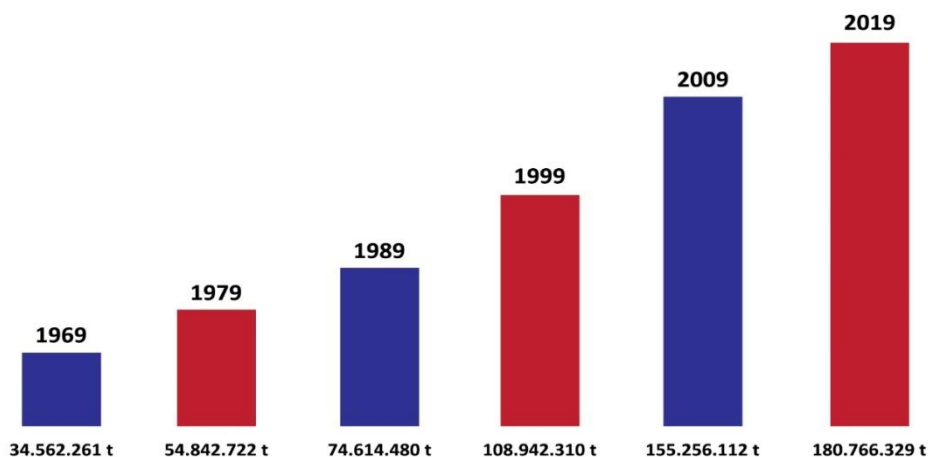
Γενικά, το άνθος, το οποίο αντιπροσωπεύει το 10-15% της συνολικής μάζας του φυτού καταναλώνεται φρέσκο ή χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων για την προετοιμασία προτεμαχισμένων και κατεψυγμένων λαχανικών.

Τα απόβλητα έχουν τη μορφή φύλλων και μίσχων που συνήθως απορρίπτονται, παρά την παρόμοια σύνθεσή τους με τα άνθη. Παρ'όλα αυτά, τα άνθη που είναι υπερβολικά ώριμα ή έχουν κιτρινωπά σημεία απορρίπτονται επίσης.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας ντομάτας

Οι ντομάτες είναι ένα από τα πιο δημοφιλή λαχανικά στον κόσμο. Στατιστικά έδειξαν, ότι η συγκομιδή και η παγκόσμια παραγωγή ντομάτας αυξήθηκε. Οι ντομάτες παράγονται κυρίως στην Κίνα (62.869.502 τόνοι), στην Ινδία (19.007.000 τόνοι), στην Τουρκία (12.841.990 τόνοι), στην Αμερική (10.858.990 τόνοι), στην Αίγυπτο (6.751.856 τόνοι), στην Ιταλία (5.252.690 τόνοι), στο Ιράν (Ισλαμική Δημοκρατία) (5.248.904 τόνοι), στην Ισπανία (5.000.560 τόνοι), στο Μεξικό (4.271.914 τόνοι) και στη Βραζιλία (3.917.967 τόνοι). Το 2019, η συνολική παγκόσμια παραγωγή ήταν 180.766.329 τόνους (FAO). Την ίδια χρονιά, η παραγωγή ντομάτας στην Ελλάδα ήταν 808.670 τόνοι.

### Παγκόσμια παραγωγή ντομάτας ανά δεκαετία



Σχήμα 30: Παγκόσμια παραγωγή ντομάτας σε τόνους, ανά δεκαετία από το 1969- 2019. (FAO)

Ως φρέσκο λαχανικό, η ντομάτα καταναλώνεται με τη μορφή διάφορων μεταποιημένων προϊόντων, όπως πάστα, χυμό, σάλτσα, πουρέ και κέτσαπ (Kaur et al., 2008).

Γενικά, κατά την επεξεργασία, τα υποπροϊόντα που παράγονται συνήθως είναι οι φλούδες, οι σπόροι και μια μικρή ποσότητα χαρτοπολτού. Κατά μέσο όρο, τα υποπροϊόντα αντιπροσωπεύουν περίπου 3-5% (κ.β) της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται (Zuorro et al., 2011). Γενικά, η παραγωγή χυμών, σάλτσας ή ντοματοπολτού παράγει ένα στερεό

υπόλειμμα που αποτελείται από φλούδες σε ποσοστό 56% και από σπόρους σε ποσοστό 44% (Schieber et al., 2001). Ως εποχιακά φρούτα, μόνο ένα σχετικά μικρό μέρος της ντομάτας καταναλώνεται ως φρέσκο προϊόν. Αντίθετα, η συντριπτική μερίδα της ντομάτας μεταποιείται σε χυμό και πάστα. Σε αυτό το πλαίσιο, η συνολική εκτίμηση απόδοσης του υποπροϊόντος στον κόσμο είναι  $5,4-9,0 \times 10^6$  τόνους. Έτσι, η διάθεση ή η χρήση του υποπροϊόντος είναι αναπόφευκτο πρόβλημα και είναι εξαιρετικά σημαντικό για τη βιομηχανία τροφίμων. Αφενός, εάν δεν διατεθεί σωστά, το υποπροϊόν είναι ικανό να χαλάσει, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε νερό και τον πλούτο σε θρεπτικά συστατικά, που προκαλεί επιβάρυνση του περιβάλλοντος και σπατάλη πόρων. Από την άλλη πλευρά, η ορθολογική χρήση του υποπροϊόντος, σε κάποιο βαθμό, μετατρέπει τα απόβλητα σε χρησιμοποιήσιμους πόρους.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας παντζαριού

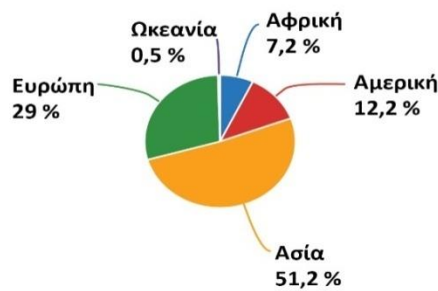
Το παντζάρι είναι ένα άλλο ευρέως καταναλισκόμενο ριζώδες λαχανικό. Οι κύριοι παραγωγοί παντζαριού είναι η Ρωσία με 47.64 εκατομμύρια τόνους, η Γαλλία με 38.10 εκατομμύρια τόνους και οι Ηνωμένες Πολιτείες με 26.21 εκατομμύρια τόνους, το 2011 (De Ancos, 2015).

Τα παντζάρια στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιούνται για την παρασκευή επεξεργασμένων τροφίμων, όπως χυμός, τουρσί και προπαρασκευασμένα γεύματα. Τα παραγόμενα απόβλητα που προκύπτουν είναι συνήθως οι φλούδες και ο πυρήνας. Τα εναέρια μέρη των παντζαριών, που αποτελούνται από φύλλα και μίσχους, γενικά απορρίπτονται μετά τη συγκομιδή ή πριν από την επεξεργασία της ρίζας. Σε αντίθεση με τη φλούδα και τον πυρήνα, δίνεται λιγότερη προσοχή σε αυτά τα απόβλητα.

#### Βιομηχανία επεξεργασίας πατάτας

Η πατάτα είναι μια αμυλώδης, κονδυλώδης καλλιέργεια. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η πατάτα είναι η τέταρτη κύρια καλλιέργεια που παράγεται μετά από το ρύζι, το σιτάρι και το καλαμπόκι, με περισσότερους από 388 εκατομμύρια τόνους, το 2017. Η Κίνα είναι η μεγαλύτερη παραγωγός πατάτας στον κόσμο, και σχεδόν το ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής συγκομίζεται στην Κίνα και στην Ινδία (91.8 και 50.1 εκατομμύρια τόνοι αντίστοιχα) (FAO, 2019). Η Ελλάδα, το 2019, παρήγαγε 470.210 τόνους πατάτας (FAO).

### Παραγωγή πατάτας ανά ήπειρο 2019



Σχήμα 31: Ποσοστά παραγωγής πατάτας ανά ήπειρο για το 2019. (FAO)

Στη βιομηχανία επεξεργασίας της πατάτας προκύπτουν προϊόντα, όπως η κατεψυγμένη πατάτα, η σκόνη πατάτας, τα πατατάκια και άλλα σνακ με βάση την πατάτα. Σε γενικές γραμμές, η πατάτα πρέπει να ξεφλουδιστεί και να κοπεί πριν γίνει η επεξεργασία της. Η αποφλοιωμένη και τεμαχισμένη πατάτα παράγει πολλά υποπροϊόντα κάθε χρόνο, που είναι κυρίως φλούδες. Οι φλούδες πατάτας αποτελούν το 15% των αποβλήτων πατάτας (Gurta, 2000).

#### Βιομηχανία επεξεργασίας σπαραγγιού

Το σπαραγγί είναι ένα φυτό με κιτρινοπράσινο αρσενικό λουλούδι και λιγότερο εμφανές θηλυκό λουλούδι σε ξεχωριστό φυτό (Bhattacharjee & Singhal, 2011). Πράσινα και λευκά σπαραγγια-λόγχες διατίθενται στην αγορά. Το πράσινο σπαραγγί μεγαλώνει στο έδαφος παρουσία άμεσου ηλιακού φωτός, το οποίο το καθιστά ικανό παράγοντα πράσινης χλωροφύλλης, ενώ το λευκό σπαραγγί μεγαλώνει υπόγεια ή μέσα σε μια αδιαφανή πλαστική σήραγγα απουσία φωτός (Fuentes Alventosa & Rojas, 2015). Το σπαραγγί είναι θρεπτικά και εμπορικά σημαντικό ποώδες πολυετές φυτό χαμηλών θερμίδων (Sarabi et al., 2010). Από άποψη ετήσιας παραγωγής, η Κίνα κατατάσσεται στην κορυφή της παγκόσμιας παραγωγής με ποσοστό 84%, και ετήσια παραγωγή 7.8 εκατομμύρια τόνους (Statistica, 2019). Αντίθετα, η Ελλάδα παρήγαγε το 2019, 8.400 τόνους (FAO). Από άποψη κατανάλωσης, το φυτό σπαραγγιού μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα, το βρώσιμο τμήμα, τα σκληρά υποπροϊόντα και τις ρίζες. Το βρώσιμο τμήμα που ξεκινά από το στέμμα ονομάζεται επίσης, δόρυ ή κλαδοφύλλη.



Σχήμα 32: Παγκόσμια παραγωγή σπαραγγιού σε τόνους σε διάφορες χώρες για το 2019. (FAO)

Τα φρέσκα σπαράγγια υποβάλλονται σε επεξεργασία για την παραγωγή κονσερβοποιημένων, αποξηραμένων και κατεψυγμένων προϊόντων, καθώς και τουρσί. Ωστόσο, περίπου το 30-50% του δόρατος απορρίπτεται κατά την παραγωγή αυτών των προϊόντων, λόγω μεγαλύτερου μεγέθους από το μέγεθος του κουτιού (Nindo et al., 2003). Επιπλέον, η λιγνίνωση μετά τη συγκομιδή σκληραίνει το δόρυ του σπαραγγιού, καθιστώντας το ακατάλληλο για παραγωγή συμβατικών προϊόντα. Η παραγωγή μεγάλης ποσότητας υποπροϊόντων προκαλεί απόβλητα πρώτων υλών, ρύπανση του περιβάλλοντος και οικονομική απώλεια στους μεταποιητές και τους καλλιεργητές. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη η καλύτερη χρήση αυτών των μεγάλων ποσοτήτων υποπροϊόντων.

## Κεφάλαιο 4: Συστατικά υψηλής διατροφικής αξίας που μπορούν να ανακτηθούν από υποπροϊόντα φρούτων και λαχανικών

### 4.1 Συστατικά υψηλής διατροφικής αξίας από υποπροϊόντα της επεξεργασίας φρούτων

#### Αβοκάντο

Το αβοκάντο διαθέτει υψηλή θρεπτική αξία, λόγω των υψηλών επιπέδων ανόργανων συστατικών, πρωτεϊνών, βιταμινών, φυτικών ινών και λιπιδίων που περιέχουν υψηλή συγκέντρωση ακόρεστων λιπαρών οξέων και συμβάλλουν σε μια πολύ ολοκληρωμένη και πλούσια διατροφική σύνθεση, με πολλά οφέλη για την υγεία (Alvarez et al., 2012; Cowan & Wolstenholme, 2016; Melgar et al., 2018; Tremocoldi et al., 2018).

Οι σπόροι αβοκάντο περιέχουν πολλές βιοδραστικές και λειτουργικές ενώσεις, δηλαδή σάκχαρα, πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες όπως άμυλο (Abubakar et al., 2017; Kosińska et al., 2012; Rodríguez-Carpena et al., 2011).

#### Ακτινίδιο

Θεωρείται υπερτροφή, λόγω της χημικής του σύνθεσης, της χαρακτηριστικής του γεύσης και της αυξημένης αντιοξειδωτικής και αντιφλεγμονώδους δράσης του. Εκτός από τη χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες, τον πλούτο του σε βιταμίνες και την υψηλή περιεκτικότητα σε φαινολικά (Baranowska-Wójcik & Sz wajgier, 2019), παρέχει προστασία από καρδιακές παθήσεις, καρκίνο, διαβήτη, αγγειακές παθήσεις και ασθένειες του κεντρικού νευρικού συστήματος (Tyagi et al., 2017), καθιστώντας έτσι αυτό το φρούτο πολύτιμο συστατικό μιας υγιεινής διατροφής. Γι' αυτό το λόγο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως συμπλήρωμα διατροφής (Baranowska-Wójcik & Sz wajgier, 2019).

Οι υδατάνθρακες είναι τα κύρια συστατικά του ακτινιδίου, ακολουθούμενα από το κλάσμα λιπιδίων, το οποίο στους σπόρους αντιπροσωπεύει το 30% του ξηρού βάρους. Οι πρωτεΐνες και τα μέταλλα είναι πολύτιμα θρεπτικά συστατικά και βρίσκονται σε όλα τα μέρη του ακτινιδίου. Η περιεκτικότητα σε πηκτίνη αντιπροσωπεύει το 50% του υγρού βάρους του ακτινιδίου. Οι σπόροι είναι ένα βιομηχανικό υποπροϊόν. Οι Deng et al. (2016) πρότειναν τους σπόρους από το είδος *A. chinensis* ως την καλύτερη πηγή για την εξαγωγή φαινολικών ενώσεων. Οι φλούδες περιέχουν κυρίως υδατάνθρακες, και είναι άφθονες σε Mg (8200 ppm), K (2300 ppm), Ca (2300 ppm), Na (900 ppm), P (600 ppm), Fe (82,26 ppm), Cu (6,64 ppm), Zn (9,26 ppm) και Mn (14,83 ppm) (Salama et al., 2018). Το φαινολικό περιεχόμενο στην φλούδα του *A. arguta* είναι  $2,66 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , ενώ στη σάρκα είναι 15 φορές χαμηλότερο (Baranowska-Wójcik & Sz wajgier, 2019).

Το χρυσό ακτινίδιο κατά τη συγκομιδή περιέχει άφθονο άμυλο τύπου Β, η περιεκτικότητα του οποίου κυμαίνεται από 38,6% έως 51,8% κ.β. στο εξωτερικό περικάρπιο και από 34,6% έως 40,7% στους ιστούς του πυρήνα. Οι Li & Zhu (2019) πρότειναν το αλεύρι από άμυλο ακτινιδίου για υγιεινά σκευάσματα, επειδή περιέχει διαιτητικές ίνες και φαινολικές ενώσεις. Οι ευεργετικές ιδιότητες του αλεύρου ακτινιδίων είναι ισχυρότερες από αυτές των άλλων αλεύρων που προέρχονται από άμυλο πατάτας, καλαμποκιού και σιταριού (Sanz et al., 2020).

### Ανανάς

Ο ανανάς δεν είναι μόνο πλούσιος σε αντιοξειδωτικά, αλλά περιέχει επίσης και βιταμίνες, μέταλλα και θρεπτικά συστατικά. Επιπλέον, είναι μια σημαντική πηγή βρωμελίνης, η οποία είναι ένα μείγμα πρωτεολυτικών ενζύμων με διάφορες βιοτεχνολογικές εφαρμογές στη βιομηχανία φαρμακευτικών προϊόντων, τροφίμων και καλλυντικών (Ramli et al., 2017). Ο ανανάς έχει πολλά θεραπευτικά οφέλη που αποδίδονται σε αντιδιαβητικές, αντιυπερλιπιδαιμικές και αντιοξειδωτικές επιδράσεις (Arruda Carvalho Guedes et al., 2018; Xie et al., 2005).

Η φλούδα και ο πυρήνας του ανανά περιέχουν υψηλές ποσότητες ολικής διαιτητικής ίνας, κυτταρίνης και ημικυτταρίνης. Επιπλέον, το τροπικό αυτό φρούτο έχει υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης στις φλούδες (έως 29 g/100 g d-w). Άλλες μελέτες επιβεβαιώνουν επίσης, την παρουσία ελεύθερων σακχάρων, βιταμινών και φαινολικών ενώσεων (Banerjee et al., 2018; Freitas et al., 2015; Martínez et al., 2012; Morais et al., 2017; Sepúlveda et al., 2018). Επιπλέον, το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας έχει επικεντρωθεί στην ανάκτηση της βρωμελίνης από τις φλούδες και τον πυρήνα, δεδομένου ότι θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη και φθηνή πηγή πρωτεασών (Arshad et al., 2014; Chaurasiya & Umesh Hebbar, 2013; Guo et al., 2018; Ketnawa et al., 2012).

### Δαμάσκηνο

Το δαμάσκηνο είναι μια σημαντική πηγή φαινολικών οξέων, флаβονολών και ανθοκυανινών, που είναι όλα γνωστά για τις βιοδραστικότητές τους ικανότητες ως αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ενώσεις.

Οι Dulf et al. (2016) ανέφεραν ότι η ζύμωση στερεών αποβλήτων του δαμάσκηνου με νηματώδεις μύκητες, όπως *Aspergillus niger* και *Rhizopus oligosporus*, αυξάνει την απόδοση εκχύλισης των συνολικών φαινολικών ενώσεων και флаβονοειδών. Η ίδια η ζύμωση των σπόρων δαμάσκηνο οδήγησε σε βελτιωμένη απόδοση εκχύλισης ελαίου και βελτίωσε την ποιότητα των λιπιδίων, αυξάνοντας την περιεκτικότητα σε εστέρες στερολών και n-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) (Ben-Othman et al., 2020).

## Ελιά

Τα ελαιοτριβεία και τα λύματα ελαιοτριβείων έχουν ευρέως εκτιμηθεί ως πηγή βιοδραστικών φαινολών και πιο πρόσφατα πηκτίνης (Galanakis et al., 2010). Τα απόβλητα ελαιοτριβείου αποτελούν ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Οι συγκεντρώσεις φαινόλης, λιπιδίων και οργανικού οξέος μετατρέπονται σε φυτοτοξικά υλικά. Αυτά τα απόβλητα περιέχουν επίσης πολύτιμους πόρους, όπως μεγάλο ποσοστό οργανικής ύλης και ένα ευρύ φάσμα θρεπτικών ουσιών που θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν.

Η ελιά είναι γνωστό ότι περιέχει σημαντική ποσότητα φαινολών με καλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Boskou et al., 2006) και διαιτητικές ίνες με πολλά υποσχόμενη ικανότητα συγκράτησης νερού (Jiménez et al., 2000). Ωστόσο, η πλειονότητα αυτών των ενώσεων χάνεται στα λύματα ελαιοτριβείων (Olive Mill Wastewater), κατά την παραγωγή ελαιόλαδου. Για παράδειγμα, το OMW περιέχει συνήθως το 98% της συνολικής φαινόλης στον καρπό της ελιάς (Obied et al., 2005; Suárez et al., 2009). Το OMW διαθέτει διαλυτά διαιτητικά συστατικά και ιδιαίτερα υλικό πηκτίνης με ικανότητα πηκτωματοποίησης (Vierhuis et al., 2003; Cardoso et al., 2003).

## Εσπεριδοειδή

Μια από τις σημαντικότερες χρήσεις των αποβλήτων φλούδας εσπεριδοειδών είναι η παραγωγή πηκτίνης. Σχεδόν το 85% της παραγωγής πηκτίνης προέρχεται από φλούδες εσπεριδοειδών (56% από λεμόνια, 30% από lime και 13% από πορτοκάλια). Η πηκτίνη που λαμβάνεται από φλούδες εσπεριδοειδών είναι πλούσια σε φυτικές ίνες και χρησιμοποιείται ως πηκτωματοποιητής και σταθεροποιητής στα τρόφιμα. Πολλές μελέτες έχουν τονίσει τη σημασία της πηκτίνης εσπεριδοειδών ως μια ένωση υψηλής θρεπτικής αξίας. Η πηκτίνη εσπεριδοειδών έχει ευεργετικό ρόλο ως διαιτητική ίνα που προκαλεί πρεβιοτικές επιδράσεις, καθώς και θετικό ρόλο στον μεταβολισμό της χοληστερόλης, στη μείωση της αρτηριακής πίεσης και στον έλεγχο της γλυκόζης στο αίμα.

Οι φαινολικές ενώσεις από απόβλητα εσπεριδοειδών έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Εκτός από τα φαινολικά οξέα και τα φλαβονοειδή, τα απόβλητα από τα εσπεριδοειδή, ειδικά οι σπόροι τους περιέχουν λιμονοειδή ή λεμονοειδή, μια μοναδική κατηγορία βιοδραστικών ενώσεων που διαθέτει αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Οι Russo et al. (2014 & 2015) ανέλυσαν δείγματα χυμού, σπόρων, φλούδες και πολτό από λεμόνια και πορτοκάλια. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών επιβεβαίωσαν ότι η φλούδα και ο πολτός του λεμονιού έχει φλαβόνες, φλαβονόνες και σχετικά χαμηλότερη ποσότητα λιμονοειδών. Ενώ τα στερεά απόβλητα του πορτοκαλιού (πολτός και φλούδα) περιέχει υψηλές ποσότητες φαινολικών οξέων και φλαβονόνες (Ben-Othman et al., 2020). Επίσης, τα εσπεριδοειδή είναι καλές πηγές βιταμίνης C (ασκορβικού οξέος).



### Καρπούζι

Το καρπούζι περιέχει βιταμίνες Α, Β, C και Ε, μεταλλικά άλατα, όπως Κ, Mg, Ca και Fe, ειδικά αμινοξέα, όπως κιτρουλίνη και αργινίνη, καθώς και λυκοπένιο και φαινολικές ενώσεις, πολλές από τις οποίες εμφανίζουν έντονη αντιοξειδωτική δραστηριότητα (Kim et al., 2014; Perkins-Veazie et al., 2007; Tlili et al., 2011).

Λόγω της υψηλής θρεπτικής τους αξίας, οι σπόροι καρπουζιού καταναλώνονται επίσης, από ανθρώπους (Asghar et al., 2013). Έχουν, ακόμα, μελετηθεί και ως πηγή αντιοξειδωτικών (Al-Sayed & Ahmed, 2013; Asghar et al., 2013; Tarazona-Díaz et al., 2011) και αμινοξέων, όπως η κιτρουλίνη που παίζει αντιοξειδωτικούς και αγγειοδιασταλτικούς ρόλους (Rimando & Perkins-Veazie, 2005).

### Μάνγκο

Ο πυρήνας του μάνγκο χαρακτηρίζεται από την υψηλή περιεκτικότητά του σε φυτοχημικά, όπως τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, οι κατεχίνες, οι υδρολυόμενες τανίνες και τα ξανθοειδή, γνωστά για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Η μαγγερίνη, είναι μια σημαντική βιοδραστική ένωση που απομονώνεται από σπόρους μάνγκο και φλούδας και έχει ισχυρές αντιοξειδωτικές ικανότητες και παρουσιάζει αντικαρκινικές, αντιβακτηριακές, αντιιικές και ανοσορρυθμιστικές επιδράσεις. Η φλούδα μάνγκο περιέχει μεγάλες ποσότητες διαιτητικών ινών, περίπου 45-78%, φαινολικών οξέων, φλαβονοειδών, ξανθόνες, καροτενοειδών, βιταμίνη C και τοκοφερόλη (Ben-Othman et al., 2020).

### Μήλο

Τα τελευταία χρόνια, οι ερευνητικές προσπάθειες έχουν αφιερωθεί στη μελέτη της σύνθεσης και των ιδιοτήτων του μήλου, αποκαλύπτοντας ενδιαφέρον περιεχόμενο θρεπτικών συστατικών, φυτοχημικών και λειτουργικών συστατικών. Τα υποπροϊόντα του μήλου περιέχουν μεγάλες ποσότητες ινών, κυρίως αδιάλυτες ίνες, όπως, κυτταρίνης 7-40%, ημι-κυτταρίνης 4-25% και λιγνίνης 15-25%, καθώς και σημαντικές ποσότητες πηκτίνης 5-10%. Επιπλέον, τα υποπροϊόντα μήλων αποτελούν σημαντική πηγή βιοδιαθέσιμων πολυφαινόλων, κυρίως φλαβανολών (μονομερείς και ολιγομερείς), διυδροχαλκόνες και ανθοκυανιδίνες. Πολλές μελέτες έχουν προσδιορίσει την παρουσία σημαντικών βιοδραστικών ενώσεων, όπως πολυφαινόλες, μέταλλα, διαιτητικές ίνες και τερπενοειδή. Ο πολτός του μήλου έχει αποδειχθεί ότι είναι μια καλή πηγή πολυφαινόλων, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στην φλούδα και σε λιγότερη ποσότητα στον χυμό. Το φαινολικό προφίλ και η αντιοξειδωτική ικανότητα του πυρήνα του μήλου σχετίζονται κυρίως με τις ποικιλίες μήλων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χυμού, με τις συνθήκες ανάπτυξης της μηλιάς και με την χρονική περίοδο. Για παράδειγμα, η σάρκα μήλου περιέχει χαμηλότερη συγκέντρωση από ότι οι φλούδες. Οι πιο άφθονες πολυφαινόλες στα υποπροϊόντα μήλων είναι το χλωρογενικό

οξύ, οι γλυκοζίτες φλορετίνης και οι γλυκοσίδες κουερσετίνης. Άλλες πολυφαινολικές ενώσεις, όπως οι κατεχίνες και οι προκυανιδίνες, βρέθηκαν σε χαμηλές ποσότητες.

Επιπρόσθετα, ο πυρήνας του μήλου αποτελεί σημαντική πηγή πηκτίνης. Σχεδόν το 14% της παγκόσμιας παραγωγής πηκτίνης εξάγεται από τον πυρήνα του μήλου. Η πηκτίνη του μήλου, που είναι πλούσια πηγή φυτικών ινών, βρίσκει εφαρμογές σε βιομηχανίες τροφίμων ως σταθεροποιητής-πηκτικό μέσο, σε βιομηχανίες χυμών φρούτων και σε γαλακτοβιομηχανίες για την παραγωγή ροφημάτων γάλακτος. Επίσης, λειτουργεί και ως παράγοντας ζελατινοποίησης σε βιομηχανίες μαρμελάδας και ζελέ (Ben-Othman et al., 2020). Επιπλέον, η πηκτίνη αναγνωρίζεται ως μια καλή πηγή συμπληρώματος διατροφής, η οποία συμβάλλει στην μείωση του επιπέδου χοληστερόλης στο αίμα, στην μεταγευματική γλυκαιμική ανταπόκριση, καθώς και στην αύξηση του κορεσμού. Οι Wang et al. (2018) πρότειναν μια νέα ενζυμική διαδικασία για την παραγωγή ολιγοσακχαριτών πηκτίνης από το μήλο, που μπορεί να έχει καλύτερες πρεβιοτικές ιδιότητες από την πηκτίνη.

### Μούρα

Τα υπολείμματα πρέσας μούρων, που λαμβάνονται μετά την εκχύλιση χυμού, είναι εξαιρετική πηγή φαινολικών ενώσεων. Οι da Silva et al. (2014) ανέφεραν την πιθανή χρήση των κλαδιών που προέρχονται από την επεξεργασία του elderberry (Ζαμπούκος) ως απόβλητα για την ανάκτηση διατροφικών προϊόντων υψηλής αξίας όπως οι ανθοκυανίνες (Ben-Othman et al., 2020). Οι Kitryte et al. (2017) μέσω της ανάκτησης με εκχύλιση με ένζυμα κατάφεραν να απομονώσουν φαινολικές ενώσεις από υπολείμματα πρέσας τύπου chokeberry. Αυτό το εκχύλισμα περιείχε κυρίως φαινολικά οξέα και φλαβονολικές ενώσεις που είναι καλά εδραιωμένες για τη βιοδραστικότητά τους.

### Μπανάνα

Τα περισσότερα από τα υποπροϊόντα της μπανάνας έχουν μακρομόρια που είναι πολύτιμα για τα τρόφιμα και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Η φλούδα μπανάνας είναι πλούσια σε φυτικές ίνες, όπως κυτταρίνη, λιγνίνη, ανθεκτικό άμυλο, πηκτίνη, ημικυτταρίνες, σε πρωτεΐνες, σε απαραίτητα αμινοξέα, σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και σε κάλιο.

Επιπλέον, είναι μια φυσική πηγή αντιοξειδωτικών ενώσεων που συμπεριλαμβάνει υδροξυκινναμωμικό οξύ, φλαβονοειδή, φυτοστερόλες, καροτενοειδή, ανθοκυανίνες και βιταμίνες (Ali Zein Alabiden Tlais et al., 2020). Φαινολικά οξέα, φλαβονόλες και οι κατεχολαμίνες έχουν απομονωθεί από τον φλοιό της μπανάνας (González-Montelongo, et al., 2009).

Οι πολυφαινολικές ενώσεις, που περιέχονται στην μπανάνα, έχουν τρεις φορές υψηλότερη συγκέντρωση στη φλούδα απ' ό,τι στη σάρκα της. Όσον αφορά στη βιοδραστικότητα, το εκχύλισμα φλούδας μπανάνας αναφέρεται ότι παρουσιάζει ισχυρό

αντιοξειδωτικό χαρακτήρα. Επίσης, προσφέρει θετικά οφέλη στην υγεία, όπως είναι η μείωση του σακχάρου στο αίμα και η μείωση της χοληστερόλης.

### Παπάγια

Η παπάγια είναι πηγή βιταμινών Α, C και Ε, μετάλλων, καροτενοειδών, φαινολικών ενώσεων, φυτικών ινών και φυλλικού οξέος. Στον άγουρο καρπό υπάρχουν ένζυμα, όπως η παπαΐνη και η χυμοπαπαΐνη. Το εκχύλισμα από τα φύλλα και το φρούτο της παπάγιας εμφανίζει αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση, λόγω της παρουσίας φαινολών, βιταμινών και ενζύμων (Addai et al., 2013; Maisarah et al., 2013; Zuhair et al., 2013). Οι Chandrika et al., 2003 ανέφεραν ότι ο καρπός περιέχει φυτοχημικά φλαβονοειδή- καεμπφερόλη, μυρικετίνη, κερσετίνη και καροτενοειδή - λυκοπένιο, ζεαξανθίνη, κρυπτοξανθίνη, β-καροτίνη και βιολακανθίνη.

Η φλούδα παπάγιας περιέχει βιταμίνες, όπως βιταμίνη Α, βιταμίνη C, ριβοφλαβίνη, θειαμίνη και νιασίνη. Είναι πηγή φαινόλης, αλκαλοειδούς, φλαβονοειδούς, τανίνης και σαπωνίνης (Chukwuka et al., 2013). Περιέχει επίσης διάφορα πολύτιμα μέταλλα όπως, ασβέστιο, νάτριο, κάλιο, φώσφορο και μαγνήσιο (Asghar et al., 2016; De Matuoka et al., 2013). Το έλαιο παπάγιας βρίσκεται στους σπόρους και περιέχει επίσης φλαβονοειδή, καεμφερόλη, μυρικετίνη (Adachukwu et al., 2013).

Τα φύλλα παπάγιας περιέχουν τανίνη, σαπωνίνη, αλκαλοειδή, φλαβονοειδή και γλυκοσίδη. Επίσης, οι Canini et al. (2007) ανέφεραν την παρουσία φαινολικής ένωσης στα φύλλα παπάγιας, για παράδειγμα καεμπφερόλη, πρωτοκατεχουϊκό οξύ, κερκετίνη, κουμαρίνη και χλωρογενικό οξύ.

### Πεπόνι

Το πεπόνι έχει περιγραφεί ως σημαντική πηγή φυτοχημικών με πιθανά οφέλη για την υγεία, και συχνά αποδίδονται σε αυτό υψηλή αντιοξειδωτική δράση, κυρίως λόγω του φαινολικού του κλάσματος (Maietti et al., 2012), καθώς και λόγω των αμινοξέων τους, των οργανικών οξέων και άλλων πολικών ενώσεων (Rodríguez-Pérez et al., 2013).

Οι αποξηραμένοι σπόροι περιλαμβάνονται στην ανθρώπινη διατροφή σε ορισμένες χώρες (Mallek-Ayadi et al., 2018; Prakash Maran & Priya, 2015), δεδομένου ότι είναι μια καλή πηγή ελαίου και πρωτεϊνών. Οι φλούδες έχουν υψηλή περιεκτικότητα πηκτίνης, κυτταρίνης, ημικυτταρίνης και λιγνίνης. Άλλες μελέτες ανέφεραν την παρουσία καροτενοειδών, λιμονένιου και πολυμεθοξυφλαβόνες σε φλούδες πεπονιού (Li et al., 2006; Raji et al., 2017). Επιπλέον, και τα δύο υποπροϊόντα περιέχουν και άλλα είδη θρεπτικών συστατικών, όπως ίνες και μέταλλα, καθώς και βιοδραστικά μόρια με αντιοξειδωτική δράση, συμπεριλαμβανομένων των φαινολικών ενώσεων ως φλαβονοειδών και φαινολικών οξέων. Αυτά μπορεί να είναι χρήσιμα ως συμπληρώματα διατροφής και σε συστατικά με πρεβιοτικό

δυναμικό σε πολλά τρόφιμα και φαρμακευτικά προϊόντα (Mallek-Ayadi et al., 2017 & 2018; Rolim et al., 2018; Wang et al., 2018; Zeb, 2016).

### Ρόδι

Πρόσφατες μελέτες σχετικά με τις λειτουργικές και διατροφικές ιδιότητες του ροδιού δείχνουν ότι στην φλούδα υπάρχει σημαντική παρουσία ελλαγιταννινών, φλαβονοειδών και ανθοκυανινών, όπου έχουν σημαντική σημασία για την υγεία. Οι ελλαγιταννίνες, δηλαδή οι κύριες υδρολυόμενες τανίνες του ροδιού, διαθέτουν αντιμικροβιακές, αντιοξειδωτικές, αντι-μεταλλαξιογόνες, αντικαρκινικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιδιαβητικές και άλλες ιδιότητες ευεργετικές για την υγεία (Ali Zein Alabiden Tlais et al., 2020).

Οι Kushwaha et al. (2013) μελέτησαν την φρέσκια και την ξεφλουδισμένη φλούδα ροδιού για τη θρεπτική της αξία και αναφέρθηκαν στο ότι, η ξεφλουδισμένη φλούδα περιέχει 24% ακατέργαστες ίνες, 29% ουδέτερες ίνες, 26% όξινες ίνες και 8% λιγνίνη. Η φρέσκια φλούδα περιέχει 13% ακατέργαστες ίνες, 18% ουδέτερες ίνες, 15% όξινες ίνες και 15% λιγνίνη.

### Σταφύλι

Τα υποπροϊόντα του σταφυλιού, δηλαδή οι φλούδες (δέρματα), οι σπόροι και τα στελέχη, και είναι πολύ πλούσια σε εκχυλίσσιμες φαινολικές ενώσεις (10-11% ξηρού βάρους), κυρίως ανθοκυανίνες, κατεχίνες, προκυανιδίνες, φλαβονόλη, γλυκοζίτες, φαινολικά οξέα και στυλβένια (Yu & Ahmedna, 2013).

Οι σπόροι σταφυλιών είναι πλούσιοι σε φαινολικά αντιοξειδωτικά, όπως το φαινολικό οξύ, οι γλυκοζίτες, οι φλαβονόλες (κατεχίνη και επικατεχίνη) και stilbenes ως ρεσβερατρόλη. Τα δέρματα σταφυλιών περιέχουν άφθονες ανθοκυανίνες. Οι σπόροι σταφυλιών περιέχουν επίσης 13-19% ελαίου πλούσιο σε λιπαρά οξέα (κυρίως λινελαϊκό οξύ), περίπου 11% πρωτεΐνης και 60-70% μη αφομοιώσιμοι υδατάνθρακες, καθώς και άλλα αντιοξειδωτικά, όπως τοκοφερόλες και β-καροτένιο (Djilas et al., 2009). Ο πυρήνας από ποικιλίες σταφυλιών παράγεται ευρέως στη Βραζιλία (Cabernet Sauvignon, Merlot, Bordeaux και Isabel). Το περιεχόμενο της συνολικής φαινόλης κυμάνθηκε από 46,23 mg/g σε Merlot έως 74,75 mg/g σε Cabernet Sauvignon, και οι συνολικές ανθοκυανίνες κυμαίνονταν από 7,02 mg/g σε Cabernet Sauvignon και 11,22 mg/g στο Μπορντό, που είναι κατεχίνη η κύρια ένωση μη ανθοκυανίνης ταυτοποιήθηκε (150 mg/kg) (De Ancos et al., 2015).

### Φράουλα

Τα φρούτα αυτά αποτελούν μια πλούσια πηγή βασικών θρεπτικών συστατικών, όπως φυτικές ίνες, κάλιο, φολικό οξύ και βιταμίνη C. Στην περίπτωση δευτερευόντων ενώσεων, οι φράουλες περιέχουν υψηλά επίπεδα φλαβονοειδών, με κυρίαρχο τύπο τις

ανθοκυανίνες (Misran et al., 2015). Μέσα από διάφορες μελέτες έχει προσδιοριστεί ότι οι βιοδραστικές ενώσεις που υπάρχουν στις φράουλες, όπως το ελαγικό οξύ, έχουν αντιοξειδωτικές (Sharma et al., 2018), αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ιδιότητες (Giampieri et al., 2012).

Τα υποπροϊόντα που παράγονται από τη βιομηχανία επεξεργασίας της φράουλας περιέχουν μεγάλο αριθμό βιοδραστικών ενώσεων μεγάλου ενδιαφέροντος, όπως φαινολικά και κατά κύριο λόγο το ελλαγικό οξύ που έχει αντικαρκινογόνες ιδιότητες (Giampieri et al., 2012). Επιπλέον, τα αχένια της φράουλας που παραμένουν στο εξώθημα, παρά το ότι είναι ένα μικρό μέρος της σύνθεσης των φρούτων αυτών, συμβάλλουν σε περισσότερο από το 41% του συνολικού αντιοξειδωτικού περιεχομένου και αντιπροσωπεύουν το 81% αυτής της αντιοξειδωτικής ικανότητας (Ariza et al., 2016). Έτσι, η κακή διαχείριση αυτού του υποπροϊόντος θα σήμαινε σημαντική απώλεια βιοδραστικών ενώσεων (Vazquez-Gonzalez et al., 2020).

## **4.2 Συστατικά υψηλής διατροφικής αξίας από υποπροϊόντα της επεξεργασίας λαχανικών**

### Αγκινάρα

Έχει αποδειχθεί ότι η κατανάλωση αγκινάρας ή παράγωγων προϊόντων έχει οφέλη για την υγεία, με ηπατοπροστατευτικά, αντικαρκινικά και υποχοληστερολαιμικά αποτελέσματα (Larossa et al., 2002). Η κατανάλωση αγκινάρας έχει επίσης σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε παράγωγα καφεϊκού οξέος, όπως χλωρογενικό οξύ (5-O-καφεοϋλοκιννοϊκό).

Η αγκινάρα παρουσιάζει επίσης, υψηλή περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή, ειδικά γλυκοζίτες και ρουτινοσίδες, παράγωγα της απιγενίνης και λουτεολίνη και παράγωγα της κυανιδίνης-καφεϋλογλυκοσίδης. Επομένως, τα υποπροϊόντα από την επεξεργασία της αγκινάρας είναι μια σημαντική πηγή φαινολικών συστατικών με αντιοξειδωτικές ιδιότητες και προστατευτική επίδραση στην υγεία. Επιπλέον, μερικές τεχνολογίες επεξεργασίας απαιτούν λεύκανση για την απενεργοποίηση των ενζυμικών αλλοιώσεων. Αυτή η προεπεξεργασία έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή ποσότητα στερεών και υγρών αποβλήτων (λεύκανση νερού) με υψηλή συγκέντρωση πολύτιμων φαινολικών ενώσεων και διαιτητικών ινών (Femenia et al., 1998; Larossa et al., 2002; De Ancos et al., 2015).

### Καρότο

Η φλούδα καρότου, το κύριο συστατικό του καρότου, είναι γνωστό ότι είναι πλούσια σε φυτοθρεπτικά συστατικά, κυρίως καροτενοειδή, πολυφαινόλες, βιταμίνες και ανόργανα άλατα, τα οποία παρουσιάζουν οφέλη για την υγεία (Ali Zein Alabiden Tlais et al., 2020). Η

συγκέντρωση αυτών των φυτοχημικών ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία και τη διαδικασία της επεξεργασίας που χρησιμοποιείται.

Το στερεό υπόλειμμα που λαμβάνεται από την επεξεργασία καρότου έχει επίσης πλούσιο περιεχόμενο σε διαιτητικές ίνες. Έτσι, το 63,6% του ξηρού βάρους του στερεού υπολείμματος αποτελείται από ίνες, όπου το 50% του συνόλου αποτελούν οι διαλυτές ίνες. Αυτό το στερεό υπόλειμμα περιέχει επίσης, υψηλές συγκεντρώσεις φυτοχημικών, κυρίως φαινολικές και καροτενοειδείς ενώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόκτηση λειτουργικών συστατικών με αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Επιπλέον, το στερεό αυτό υπόλειμμα είναι σημαντικό καθώς τα υποπροϊόντα καρότου έχουν το πλεονέκτημα να μην μεταφέρουν ανεπιθύμητες γεύσεις στο φαγητό, στο οποίο προστίθενται.

Τα καροτενοειδή μπορούν να εξαχθούν χρησιμοποιώντας πράσινες τεχνικές εκχύλισης, όπως η υπερκρίσιμη εκχύλιση με διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Επιπλέον, περίπου το 25-35% της συγκομιδής καρότου απορρίπτεται λόγω ακανόνιστου μεγέθους, μορφής ή χρώματος. Αυτό χρησιμοποιείται γενικά ως ζωοτροφή ή ακόμη και ως απόβλητο. Τα καρότα που έχουν απορριφθεί μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή βιοδραστικών υψηλής προστιθέμενης αξίας. Οι Idrono Encalada et al. (2019) ανέφεραν, ότι το εμπλουτισμένο με πηκτίνη κλάσμα λαμβάνεται χρησιμοποιώντας εκχύλιση υπερήχων υψηλής ισχύος και έχει υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα που σχετίζεται με την παρουσία καροτενίων, λουτεΐνης και τοκοφερόλων (Ben-Othman et al., 2020).

### Κολοκύθα

Από διατροφικής άποψης, η κολοκύθα είναι πολύτιμη πηγή καροτενοειδών και περιέχει σημαντικές ποσότητες πρωτεϊνών, φυτικών ινών και τοκοφερόλης (Norfezah et al., 2011).

Οι σπόροι είναι πλούσιοι σε διάφορα βιοδραστικά συστατικά, όπως λιπαρά οξέα, απαραίτητα αμινοξέα, βιταμίνες, φυτοστερόλες, τοκοφερόλες, σκουαλένιο και καροτενοειδείς χρωστικές (Cuco et al., 2019; Hernández-Santos et al., 2016; Kim et al., 2012; Li et al., 2016; Nyam et al., 2009). Οι φλούδες, που είναι το κύριο υποπροϊόν της επεξεργασία κολοκύθας, αποτελούνται από κυτταρίνη. Πρόσφατα, ορισμένοι συγγραφείς πρότειναν τη χρήση τους ως συστατικό για την ανάπτυξη νέων λειτουργικών τροφών πλούσιων σε φυτικές ίνες (de Escalada Pla et al., 2007; Nyam et al., 2013) και παρουσίασαν την υψηλή αντιοξειδωτική τους δραστηριότητα (Nyam et al., 2013; Saavedra et al., 2015).

### Κουνουπίδι

Τα υποπροϊόντα του κουνουπιδιού είναι γνωστό ότι περιέχουν διάφορα ευεργετικά μόρια, όπως φυτικές ίνες, φαινολικές ενώσεις, βιταμίνη C, καροτενοειδή και πρωτεΐνες. Τα εκχυλίσματα αποβλήτων κουνουπιδιών χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε

φλαβονοειδή και γλυκοζίτες που προέρχονται κυρίως, από καμφερόλη και κερκετίνη. Τα φερούλικά οξέα είναι τα κύρια φαινολικά οξέα που εντοπίζονται στα εκχυλίσματα αποβλήτων κουνουπιδιών. Τα απόβλητα κουνουπιδιών είναι επίσης, μια σημαντική πηγή ισοθειοκυανικών, το προϊόν της υδρόλυσης των γλυκοσινολυτικών, τα οποία συνδέονται με αντικαρκινογόνες ιδιότητες.

Επιπλέον, τα υποπροϊόντα του κουνουπιδιού περιέχουν πρωτεΐνες που μπορούν να αξιοποιηθούν. Οι Xu et al. (2016) αναφέρουν ότι τα απομονωμένα βιοδραστικά πεπτίδια με ανασταλτική δράση ACE από το κουνουπίδι παράγουν την ενζυματική υδρόλυση πρωτεΐνης. Οι συγγραφείς τόνισαν, ότι η πρωτεΐνη που λαμβάνεται από υποπροϊόντα κουνουπιδιού μπορεί να είναι μια φτηνή πηγή πρώτων υλών λειτουργικών τροφίμων (Ben-Othman et al., 2020). Επίσης, αρκετοί συγγραφείς έχουν μελετήσει πολλές υδρολυμένες πρωτεΐνες από υποπροϊόντα κουνουπιδιού που εμφανίζουν αντιοξειδωτική ιδιότητα, ανασταλτικό ένζυμο μετατροπής της αγγειοτενσίνης I, δραστηριότητες σε συστήματα χωρίς κύτταρα, και σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της κατανάλωσης γλυκόζης και περιεκτικότητα σε γλυκογόνο στα κύτταρα (Xu et al., 2016).

### Κρεμμύδι

Η καταστροφή των αποβλήτων κρεμμυδιού με αποτέφρωση παρουσιάζει σοβαρά μειονεκτήματα, τόσο λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όσο και του υψηλού οικονομικού κόστους. Επομένως, οι ερευνητές και οι παραγωγοί ερευνούν νέα και πιο πλεονεκτικά συστήματα για την επαναχρησιμοποίηση αυτών των υποπροϊόντων, ως πηγή λειτουργικών συστατικών.

Τα υποπροϊόντα του κρεμμυδιού, σαφώς και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση λειτουργικών συστατικών, καθώς το κρεμμύδι έχει στη χημική του σύνθεση πολυάριθμα βιολογικά ενεργά φυτοχημικά. Ως εκ τούτου, τα υποπροϊόντα που σχηματίζονται από την εξωτερική καφέ φλούδα, δηλαδή το πρώτο στρώμα σάρκας, και η άνω κοπή και το κάτω μέρος του βολβού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές λειτουργικών συστατικών, επειδή είναι πολύ πλούσιες σε διαιτητικές ίνες (αδιάλυτες) και φλαβονόλες (παραγωγή κερκετίνης), αποδεικνύοντας σημαντικές αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και προστατευτικές ιδιότητες. Πολλές μελέτες έχουν δείξει, ότι η εξωτερική καφέ φλούδα έχει την υψηλότερη συγκέντρωση κερκετίνης και η κορυφή και τα κάτω μέρη του λοβού έχουν την υψηλότερη συγκέντρωση μεταλλικών στοιχείων. Ως εκ τούτου, τα εξωτερικά στρώματα κρεμμυδιών είναι πλούσια σε αυτές τις ενώσεις και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ακατέργαστα υλικά για την απόκτηση φλαβονολών και διαιτητικών ινών, ενώ τα εσωτερικά στρώματα είναι καλύτερες πηγές φρουκτανών και σουλφοξειδίων.

Οι Jaime et al. (2002) διερεύνησαν ολόκληρο το κρεμμύδι, το δέρμα και εσωτερικά στρώματα για περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες. Βρήκαν την υψηλότερη ποσότητα συνολικών

διαιτητικών ινών (TDFs) στο δέρμα του κρεμμυδιού (68,3% ξηρή ύλη ) και τη χαμηλότερη ποσότητα TDFs στο εσωτερικό μέρος (11,6%).

Αναφέρθηκαν επίσης, στο ότι οι αδιάλυτες ίνες έχουν υψηλότερη συγκέντρωση στο δέρμα του κρεμμυδιού (66,6%) σε σύγκριση με το εσωτερικό του μέρος. Συμπερασματικά, από την βιομηχανία επεξεργασίας κρεμμυδιών τα απόβλητα, τα οποία είναι οι βλαστοί, οι ρίζες, οι φλούδες και ο πολτός, αποτελούν πλούσια πηγή διαιτητικών ινών (Sagar et al., 2017).

### Μαρούλι

Τα υποπροϊόντα μαρουλιού είναι πλούσια σε φαινολικές ενώσεις. Η φαινολική σύνθεση των υποπροϊόντων του μαρουλιού ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία του μαρουλιού, καθώς και με τις κλιματολογικές συνθήκες και τις γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται (συχνότητα άρδευσης, τύπος λιπάσματος κλπ).

Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα εξωτερικά φύλλα του μαρουλιού έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις από ότι τα εσωτερικά του φύλλα (Hohl et al., 2001) Γενικά, το κύριο φαινολικό κλάσμα του μαρουλιού αποτελείται από τα παράγωγα του καφεϊκού οξέος (90%). Οι φλαβονοειδείς ενώσεις στα φύλλα μαρουλιού αντιπροσωπεύουν ένα μικρό κλάσμα (5%) ως προς τις συνολικές φαινολικές ενώσεις και αποτελούνται κυρίως, από φλαβονόλες και φλαβόνες. Όλες οι φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στο μαρούλι υπάρχουν και στα υποπροϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία του. Αν και η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων στο μαρούλι είναι σχετικά χαμηλή, η υψηλή κατανάλωση αυτού του προϊόντος στην πλειονότητα των χωρών το καθιστά μια από τις σημαντικότερες πηγές φαινολικών ενώσεων στην ανθρώπινη διατροφή (De Ancos et al., 2015).

### Μελιτζάνα

Το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια της μελιτζάνας αναπτύσσεται ραγδαία σε όλο τον κόσμο, λόγω της υψηλής θρεπτικής της διατροφικής αξίας.

Η φλούδα μελιτζάνας είναι μια απίστευτα πλούσια πηγή ανθοκυανινών (Mauro et al., 2020). Επιπλέον, τόσο η φλούδα, όσο και το κοτσάνι αποτελούν εξαιρετικές πηγές διατροφικών ινών, όπως η πηκτίνη και η κυτταρίνη (Kazemi et al., 2019a; 2019b). Ανεξάρτητα από τα περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα, η απόρριψη των υποπροϊόντων μελιτζάνας ως απόβλητα αντιπροσωπεύει μια τεράστια απώλεια πολύτιμων υλικών. Η μελιτζάνα είναι γνωστό ότι έχει σημαντικά υψηλό αντιοξειδωτικό δυναμικό, λόγω της σημαντικής ποσότητας φαινολικών ενώσεων. Μια σημαντική ποσότητα φαινολικών ενώσεων, περίπου 30-60% (Mauro et al., 2020), συγκεντρώνεται στα υποπροϊόντα της μελιτζάνας, ειδικά στην φλούδα. Επομένως, τα υποπροϊόντα μελιτζάνας είναι απίστευτα πλούσια σε πηγές φαινολικών ενώσεων, σε σύγκριση με άλλα γεωργικά υποπροϊόντα (Gürbüz et al., 2018).



## Μπρόκολο

Οι Thomas et al. (2018) υπογράμμισαν την πιθανή χρήση υποπροϊόντων μπρόκολου για την εκχύλιση πολυφαινολικών ενώσεων. Οι Formica-Oliveira et al. (2017) ανέφεραν, ότι μονό οι συνδυασμένες επεξεργασίες ακτινοβολήσης UV-B και UV-C θα αυξήσουν σημαντικά τις φαινολικές ενώσεις στο περιεχόμενο των φύλλων και των μίσχων του μπρόκολου, ενισχύοντας έτσι την αξία τους ως πηγή βιοδραστικών ενώσεων.

Επιπλέον, τα υποπροϊόντα μπρόκολου έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (23-25%) και υδατάνθρακες (32-37%), που τα καθιστούν ζωτικής σημασίας πρώτης ύλης για χρήση ως φορέας σταθεροποίησης και απελευθέρωσης βιοδραστικών ενώσεων, όπως η επιγαλοκατεχίνη γαλλικού οξέος (Ben-Othman et al., 2020).

## Ντομάτα

Οι ντομάτες είναι πλούσιες σε λυκοπένιο, φαινολικά, οργανικά οξέα, βιταμίνες και πολλά άλλα ευεργετικά συστατικά (Giovanelli & Paradiso, 2002). Από την άλλη πλευρά, η ορθολογική χρήση του υποπροϊόντος, σε κάποιο βαθμό, μετατρέπει τα απόβλητα σε χρησιμοποιήσιμους πόρους, όπως λυκοπένιο και διαιτητικές ίνες.

Τα κύρια πολύτιμα συστατικά του σπόρου και της φλούδας είναι σε μεγάλο βαθμό διαφορετικά. Η φλούδα είναι πλούσια σε φυτικές ίνες, λυκοπένιο και φαινόλες. Ο σπόρος αποτελείται κυρίως από λάδι και πρωτεΐνες. Στις φλούδες ντομάτας, αναγνωρίστηκε, ότι το κάλιο (περίπου 1,1 g/100 g) έχει την υψηλότερη παρουσία και το νάτριο είναι σχετικά σε χαμηλότερη συγκέντρωση (70 mg/100 g). Επομένως, το χαμηλό ποσοστό Na / K καθιστά τη φλούδα ντομάτας ως έναν σημαντικό παράγοντα για καρδιαγγειακές παθήσεις (Elbadrawy & Sello, 2016). Η περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες στις φλούδες ντομάτας κυμαίνεται από 62,79 g/100 g– 88,53 g/100 g. Σε αντίθεση με τις φλούδες ντομάτας, οι σπόροι ντομάτας είναι πλούσιοι σε λάδι και πρωτεΐνες, αλλά παρουσιάζουν χαμηλότερο επίπεδο διαιτητικών ινών και περιέχουν λίγο λυκοπένιο. Στο λάδι, η περιεκτικότητα σε σπόρους ντομάτας αναφέρθηκε ότι ήταν 17,8-24,5 g/100 g (Giuffrè & Carocasale, 2016a; Mechmeche et al., 2017; Yilmaz et al., 2015).

Το λυκοπένιο, η διαιτητική ίνα, η πηκτίνη, η πρωτεΐνη και το λάδι μπορούν να εκχυλιστούν και να καθαριστούν με ποικίλες τεχνολογίες για τρόφιμα και φαρμακευτικές εφαρμογές. Το λυκοπένιο, ως σημαντικό καροτενοειδές, έχει καλύτερες αντιοξειδωτικές ιδιότητες από άλλα καροτενοειδή. Φυσικοχημικά, το λυκοπένιο είναι αδιάλυτο στο νερό, μόλις διαλυτό σε αιθανόλη, αλλά είναι πολύ διαλυτό σε λιπίδια και μη πολικούς οργανικούς διαλύτες, όπως χλωροφόρμιο, εξάνιο, ακετόνη, πετρέλαιο αιθέρας και οξικός αιθυλεστέρας. Τα συστήματα εξαγωγής του λυκοπενίου χρησιμοποιούν υπερκρίσιμη εκχύλιση με διοξείδιο του άνθρακα παρουσία αιθανόλης και μπορεί να αυξήσουν έως και 50% της ποσότητας λυκοπενίου που εξαγεται από φλούδες ντομάτας (από 309-465 μg/g ξηρού βάρους).

### Παντζάρι

Έχει αποδειχθεί ότι το παντζάρι είναι καλό αντιοξειδωτικό και διαθέτει αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Επίσης, είναι πλούσιο σε νιτρικά άλατα, φλαβονοειδή, καροτενοειδή, βετανίνη, βιταμίνες και μέταλλα.

Οι φλούδες και ο πυρήνας του παντζαριού, μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάκτηση ουσιών με υψηλή θρεπτική αξία. Οι Vulic et al. (2014) αναφέρθηκαν στο ότι τα απόβλητα του παντζαριού περιέχουν φαινολικά οξέα και φλαβονοειδή, τα οποία παρουσιάζουν καλή αντιοξειδωτική δράση.

Σε αντίθεση με τη φλούδα και τον πολτό, δόθηκε λιγότερη προσοχή σε αυτά τα απόβλητα, παρά την υψηλή δυναμικότητά τους. Πρόσφατα, οι Lasta et al. (2019) ανέφεραν, ότι τα εκχυλίσματα από εναέρια μέρη παντζαριών παρουσιάζουν υψηλές αντιοξειδωτικές ικανότητες (Ben-Othman et al., 2020). Επίσης, τα βεταλένια περιέχουν υδατοδιαλυτό άζωτο, χρωστικές ουσίες, συμπεριλαμβανομένων των βετακινών (βιολετί έως κόκκινο χρώμα) και βεταξανθίνες (πορτοκαλί έως κίτρινο χρώμα). Τα βεταλένια έχουν αποδειχθεί, ότι είναι καλό αντιοξειδωτικό και διαθέτει αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινογόνες, και αντιμικροβιακές ιδιότητες.

### Πατάτα

Τα υποπροϊόντα της πατάτας έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, υδατάνθρακες, άμυλο και φαινολικές ενώσεις, των οποίων οι συγκεντρώσεις ποικίλλουν ανάλογα με την ποικιλία της πατάτας. Σε γενικές γραμμές, η πατάτα περιέχει βιταμίνες και μέταλλα, καθώς και διαφορετικές φυτοχημικές ουσίες, όπως καροτενοειδή και φυσικές φαινόλες. Οι φαινολικές ενώσεις σε πατάτες είναι, κυρίως σε διαλυτή μορφή (ελεύθερες φαινόλες, διαλυτοί εστέρες και γλυκοζίτες) και σε μικρότερο βαθμό σε αδιάλυτη μορφή, λόγω των φαινολών που συνδέονται με το κυτταρικό τοίχωμα. Το 90% των φαινολικών ενώσεων πατάτας σε διαλυτή μορφή βρίσκονται στον πολτό και στο δέρμα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η φλούδα και η σάρκα έχουν συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων και αντιοξειδωτική δράση έως και 50% υψηλότερη από τον υπόλοιπο πολτό.

Τα φαινολικά οξέα στη φλούδα πατάτας είναι γνωστά για τις αντιοξειδωτικές και αντιβακτηριακές τους δραστηριότητες. Τα υπολείμματα εκχύλισης αμύλου πατάτας μπορεί επίσης, να θεωρηθούν ως μια καλή πηγή πηκτίνης. Η Ogutu και η Mu (2017) εξήγαγαν πηκτίνη από υπολείμματα γλυκοπατάτας που, επίσης, παρουσίαζαν καλή αντιοξειδωτική δράση (Ben-Othman et al., 2020).

## Σπαράγγι

Το σπαράγγι είναι θρεπτικά και εμπορικά σημαντικό ποώδες πολυετές φυτό χαμηλών θερμίδων (Sarabi et al., 2010). Περιέχει σημαντικές φαινολικές φυτοχημικές ουσίες, όπως η ρουτίνη και η πρωτοδιοσίνη (Jong Won et al., 2014; Pellegrini et al., 2003).

Η μελέτη έδειξε ότι τα υποπροϊόντα του σπαραγγιού περιέχουν παρόμοια φυτοχημικά χαρακτηριστικά, όπως και τα κύρια προϊόντα και είναι πηγές διαφόρων βιοδραστικών ενώσεων, όπως στεροειδείς, φαινολικές ενώσεις, διαιτητικές ίνες, σαπωνίνες, φλαβονοειδή και πολυσακχαρίτες (Fan et al., 2015). Η διαιτητική ίνα μπορεί να θεωρηθεί ως μια βιοδραστική ίνα, επειδή αναφέρθηκε ότι παρουσιάζει αντιοξειδωτική δράση, λόγω της παρουσίας περιεκτικότητας σε σαπωνίνη έως 3,6 mg/g ινών (Fuentes-Alventosa et al., 2009). Όσο αφορά στην περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες (TDF), τα υποπροϊόντα από το σπαράγγι έχουν 60,7–79% του TDF (Agudelo et al., 2015).

Παρακάτω, παρατίθενται συνοπτικοί Πίνακες, όπου αναφέρονται τα κύρια υποπροϊόντα κάθε είδους φρούτου/ λαχανικού, καθώς και οι βασικότερες ουσίες που έχουν βρεθεί σε αυτά.

*Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας που δείχνει ποια υποπροϊόντα προκύπτουν από τα φρούτα και τα λαχανικά και τι ουσίες περιλαμβάνουν τα υποπροϊόντα.*

<b>ΦΡΟΥΤΑ</b>	<b>ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ</b>	<b>ΟΥΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ</b>
Αβokάντο	σπόροι, φλούδα	σάκχαρα, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες (άμυλο)
Ακτινίδιο	σπόροι, φλούδα, πολτός	υδατάνθρακες, κορεσμένα λιπίδια, φαινολικές ενώσεις
Ανανάς	φλούδα, πυρήνας, στέλεχος, στέμμα	ολικές διαιτητικές ίνες, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη, βρομελίνη, ελεύθερα σάκχαρα, βιταμίνες, φαινολικές ενώσεις
Ελιά	κοτσάνι, φύλλα, πάστα, κουκούτσι	φαινολικές ενώσεις (φαινόλη), διαιτητικές ίνες, πηκτίνη
Εσπεριδοειδή	σπόροι, φλούδα	πηκτίνη (φυτικές ίνες), φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, όμονοειδή, βιταμίνη C
Καρπούζι	σπόροι, φλούδα	αντιοξειδωτικά, αμινοξέα (κιτρουλίνη)
Μάνγκο	σπόροι, φλούδα	φυτοχημικά (φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, κατεχίνες, υδρολύομενες τανίνες, ξανθοειδή), διαιτητικές ίνες, τοκοφερόλη, βιταμίνη C, καροτενοειδή
Μήλο	σπόροι, φλούδα, σάρκα, βλαστός	αδιάλυτες ίνες (κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη), πηκτίνη, πολυφαινόλες (φλαβανόλες, διυδροχαικόλες, ανθοκυανιδίνες, χλωρογενικό οξύ, γλυκοζίτες, φλορετίνη, γλυκοσίδες κουερσετίνης, κατεχίνες, προκυανιδίνες)
Μούρα		φαινολικές ενώσεις, φαινολικά οξέα, φλαβονολικές ενώσεις, ανθοκυανίνες

Μπανάνα	φλούδα, ριζώματα, μίσχος, φύλλα, ψευδο- στελέχη	φυτικές ίνες (κυτταρίνη, λιγνίνη, ανθεκτικό άμυλο, πηκτίνη, ημικυτταρίνη), πρωτεΐνες, αμινοξέα, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, κάλιο, αντιοξειδωτικές ενώσεις (υδροξυκινναμωμικό οξύ, φλαβονοειδή, φυτοστερόλες, καροτενοειδή, ανθοκυανίνες), πολυφαινολικές ενώσεις
Παπάγια	σπόροι, φλούδα	Φαινολικά, φλαβονοειδή, καμπφερόλη, μυρικετίνη, κερσετίνη, καροτενοειδή, λυκοπένιο, ζεαξανθίνη, κρυπτοξανθίνη, β-καροτίνη, βιολακανθίνη, βιταμίνη Α, βιταμίνη C, ριβοφλαβίνη, θειαμίνη, νιασίνη φαινόλης, τανίνης, σαπωνίνης
Πεπόνι	σπόροι, φλούδες	πηκτίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη, καροτενοειδή, λιμονένιο, πολυμεθοξυφλαβόνες, φαινολικές ενώσεις
Ρόδι	φλούδες	ελλαγτανίνες, γλαβονοειδή, ανθοκυανίνες
Σταφύλι	σπόροι, φλούδες, στέλεχος	φαινολικές ενώσεις (ανθοκυανίνες, κατεχίνες, προκυανιδίνες, φλαβονόλη, γλυκοζίτες, φαινολικά οξέα, στιλβένια), λιπαρά οξέα, πρωτεΐνες, αντιοξειδωτικά (τοκοφερόλες, β-καροτένιο)
Φράουλα		φλαβονοειδή, βιοδραστικές ενώσεις (ελαγικό οξύ), φαινολικές ενώσεις
<b>ΛΑΧΑΝΙΚΑ</b>	<b>ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ</b>	<b>ΟΥΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ</b>
Αγκινάρα	εξωτερικά φύλλα, στέλεχος	φλαβονοειδή ( γλυκοζίτες, ρουτοσίδες), φαινολικές ενώσεις, διαιτητικές ίνες
Καρότο	φλούδα, ολόκληρα κομμάτια, στεφανή, άκρη ρίζας	διαιτητικές ίνες, φυτοθρεπτικά συστατικά (καροτενοειδή, πολυφαινόλες, βιταμίνες, ανόργανα άλατα)
Κολοκύθα	σπόροι, φλούδα	βιοδραστικά συστατικά (λιπαρά οξέα, απαραίτητα αμινοξέα, βιταμίνες, φυτοστερόλες, τοκοφερόλες, σκουαλένιο, καροτενοειδείς χρωστικές), κυτταρίνη, φυτικές ίνες
Κουνουπίδι	μίσχοι, φύλλα	φυτικές ίνες, φαινολικές ενώσεις, βιταμίνη C, γλυκοσινολικά, καροτενοειδή, πρωτεΐνες φύλλων, φλαβονοειδή, γλυκοζίτες (κανφερόλη, κουερσετίνη), φουρουλικά οξέα, πρωτεΐνες
Κρεμμύδι	εξωτερική φλούδα, βλαστοί, ρίζες, ολόκληρα κομμάτια	ανθοκυανίνη, διαιτητικές ίνες, φλαβονόλες, κερκετίνη ( ασβέστιο, α- γλυκόνη), φρουκτάνες, σουλφοξείδια
Μαρούλι	εξωτερικά φύλλα, στέλεχος	φαινολικές ενώσεις (καφεϊκό οξύ), φλαβονοειδείς ενώσεις (φλαβονόλες, φλαβόνες)
Μελιτζάνα	φλούδα, κοτσάνι	ανθοκυανίνες, διατροφικές ίνες (πηκτίνη, κυτταρίνη), φαινολικές ενώσεις
Μπρόκολο	φύλλα, μίσχοι	πολυφαινολικές ενώσεις, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες

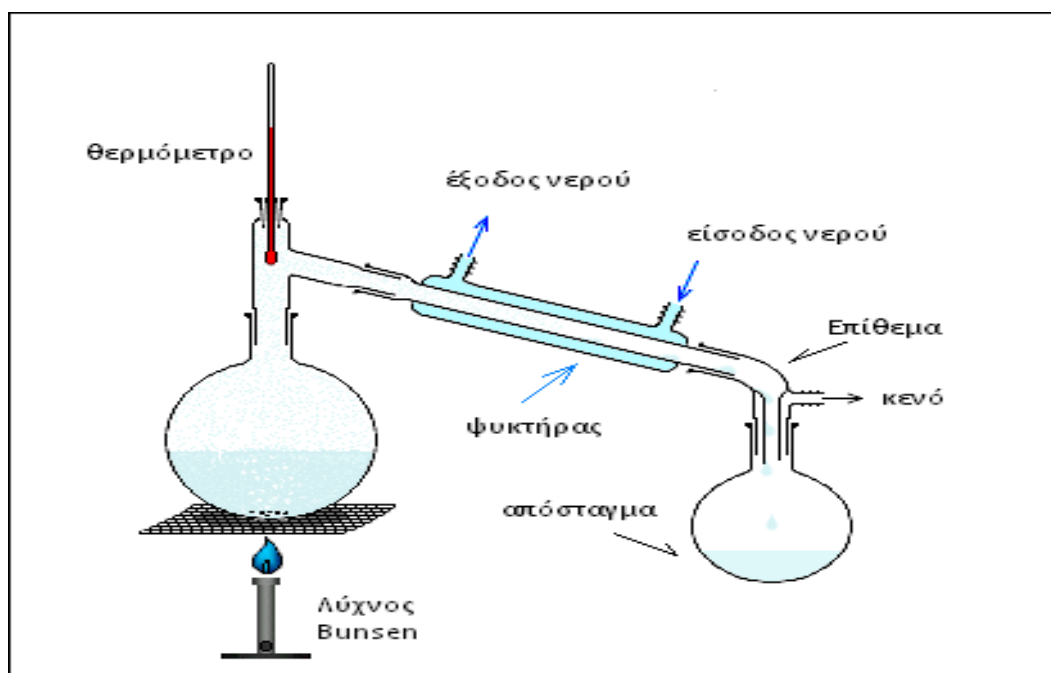
Ντομάτα	σπόροι, φλούδα	λικοπένιο, διαιτητικές ίνες, φυτικές ίνες, φαινόλες, πρωτεΐνες, κάλιο, νάτριο, πηκτίνη
Παντζάρι	φλούδα, πυρήνας, φύλλα, μίσχοι	φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, βεταλένια
Πατάτα	φλούδα	φυτικές ίνες, υδατάνθρακες, άμυλο, φαινολικές ενώσεις (ελεύθερες φαινόλες, διαλυτοί εστέρες, γλυκοζίτες), πηκτίνη
Σπαράγγι	δόρυ, ρίζες	βιοδραστικές ενώσεις (στεροειδείς, φαινολικές ενώσεις, διαιτητικές ίνες, σαπωνίνες, φλαβονοειδή, πολυσακχαρίτες), φαινολικές φυτοχημικές ουσίες (ρουτίνη, πρωτοδιοσίνη)

## Κεφάλαιο 5: Μέθοδοι ανάκτησης συστατικών υψηλής διατροφικής αξίας από υποπροϊόντα φρούτων και λαχανικών - Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών

### 5.1 Μέθοδοι εκχύλισης

#### Συμβατική εκχύλιση με διαλύτη (Conventional Organic Solvent Extraction, COSE)

Η συμβατική εκχύλιση με διαλύτη (COSE) έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την εξαγωγή βιοδραστικών ενώσεων από φρούτα και λαχανικά. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην ιδιότητα που έχουν οι οργανικοί διαλύτες να εξατμίζονται εύκολα και να συμπαρασύρουν ουσίες. Για κάθε ουσία που επιθυμούμε να εκχυλίσουμε, χρησιμοποιούμε τον κατάλληλο διαλύτη. Η εκχύλιση εφαρμόζεται υπό συγκεκριμένη θερμοκρασία, ανάδευση και για ορισμένο χρόνο. Οι υδρατμοί που παράγονται κατά την εκχύλιση, οι οποίοι περιέχουν διαλύτη και ουσία, υγροποιούνται σε μια συσκευή ψύξης και προκύπτει το τελικό εκχύλισμα. Στο προϊόν της εκχύλισης αδρανοποιούμε τον περιεχόμενο διαλύτη με την κατάλληλη ουσία προς εξουδετέρωση. Τέλος, το εκχύλισμα είναι έτοιμο για περαιτέρω αναλύσεις.



Εικόνα 4: Διάταξη συμβατικής εκχύλισης (Ευθαλία Ντουρτόγλου, 2014)

Η συμβατική εκχύλιση με διαλύτη έχει πολυάριθμα μειονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένου του μεγάλου χρόνου εκχύλισης και της κατανάλωσης μεγάλων ποσοτήτων, δυνητικά τοξικών, διαλυτών.

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της συμβατικής εκχύλισης με διαλύτη με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα κολοκύθας, ντομάτας και παπάγιας.

Πιο συγκεκριμένα:

- Κολοκύθα

Η συμβατική εκχύλιση με διαλύτη (COSE) χρησιμοποιεί n- εξάνιο, προπανόλη, μεθανόλη, τετραϋδροφουράνιο ή οξικό αιθυλεστέρα για την εξαγωγή καροτενοειδών από υποπροϊόντα κολοκύθας (Hulshof et al., 1997; Fikselova et al., 2008). Αυτή η μέθοδος συνήθως απαιτεί μεγάλο χρόνο εκχύλισης, μεγάλες ποσότητες οργανικού διαλύτη και υψηλές θερμοκρασίες, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εκτεταμένη αποικοδόμηση των θερμοεαίσθητων μορίων, όπως τα καροτενοειδή και συχνά να αφήσουν ίχνη δυνητικά τοξικού διαλύτη στο εκχύλισμα (Rozzi et al., 2002; Calvo et al., 2007; Abbas et al., 2008).

Οι Shi et al. (2010) έλαβαν την υψηλότερη συνολική απόδοση σε καροτενοειδή από φλούδες κολοκύθας, χρησιμοποιώντας αιθανόλη/ εξάνιο (1:1 v/v).

- Ντομάτα

Η εκχύλιση λυκοπενίου πραγματοποιήθηκε με COSE, σύμφωνα με τη μέθοδο των Sadler et al. (1990) και τροποποιήθηκε, όπως περιγράφεται από τον Perkins-Veazie et al. (2001). Ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν μείγμα διαλυτών εξανίου- μεθανόλης- ακετόνης (2:1:1 v/v). Το εναιώρημα αναδεύταν συνεχώς με νερό σε διάφορες θερμοκρασίες και χρονικές διάρκειες. Μετά τη διαδικασία εκχύλισης προστέθηκε ποσότητα απεσταγμένου νερού για την επιτάχυνση του διαχωρισμού και το εναιώρημα αναδεύτηκε. Το διάλυμα στη συνέχεια αφέθηκε να παραμείνει με σκοπό τον διαχωρισμό πολικών και μη πολικών στρωμάτων. Για τον προσδιορισμό του λυκοπενίου χρησιμοποιήθηκαν οι πολικές στιβάδες.

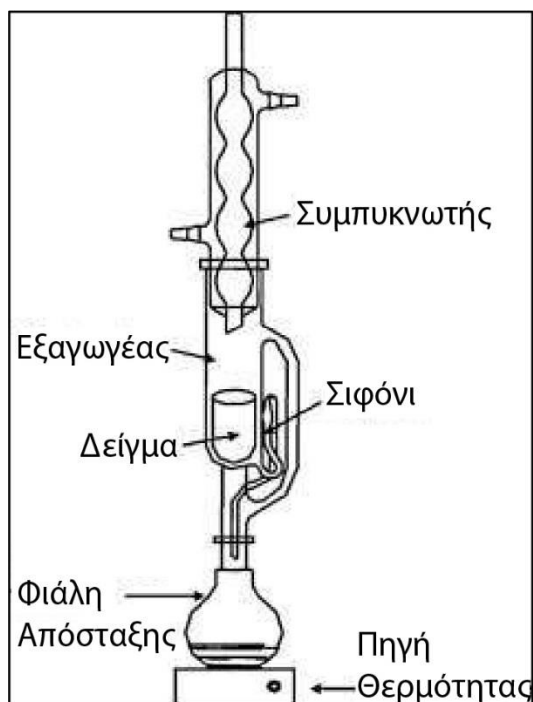
- Παπάγια

Τα υποπροϊόντα της επεξεργασίας παπάγιας αναμείχθηκαν με αιθανόλη σε οξικό αιθυλεστέρα και το λυκοπένιο εκχυλίστηκε υπό συγκεκριμένη θερμοκρασία και χρόνο. Στη συνέχεια, τα δείγματα αναλύθηκαν με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) και με την βοήθεια φασματοφωτόμετρου.

### Μέθοδος εκχύλισης Soxhlet

Η μέθοδος εκχύλισης Soxhlet είναι γνωστή και ως εκχύλιση στερεού- υγρού και είναι μια από τις παλαιότερες τεχνικές επεξεργασίας στερεών δειγμάτων. Η εκχύλιση πραγματοποιείται με χρήση κατάλληλου διαλύτη σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Έχουν γίνει πολλές έρευνες για τη συγκεκριμένη μέθοδο, με αποτέλεσμα να έχει βελτιστοποιηθεί η απόδοση και να έχει μειωθεί ο χρόνος εκχύλισης.

Στη μέθοδο αυτή, το δείγμα τοποθετείται στην ειδική θέση της συσκευής Soxhlet και γεμίζει σταδιακά με τον διαλύτη. Όταν η ποσότητα του υγρού φτάσει στην υπερχείλιση, τότε συμβαίνει αναρρόφηση και το υγρό πέφτει πίσω στη φιάλη αποστάξεως, μεταφέροντας με αυτό τον τρόπο τις εκχυλιζόμενες ουσίες. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται σιφωνισμός και επαναλαμβάνεται μέχρι η εκχύλιση να είναι πλήρης.



Εικόνα 5: Εκχυλιστήρας Soxhlet (Vilkhu et al., 2008).

Η μέθοδος Soxhlet έχει κάποια πλεονεκτήματα, όπως και μειονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματά της είναι ότι το δείγμα έρχεται διαρκώς σε επαφή με νέα ποσότητα εκχυλίσματος, διευκολύνοντας την μεταφορά της κατάστασης ισορροπίας. Επίσης, η εκχύλιση Soxhlet είναι μια απλή μεθοδολογία που απαιτεί ελάχιστη εκπαίδευση. Τέλος μπορεί να εκχυλίσει μεγαλύτερη ποσότητα δείγματος από τις νέες εναλλακτικές τεχνικές (υποβοηθούμενη από μικροκύματα εκχύλιση, εκχύλιση με χρήση υπερκρίσιμων ρευστών). Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι απαιτεί μεγάλο χρόνο και ποσότητες οργανικών διαλυτών, το δείγμα εκχυλίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στη θερμική αποσύνθεση θερμοευαίσθητων συστατικών. Επίσης, στη μέθοδο αυτή δεν είναι δυνατή η ανάδευση του εκχυλίσματος ώστε να επιστευθεί η διαδικασία (U. E. M., 1986; U. E. M., 1995; A. M., 1990; B. P., 1991; I. O. f. S., 1988).

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου εκχύλισης Soxhlet με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα παπάγιας.

Πιο συγκεκριμένα:



- Παπάγια

Τα υποπροϊόντα της επεξεργασίας παπάγιας διηθήθηκαν σε διηθητικό χαρτί. Το λυκοπένιο εκχυλίστηκε με αιθανόλη σε οξικό αιθυλεστέρα κατά τη διήθηση. Ο διαλύτης θερμάνθηκε σε θερμοκρασία στη συσκευή εκχύλισης Soxhlet (Araujo et al. 2013; Chemat et al., 2014). Μετά από 4 ώρες εξάτμισης, συμπύκνωσης, διήθησης του διαλύτη, η φιάλη αφαιρέθηκε και το διάλυμα, αναλύθηκε με HPLC και με την βοήθεια φασματοφωτόμετρου (Perkins-Weazie and Collins, 2004).

#### Υποβοηθούμενη εκχύλιση με υπερήχους (Ultrasounds Assisted Extraction, UAE)

Η μέθοδος υποβοηθούμενης εκχύλισης με υπερήχους προσφέρει μείωση της κατανάλωσης διαλύτη, σύμπτυξη του χρόνου εκχύλισης, αύξηση της απόδοσης εκχύλισης και βελτίωση της ποιότητας των εκχυλισμάτων (Fantin et al., 2007). Οι εφαρμογές υπερήχων είναι αποτελεσματικές σε μικρότερο χρόνο εξαγωγής, με χαμηλότερες αναλογίες υγρών-στερεών, αυξάνοντας τη μεταφορά μάζας. Τα ηχητικά κύματα σε συχνότητες που είναι μεγαλύτερες από το ανθρώπινο εύρος ακοής μπορούν να αλλάξουν τα υλικά, τόσο με φυσικό, όσο και με χημικό τρόπο (Wang et al., 2008; Jerman et al., 2010; Mason & Lorimer, 2002). Μερικές πρόσφατες μελέτες δείχνουν, ότι η εφαρμογή με τη βοήθεια υπερήχων επιταχύνει τον ρυθμό έλξης και αυξάνει την απόδοση περίπου 10% (Khan et al., 2010; Sivakumar et al., 2009; Xu, 2008). Η μέθοδος εφαρμόζεται με συστήματα ανιχνευτή υψηλής έντασης. Ανάλογα με το προϊόν εκχύλισης, χρησιμοποιείται συγκεκριμένος διαλύτης. Η μέθοδος εφαρμόζεται για ορισμένο χρόνο και σε ορισμένη ισχύ.

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της υποβοηθούμενης εκχύλισης με υπερήχους με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα πορτοκαλιού, γκρέιπφρουτ, παπάγιας, ροδιού, σταφυλιού και ντομάτας.

Πιο συγκεκριμένα:

- Πορτοκάλι

Η μέθοδος εφαρμόστηκε με σκοπό την ανάκτηση πολυφαινολών και αντιοξειδωτικών από τη φλούδα πορτοκαλιού (Khan et al., 2010; Londono-Londono et al., 2010). Σύμφωνα με τα αποτελέσματά, επιτεύχθηκε μια σημαντική αύξηση στην αντιοξειδωτική ικανότητα χρησιμοποιώντας υποβοηθούμενη εκχύλιση με υπερήχους. Επιπλέον, βρέθηκε μια ισχυρή σχέση μεταξύ της απόδοσης εκχύλισης πολυφαινολών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας.

- Γκρέιπφρουτ

Η υποβοηθούμενη εκχύλιση με υπερήχους χρησιμοποιείται για την εξαγωγή λυκοπενίου από υποπροϊόντα του κόκκινου γκρέιπφρουτ (Xu & Pan, 2013). Σύμφωνα με αυτήν την έρευνα, μια σημαντική αύξηση της απόδοσης θα μπορούσε να επιτευχθεί με

οποιαδήποτε από τις εφαρμοζόμενες συνθήκες (ένταση υπερήχων, θερμοκρασία εκχύλισης και χρόνος) σε σύγκριση με τη συμβατική επεξεργασία.

Η βέλτιστη απόδοση λυκοπενίου βρέθηκε, χρησιμοποιώντας χρόνο υπερήχων 30 λεπτών, ενώ μεγαλύτεροι χρόνοι (από 45 σε 90 λεπτά) μείωσαν την απόδοση (Chen et al., 2009).

- Παπάγια

Η υποβοηθούμενη με υπερήχους εκχύλιση έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στον τομέα της εκχύλισης λυκοπενίου από υποπροϊόντα της παπάγιας. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να ενισχύσει τη μεταφορά θερμότητας και μάζας, διαταράσσοντας τα κυτταρικά τοιχώματα της μήτρας, για την προώθηση της απελευθέρωσης λυκοπενίου. Η υποβοηθούμενη με υπερήχους εκχύλιση μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα της εκχύλισης και μπορεί να μειώσει την κατανάλωση διαλυτών, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου και ενέργειας κατά την εκχύλιση (Horzic et al., 2012; Wang et al., 2013; Xia et al., 2012). Οι Horzic et al. (2012) είχαν αναφέρει ότι κατά την UAE υπήρχε υψηλότερη απόδοση εξαγωγής με το πλεονέκτημα του υπερήχου.

- Ρόδι

Η απόδοση πολυφαινόλης από τη φλούδα του ροδιού ενισχύθηκε με την εφαρμογή υποβοηθούμενης εκχύλισης με υπερήχους (Pan et al., 2011). Σύμφωνα με τους ερευνητές, οι βέλτιστες πειραματικές συνθήκες είναι: συχνότητα 20 kHz, θερμοκρασία 25 °C και χρόνος 2-90 λεπτά. Αυτή η αύξηση απόδοσης οδήγησε σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 50% σε σύγκριση με τη συνεχή επεξεργασία με υπερήχους. Επίσης, σημειώθηκε σημαντική αύξηση της απόδοσης στην αντιοξειδωτική ικανότητα της φλούδας ροδιού (22- 24%) και μειωμένος χρόνος εκχύλισης (Pan et al., 2011).

- Σταφύλι

Τα υποπροϊόντα του σταφυλιού περιέχουν αξιόλογη ποσότητα πολυφαινολών και ως εκ τούτου έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών (Galanakis et al., 2013). Μελετήθηκε η επίδραση υποβοηθούμενης εκχύλισης με υπερήχους (Cho et al., 2006). Διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση στη σχετική ανάκτηση πολυφαινολών και μείωση του χρόνου εκχύλισης. Σε άλλη μελέτη, σημειώθηκε σημαντική αύξηση της συνολικής περιεκτικότητας σε φαινολικά μετά από εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας στα υποπροϊόντα. Οι βέλτιστες συνθήκες με υπερήχους είναι: συχνότητα 35 kHz, στους 70 °C για 1 λεπτό (Corrales et al., 2008). Η εφαρμογή υπερήχων είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερη ανάκτηση πολυφαινολών και αντιοξειδωτική δράση στο εκχύλισμα.

- Ντομάτα

Η μέθοδος εφαρμόστηκε για εξαγωγή λυκοπενίου από φλούδες ντομάτας. Σύμφωνα με τους Seher Kumcuoglu et al. (2013) που εφάρμοσαν πειράματα με την υποβοηθούμενη εκχύλιση με υπερήχους στις εξής συνθήκες: εντάσεις υπερήχων 50, 65, 90 W, αναλογία υγρού- στερεού (v/w): 20:1, 35:1, 50:1 και για χρόνους από 1- 30 λεπτά.

Πίνακας 2 : Ποσότητα λυκοπενίου (mg λυκοπενίου/ kg εκχυλίσματος) που λαμβάνεται με εφαρμογή εξαγωγής με υπερήχους

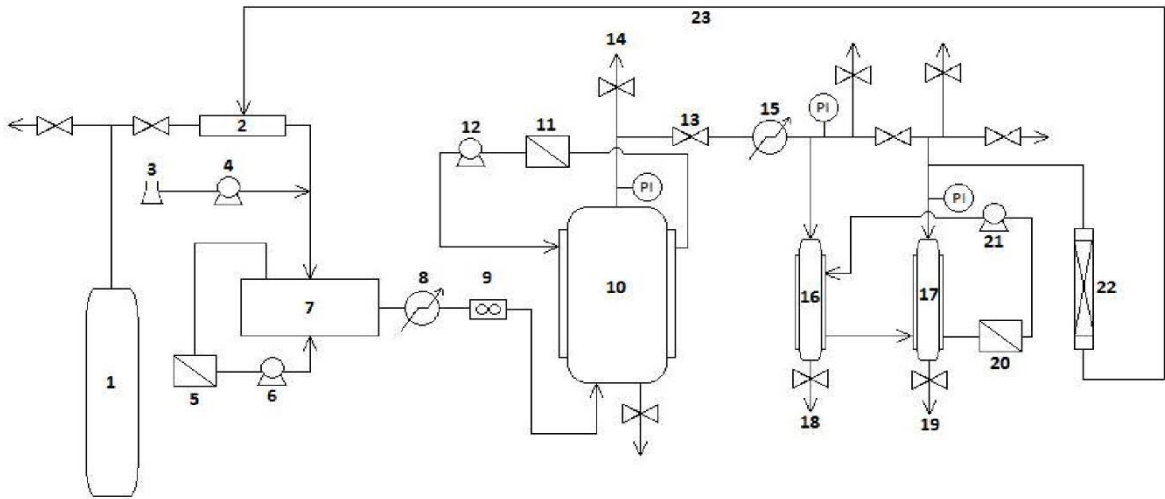
Δύναμη (W)	Υγρό/Στερεό (v/w)	Χρόνος εξαγωγής (min)						
		1	2	5	10	15	20	30
50	20:1	55.8±0.89	60.5±0.41	66.5±1.18	71.8±0.57	77.4±0.32	80.2±0.92	82.8±1.96
	35:1	62.5±1.75	66.1±0.47	72.5±0.16	76.5±0.19	81.8±0.89	86.9±0.48	86.2±1.01
	50:1	39.5±0.04	46.3±0.81	61.9±0.31	66.1±0.59	71.3±0.13	77.2±0.23	78.0±0.48
65	20:1	56.7±0.52	60.1±0.20	66.3±0.75	73.8±0.95	80.3±0.81	85.7±0.83	88.0±0.32
	35:1	59.9±0.76	67.1±0.54	76.7±0.69	80.3±0.38	84.1±0.74	87.3±0.24	87.0±0.31
	50:1	46.3±1.03	53.6±0.87	72.9±0.26	81.0±1.02	83.9±0.47	85.6±0.29	86.5±0.35
90	20:1	52.7±0.16	58.3±0.09	70.2±0.66	72.5±0.30	78.9±1.05	85.7±1.32	90.1±0.76
	35:1	57.1±1.67	67.3±0.12	77.1±0.53	82.1±1.29	86.1±1.39	88.4±0.94	89.9±0.87
	50:1	45.0±0.41	59.1±0.49	71.2±0.39	76.5±0.60	81.4±0.46	82.4±0.55	82.7±0.79

(Αριθμός επαναλήψεων (n=3)). (Seher Kumcuoglu et al., 2013)

Η μέγιστη απόδοση λυκοπενίου λήφθηκε σε χρόνο εκχύλισης 30 λεπτά, αναλογία υγρού- στερεού 35:1, ενώ η εφαρμοζόμενη ισχύς υπερήχων ήταν 90 W.

#### Εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub> (supercritical CO<sub>2</sub>, SC-CO<sub>2</sub>)

Η εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub> γίνεται σε μια ειδική συσκευή, με την ακόλουθη μορφή. Αρχικά, η διάταξη διαθέτει έναν θάλαμο εκχύλισης υψηλής πίεσης (Hannon et al., 2011), ο οποίος έχει σύστημα θέρμανσης (Khan et al., 2017; Wang et al., 2009). Μέσα στον θάλαμο υπάρχει ένα δοχείο, το οποίο τοποθετείται το δείγμα. Η πίεση ρυθμίζεται από στρόφιγγα αντεπιστροφής (Barrett, 2019). Το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) εισέρχεται στον θάλαμο με φόρα από κάτω προς τα πάνω. Το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται σε υγρή μορφή (Schroeder et al., 2015). Το εκχύλισμα εξέρχεται από την πάνω πλευρά του θαλάμου. Στη συνέχεια, περνάει από τους κυκλωνικούς διαχωριστήρες που λειτουργούν υπό διαφορετική πίεση (Bittencourt et al., 2014; Liu et al., 2014). Το προϊόν της εκχύλισης παραλαμβάνεται από τις εξόδους (Champenois et al., 2014; Krienitz et al., 2015).



Εικόνα 6: Διάγραμμα ροής της Υπερκρίσιμης Εκχύλισης 1: Φιάλη CO<sub>2</sub>, 2: Σύστημα Ψύξης, 3: Συνδιαλύτης, 4: Αντλία Συνδιαλύτη, 5-6: Σύστημα Ψύξης της Διπλής Αντλίας, 7: Αντλία Διπλής Κεφαλής, 8: Σύστημα Θέρμανσης το CO<sub>2</sub>, 9: Ροόμετρο, 10: Θάλαμος Εκχύλισης, 11-12: Σύστημα Θέρμανσης του Εκχυλιστήρα, 13: Βάνα Εξόδου Εκχυλιστήρα, 14: Βάνα Εκτόνωσης Εκχυλιστήρα, 15: Σύστημα Ψύξης Εκχυλισμάτων, 16: 1ος Διαχωριστήρας, 17: 2ος Διαχωριστήρας, 18: Βάνα Εξόδου 1ου Διαχωριστήρα, 19: Βάνα Εξόδου 2ου Διαχωριστήρα, 20-21: Σύστημα Ψύξης Διαχωριστήρων, 22-23: Σύστημα Ανακυκλοφορίας CO<sub>2</sub> με φίλτρο (Louli et al., 2004; Paramichail et al., 2000).

Τα θετικά της υπερκρίσιμης εκχύλισης είναι ότι έχει γρήγορους ρυθμούς μεταφοράς μάζας, υψηλή εκλεκτικότητα και το χαμηλό ιξώδες (Hitchen et al., 1993; Mandal et al., 2015). Τα πλεονεκτήματα του διοξειδίου του άνθρακα ως διαλύτη είναι η μη τοξική και μη εύφλεκτη φύση του, η χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία ( $T_c = 31,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ), όπου επιτρέπει στην εκχύλιση να γίνει σε ήπιες συνθήκες. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι κατάλληλο για θερμοευαίσθητες ουσίες, απομακρύνεται από το εκχύλισμα με απλή εκτόνωση, δημιουργώντας προϊόντα υψηλής καθαρότητας. Τέλος, η πυκνότητα του υπερκρίσιμου CO<sub>2</sub> ρυθμίζεται με μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας (Mandal et al., 2015; Yen et al., 2014).

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub> με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα κολοκύθας.

Πιο συγκεκριμένα:

- Κολοκύθα

Η τεχνολογία εκχύλισης SC-CO<sub>2</sub> έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως εναλλακτική της COSE για την εκχύλιση καροτενοειδών από υποπροϊόντα κολοκύθας, επειδή δίνει εκχυλίσματα εντελώς απαλλαγμένα από οργανικούς διαλύτες (Lenucci et al., 2010; Durante et al., 2012). Ως διαλύτης CO<sub>2</sub> είναι μη τοξικός, μη εύφλεκτος, άμεσα διαθέσιμος, χαμηλού κόστους και παρουσιάζει υψηλή εκλεκτικότητα ως αποτέλεσμα του χαμηλού ιξώδους, της υψηλής διαχυτικότητας και της πυκνότητας που μοιάζει με υγρό (Marsili et al., 1993; Shi J. et al., 2007). Επιπλέον, το CO<sub>2</sub> έχει χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία και πίεση (31 °C και 74

bar, αντίστοιχα) που το καθιστά τον ιδανικό διαλύτη για την εξαγωγή θερμοευαίσθητων μορίων, όπως τα καροτενοειδή (Reverchon et al., 1993). Πολλές μελέτες έχουν διεξαχθεί για να διερευνηθεί η δυνατότητα εφαρμογής του SC-CO<sub>2</sub> για την εκχύλιση βιοδραστικών ενώσεων (Reverchon et al., 1994; Gopalakrishnan et al., 1994) και αρκετοί συγγραφείς εστίασαν την έρευνά τους στην εκχύλιση καροτενοειδών από ένα ευρύ φάσμα φυτικών υλικών.

## 5.2 Χημικές αναλύσεις εκχυλισμάτων

### Υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (High- Performance Liquid Chromatography, HPLC)

Η υγρή χρωματογραφία χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση ουσιών που περιέχονται μέσα στο δείγμα. Ο διαχωρισμός είναι αποτέλεσμα της συνδυαστικής δράσης μιας στατικής και μιας κινητής φάσης. Το δείγμα εισέρχεται στην κορυφή της στήλης και με τη βοήθεια της κινητής φάσης τα συστατικά του μετακινούνται με την μορφή ζωνών. Οι ουσίες προς ανάλυση κατανέμονται μεταξύ της στατικής και της κινητής φάσης, με αποτέλεσμα να μετακινούνται με διαφορετικές ταχύτητες κατά μήκος της στήλης. Για την ποσοτικοποίηση των ουσιών αυτών, πραγματοποιείται φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός σε συγκεκριμένα μήκη κύματος.

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα ακτινιδίου, ανανά, παπάγιας και πεπτονιού.

Πιο συγκεκριμένα:

- Ακτινίδιο

Η μέθοδος HPLC χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό τοκοφερόλης από τα υποπροϊόντα ακτινιδίου. Οι τοκοφερόλες προσδιορίστηκαν με την HPLC και σύμφωνα με τους Barros et al. (2013) εμφάνισαν κορυφές μήκους κύματος στα 290 nm και στα 330 nm. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg ανά 100 g εκχυλίσματος.

- Ανανάς

Η μέθοδος HPLC χρησιμοποιείται για την αναγνώριση φαινολικών ενώσεων από υποπροϊόντα ανανά. Σύμφωνα με τους Campos et al. (2015), ο χρωματογραφικός διαχωρισμός των φαινολικών ενώσεων πραγματοποιήθηκε με κινητή φάση A) νερό, μεθανόλη και μυρμηκικό οξύ (92,5:5:2,5, % v/v) και κινητή φάση B) μεθανόλη, νερό και μυρμηκικό οξύ (92,5:5:2,5, % v/v). Η ανίχνευση επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας φασματοφωτόμετρο στο UV/ Vis σε μήκη κύματος που κυμαίνονται από 200 έως 600 nm. Οι κορυφές αναζητήθηκαν για πολλά μήκη κύματος για να αναγνωριστούν κατεχίνες ή προκυανιδίνες (280 nm), φαινολικά οξέα (320 nm), φλαβονόλες (330 nm) και ανθοκυανίνες (520 nm) και αναλύθηκαν με σύγκριση του χρόνου κατακράτησης και των φασμάτων με καθαρά πρότυπα.

- Παπάγια

Με την ανάλυση HPLC προσδιορίζεται η ποσότητα λυκοπενίου από υποπροϊόντα παπάγιας. Ο χρωματογραφικός προσδιορισμός του λυκοπενίου πραγματοποιήθηκε με κινητή φάση Α) ακετονιτρίλιο και μεθανόλη και κινητή φάση Β) εξάνιο, διχλωρομεθάνιο και μεθανόλη. Τα φάσματα UV/ Vis καταγράφηκαν μεταξύ 210 και 540 nm για χαρακτηρισμό κορυφής. Το λυκοπένιο ποσοτικοποιήθηκε με την περιοχή κορυφής του μέγιστου μήκους κύματος απορρόφησης (472 nm).

- Πεπόνι

Οι φαινολικές ενώσεις και τα καροτενοειδή διερευνήθηκαν σε κλάσματα φλούδας πεπονιού με HPLC. Η πολυφαινολική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο των Campos, Gómez-García et al. (2020) και Campos, Ribeiro et al. (2020), χρησιμοποιώντας συσκευή φασματοφωτόμετρου UV/ Vis (190-600 nm). Η κινητή φάση Α) νερό, μεθανόλη, μυρμηκικό οξύ (92,5:5:2,5, v/v/v) και η κινητή φάση Β) μεθανόλη, νερό, μυρμηκικό οξύ (92,5:5:2,5, v/v/v). Η ανίχνευση πραγματοποιήθηκε σε μήκη κύματος 280 και 320 nm και η ταυτοποίηση και η ποσοτικοποίηση πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας καθαρές τυπικές καμπύλες βαθμονόμησης (βαθμός HPLC) συγκρίνοντας τον χρόνο κατακράτησης και το μήκος κύματος τους.

Τα καροτενοειδή διερευνήθηκαν από τους Oliveira et al. (2012) σε εξοπλισμό HPLC και με φασματοφωτόμετρο στο μήκος κύματος 454 nm. Το β-καροτένιο, η λουτεΐνη, η β-κρυπτοξανθίνη και η βιολαξανθίνη προσδιορίστηκαν ποσοτικά χρησιμοποιώντας μια καθαρή τυπική καμπύλη βαθμονόμησης που εκφράζεται ως mg/100 g DM (Dry Matter) φλούδας πεπονιού.

*Πίνακας 3: Συγκέντρωση καροτενοειδών που ανιχνεύθηκε σε κλάσματα φλούδας πεπονιού με HPLC-DAD.*

mg/100 g DM		
	SF	PF
<b>β-καροτίνη</b>	6.67 ± 0.34 <sup>b</sup>	91.52 ± 12.71 <sup>a</sup>
<b>β-κρυπτοξανθίνη</b>	0.27 ± 0.12 <sup>b</sup>	4.92 ± 0.52 <sup>a</sup>
<b>Λουτεΐνη</b>	0.06 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.16 <sup>a</sup>
<b>Βιολαξανθίνη</b>	1.67 ± 0.26	nd
<b>Total by HPLC</b>	8.67 ± 0.76	97.16 ± 1.21
<b>TCC</b>	10.13 ± 0.21	98.59 ± 8.53

*(Ricardo Gómez-García et al., 2021)*

### Φασματοφωτομετρική μέθοδος Folin- Ciocalteu

Το ολικό φαινολικό περιεχόμενο (Total Phenolic Content, TPC) προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά ακολουθώντας την χρωματομετρική μέθοδο Folin- Ciocalteu (Prior et al., 2005).

Η πειραματική διαδικασία έχει ως εξής: το δείγμα αραιώθηκε με νερό, προστέθηκε αντιδραστήριο Folin- Ciocalteu και αναδεύτηκε. Το διάλυμα αφέθηκε να αντιδράσει για ορισμένο χρόνο στο σκοτάδι και η απορρόφηση μετρήθηκε σε συγκεκριμένο μήκος κύματος, χρησιμοποιώντας ένα φασματοφωτόμετρο. Η συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλη εκφράστηκε ως mg ισοδύναμων Γαλλικού Οξέος (GAE)/ g ξηρού βάρους.

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της φασματοφωτομετρικής μεθόδου Folin- Ciocalteu με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα αβοκάντο, ανανά και μπανάνας.

Πιο συγκεκριμένα:

- Αβοκάντο

Η μέθοδος Folin- Ciocalteu προσδιόρισε το ολικό φαινολικό περιεχόμενο των υποπροϊόντων του αβοκάντο.

- Ανανάς

Τα υγρά κλάσματα των υποπροϊόντων ανανά χαρακτηρίστηκαν για ολικές φαινολικές ενώσεις με τη μέθοδο Folin- Ciocalteu. Το υγρό κλάσμα φλούδας ανανά παρουσίασε χαμηλότερη ποσότητα ολικών φαινολικών σε σύγκριση με το υγρό κλάσμα του στελέχους, το οποίο αποδείχθηκε ότι είχε τη διπλή ποσότητα ολικών φαινολικών ενώσεων. Οι Almeida et al. (2011) βρήκαν 298,6 mg ισοδύναμου γαλλικού οξέος/ 100 g ξηρής βάσης, το οποίο είναι χαμηλότερο από τις τιμές που ελήφθησαν στην εργασία των da Silva et al. (2014), η οποία βρήκε 2784,1 mg/ 100 g ξηρής βάσης.

- Μπανάνα

Η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Folin- Ciocalteu. Στη συνέχεια βρέθηκαν φασματοσκοπικά η κορυφή της απορρόφησης στα 765 nm. Το γαλλικό οξύ χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των καμπυλών βαθμονόμησης, στους διάφορους διαλύτες που αξιολογήθηκαν. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως g ισοδυνάμων γαλλικού οξέος/ 100 g φλοιού μπανάνας (ξηρό βάρος).

### Προσδιορισμός ORAC

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής του προσδιορισμού ORAC με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα αβοκάντο.

Πιο συγκεκριμένα:

- Αβοκάντο

Οι αντιοξειδωτικές δράσεις των εκχυλισμάτων σπόρων αβοκάντο προσδιορίστηκαν με τη δοκιμασία ORAC, όπως αναφέρεται από τους Casettari et al. (2012). Η δοκιμασία διεξήχθη χρησιμοποιώντας ένα θάλαμο επώασης ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Ορίστηκαν οι συνθήκες: θερμοκρασία, αραίωση δείγματος και ελήφθησαν μετρήσεις σε συγκεκριμένα μήκη κύματος ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με πρότυπη καμπύλη του διαλύματος Trolox. Οι τιμές ORAC εκφράστηκαν ως mg ισοδύναμα Trolox (TE)/ g ξηρού βάρους.

#### Ποσοτικοποίηση και ταυτοποίηση φαινολικών ενώσεων από UPLC-DAD-HDMS-TOF-MS

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της ποσοτικοποίησης και ταυτοποίησης φαινολικών ενώσεων από UPLC-DAD-HDMS-TOF-MS με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα κουνουπιδιού.

Πιο συγκεκριμένα:

- Κουνουπίδι

Η ανάλυση UPLC-DAD πραγματοποιήθηκε σε μια στήλη υβριδίου αιθυλενίου νύφης, χρησιμοποιώντας ένα Ultimate U(H)PLC. Η κινητή φάση σχηματίστηκε από δύο διαλύτες, τον διαλύτη Α (νερό που περιέχει 0,1% μυρμηκικό οξύ, v/v) και τον διαλύτη Β (μεθανόλη που περιέχει 0,1% μυρμηκικό οξύ, v/v). Η ποσοτικοποίηση επιτεύχθηκε συγκρίνοντας τις περιοχές κορυφής με μια καμπύλη βαθμονόμησης που έγινε με χρήση ρουτίνης. Οι ποσότητες των ενώσεων εκφράστηκαν ως ισοδύναμα ρουτίνης (rutin equivalents, RE). Η ταυτοποίηση επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας ένα σύστημα UPLC, συνδεδεμένο με ένα φασματομετρο μάζας (Gonzales et al., 2014).

#### Ολική περιεκτικότητα σε καροτενοειδή (Total Carotenoids Content, TCC)

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής της ολικής περιεκτικότητας σε καροτενοειδή (TCC) με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα πεπονιού.

Πιο συγκεκριμένα:

- Πεπόνι

Τα καροτενοειδή εκχυλίστηκαν όπως περιγράφεται από τους Oliveira et al. (2015). Εν συντομία, 0,75 g κλάσματος φλούδας πεπονιού αναμείχθηκαν με 3 mL ψυχρής αιθανόλης και ομογενοποιήθηκαν. Έπειτα, προστέθηκε στο μείγμα ποσότητα εξανίου και στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκαν. Η στιβάδα εξανίου μεταφέρθηκε στον νέο σωλήνα και το υπόλειμμα εκχυλίστηκε εκ νέου με ποσότητα κορεσμένου χλωριούχου νατρίου και εξανίου. Το μείγμα φυγοκεντρήθηκε και πάλι, και η δεύτερη στιβάδα εξανίου ανακτήθηκε και συνδυάστηκε με την πρώτη στιβάδα εξανίου για σαπωνοποίηση. Η σαπωνοποίηση



πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τα προκύπτοντα εκχυλίσματα εξανίου, τα οποία αναμίχθηκαν με μεθανόλη και ποσότητα KOH, σε σκοτάδι. Η αντίδραση παρέμεινε υπό ανάδευση για ορισμένο χρόνο και σε θερμοκρασία δωματίου. Τα καροτενοειδή τελικά ποσοτικοποιήθηκαν μετά τη σαπωνοποίηση με μέτρηση απορρόφησης στα 454 nm με φασματοφωτόμετρο UV. Χρησιμοποιήθηκε ένα πρότυπο καμπύλης βαθμονόμησης καθαρού β-καροτενίου (0,005 – 0,030 mg/ mL) για τον ποσοτικό προσδιορισμό της συνολικής περιεκτικότητας σε καροτενοειδή με μέτρηση της απορρόφησης στα 454 nm και εκφραζόμενη ως mg/ 100 g DM.

Η μέγιστη τιμή του TCC ήταν 98,59 mg ισοδύναμα β-καροτίνης/ 100 g DM (Dry matter) = 11,21 mg ισοδύναμα β-καροτίνης/ 100 g FM σε PF (pellet fraction) ακολουθούμενη από 10,13 mg ισοδύναμα β-καροτίνης/100 g DM = 2,12 mg ισοδύναμα β-καροτίνης/100 g FM σε SF (solid fraction). Επιπλέον, οι φλούδες πεπονιού είναι μέτρια πλούσιες σε καροτενοειδή σε σύγκριση με τον πολτό πεπονιού, όπως αναφέρεται από τους Fleshman et al. (2011).

#### Ολικά αδιάλυτα δεσμευμένα φαινολικά (Insoluble Bound Phenolics, IBP)

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής των ολικά αδιάλυτων δεσμευμένων φαινολικών (IBP) με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι για τα υποπροϊόντα πεπονιού.

Πιο συγκεκριμένα:

- Πεπόνι

Τα αδιάλυτα δεσμευμένα φαινολικά προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Xie et al. (2015). Εν συντομία, ποσότητα από στερεό κλάσμα εκπλύθηκαν μία φορά με απεσταγμένο νερό, για να απομακρυνθούν οι διαλυτές και ελεύθερες φαινολικές ενώσεις, υπό ανάδευση σε θερμοκρασία δωματίου για ορισμένο χρόνο. Το εκχύλισμα φυγοκεντρήθηκε, το υπερκείμενο υγρό αφαιρέθηκε και το στερεό υλικό τοποθετήθηκε σε φούρνο. Αυτή η στερεά ύλη ονομάστηκε SF-IBP. Το SF-IBP στη συνέχεια απελευθερώθηκε με υδρόλυση. Το μείγμα έγινε όξινο με προσθήκη HCl (hydrochloric acid). Το κλάσμα του οξικού αιθυλεστέρα συλλέχθηκε και ξηράνθηκε μέχρι ολικής ξηρότητας χρησιμοποιώντας περιστροφικό εξατμιστήρα κενού. Οι περιορισμένες φαινόλες μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Folin- Ciocalteu και εκφράστηκαν ως mg GAE (Gallic Acid Equivalent)/ 100 g DM.

#### Προσδιορισμός λυκοπενίου

Για τον προσδιορισμό του λυκοπενίου θα ακολουθήσουμε την ακόλουθη διαδικασία: Το εκχύλισμα μετρήθηκε φασματοσκοπικά στο φάσμα απορρόφησης UV- Vis. Εντοπίστηκε η κορυφή απορρόφησης της πολικής φάσης στα 503 nm. Η συγκέντρωση του λυκοπενίου υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τον συντελεστή απόσβεσης  $17,2 \times 10^4 \text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  στα 503 nm

(Fish et al., 2002). Η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο εκφράστηκε ως mg λυκοπενίου/ kg εκχυλίσματος (Sadler et al., 1990; Karakaya & Yilmaz, 2007).

Οι Al- Wandawi et al. (1985) βρήκαν ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο της ντομάτας στην φλούδα ήταν 120 ppm (υγρή βάση), ενώ στους σπόρους υπήρχε πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λυκοπένιο. Η εκχύλιση λυκοπενίου από τα απόβλητα πάστας ντομάτας μελετήθηκαν από τους Baysal et al. (2000), Sabio et al. (2003), Kaur et al. (2008) και Nobre et al. (2009). Ωστόσο, υπήρχε μεγάλη διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων τους, ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας του ντοματοπολλτού.

### Προσδιορισμός ανθοκυανινών

Η εκχύλιση των συναγόμενων φαινολικών μειγμάτων κρεμμυδιού με μεθόδους για μικροκύματα ολοκληρώθηκε υπό διάφορες συνθήκες εκχύλισης όπως, τροφοδοσία διαλύτη (20-40 mg/mL), μαγνητική ανάδευση, χρόνος (3-5 λεπτά), ισχύς μικροκυμάτων (700-1000 W), συγκέντρωση αιθανόλης (40%-75%). Η εκχύλιση πραγματοποιήθηκε σε φούρνο μικροκυμάτων. Στη συνέχεια, το εκχυλισμένο δείγμα ανθοκυανίνης αναμειγνύεται με ποσότητα χλωροφορμίου διαβαθμισμένου στα τρόφιμα. Το χλωροφόρμιο είναι αυτό που συμβάλλει στη σημειακή διαίρεση μεταξύ του υδαρούς μέρους (φαινολικά, οργανικά οξέα, σάκχαρα και ανθοκυανίνη) και της στατικής φάσης (μη αναμείξιμοι οργανικοί διαλύτες, χλωροφύλλη, καροτενοειδή και λιπίδια). Μετά τις 24 ώρες επώασης, το εκχύλισμα τοποθετείται σε εξατμιστήρα για να εξατμιστεί το χλωροφόρμιο. Ο Πίνακας 4, σύμφωνα με τον ερευνητή, δείχνει τις βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης, οι οποίες είναι: χρόνος εκχύλισης 5 λεπτά, ισχύς 700 W, συγκέντρωση 75% αιθανόλη σε νερό ως διαλύτης εκχύλισης, 20 mL ως αναλογία τροφοδοσίας διαλύτη και συνολική περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες 21,99.

*Πίνακας 4: Συνθήκες διεργασίας και αποτελέσματα για την εκχύλιση της ανθοκυανίνης από φλούδες κρεμμυδιού.*

No.	Χρόνος (min)	Ισχύς (W)	Συγκέντρωση αιθανόλης (mL)	Αναλογία τροφοδοσίας διαλύτη (g/mL)	Συνολική περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες
1	3	700	40	20	5.6
2	3	700	40	40	1.01
3	3	700	75	20	0.625
4	3	700	75	40	1.66
5	3	1000	40	20	2.09
6	3	1000	40	40	3.19
7	3	1000	75	20	NIL
8	3	1000	75	40	2.522
9	5	700	40	20	9.85
10	5	700	40	40	0.34
11	5	700	75	20	21.99
12	5	700	75	40	10.15
13	5	1000	40	20	NIL
14	5	1000	40	40	1.711
15	5	1000	75	20	NIL
16	5	1000	75	40	7.02

(Jeya Krithika S. et al., 2020)

Για τον προσδιορισμό της συνολικής περιεκτικότητας σε ανθοκυανίνη χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο με κορυφές απορρόφησης στα 210 και 750 nm (Fuleki & Francis, 1968).

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Καθημερινά παράγεται τεράστια ποσότητα αποβλήτων φρούτων και λαχανικών, κατά την βιομηχανική τους επεξεργασία, με αποτέλεσμα τη δημιουργία άφθονων ποσοτήτων μη βρώσιμων και βρώσιμων μερών που σπαταλούνται. Τα απόβλητα αυτά προκαλούν, τόσο σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όσο και οικονομική ζημία στις σύγχρονες βιομηχανίες μεταποίησης των γεωργικών προϊόντων.

Όπως είδαμε στην παρούσα εργασία, πολλά από τα υποπροϊόντα φρούτων και λαχανικών είναι πλούσια σε ουσίες υψηλής διατροφικής αξίας, οι οποίες είναι σκόπιμο να διερευνηθεί τρόπος να ανακτηθούν και να αξιοποιηθούν κατάλληλα. Στα πλαίσια αυτά, τίθεται λοιπόν η ανάγκη μελέτης εναλλακτικών τεχνικών παραλαβής τους (π.χ. μέσω συμβατικής ή άλλης, πιο καινοτόμου τεχνικής εκχύλισης), αναλυτικού προσδιορισμού της αντιοξειδωτικής/ αντιριζικής ή και άλλων δράσεων τους, αλλά και εφαρμογής τους πλέον στα τρόφιμα, ως πρόσθετα εμπλουτισμού ή/ και αύξησης του χρόνου ζωής των τροφίμων.

Υπάρχουν ήδη κάποιες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση των συστατικών αυτών. Παρόλα αυτά όμως θα πρέπει να αναπτυχθούν και άλλες, με σκοπό την πλήρη αξιοποίηση των υποπροϊόντων που προκύπτουν κατά την επεξεργασία των φρούτων και των λαχανικών. Επιπλέον, οι ερευνητές θα πρέπει να επικεντρωθούν στην εύρεση, φιλικών για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, διαλυτών για την εξαγωγή ουσιών από υποπροϊόντα. Ο σκοπός της ανάκτησης των ουσιών αυτών είναι να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία τροφίμων αλλά και σε άλλους τομείς. Για παράδειγμα η εκχυλισμένη ανθοκυανίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συντηρητικό για κρέας και φρούτα, καθώς και να γίνει φυσική χρωστική.

Με αυτόν τον τρόπο, θα μειωθεί η περιβαλλοντική μόλυνση, ενώ θα προωθηθεί η καινοτομία, όπου θα προσφέρει επιχειρηματικές ευκαιρίες και θα αποφέρει έσοδα από δαπανηρά απόβλητα, άξονες που εμπεριέχονται στην έννοια της κυκλικής οικονομίας. Περαιτέρω έρευνα αξίζει να εστιάσει σε εναλλακτικούς τρόπους εφαρμογής και εμπλουτισμού διαφόρων κατηγοριών τροφίμων με αυτά τα βιοδραστικά συστατικά, προκειμένου να φανούν τα πολλαπλά πλεονεκτήματα αξιοποίησης των παραπροϊόντων που μελετήθηκαν στην εργασία αυτή.

## Βιβλιογραφία

- A. M. 963.15, "Association of Official Analytical Chemists, USA.," 1990
- Abbas, K.A.; Mohamed, A.; Abdulmir, A.S.; Abas, H.A. A review on supercritical fluid extraction as new analytical method. *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 2008, 4, 345–353.
- Abouzar Karimi , Milad Kazemi , Sara Amiri Samani , Jesus Simal-Gandara . (2021). Bioactive compounds from by-products of eggplant: Functional properties, potential applications and advances in valorization methods. *Trends in Food Science & Technology* 112 (2021) 518–531.
- Abubakar, A.N.F., Achmadi, S.S., Suparto, I.H., (2017). Triterpenoid of avocado (*Persea americana*) seed and its cytotoxic activity toward breast MCF-7 and liver HepG2 cancer cells. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 7, 397–400.
- Adachukwu, I., Ogbonna, A., Faith, E., 2013. Phytochemical analysis of paw-paw (*Carica papaya*) leaves. *Int. J. Life Sci. Biotechnol. Pharma Res.* 2, 347–351.
- Addai, Z.R., Abdullah, A., Mutalib, S.A., Musa, K.H., Douqan, E.M.A., 2013. Antioxidant activity and physicochemical properties of mature papaya fruit (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). *Adv. J. Food Sci. Technol.* 5, 859–865.
- Aguayo, E., Escalona, V. H., & Artés, F. A. (2004). Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon. *Journal of Food Science*, 69(4), 148–155.
- Agudelo, E. L. C., Restrepo Molina, D. A., & Valenzuela, J. R. C. (2015). Chemical, physicochemical and functional characteristics of dietary fiber obtained from Asparagus byproducts (*Asparagus officinalis* L.). *Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín*,68(1), 7533–7544.
- Al- Wandawi H, Abdul-Rahman M, Al-Shaikhly KJ (1985) Tomato processing wastes as essential raw material sources. *J Agr Food Chem* 33:804–807
- Ali Zein Alabiden Tlais , Giuseppina Maria Fiorino , Andrea Polo , Pasquale Filannino and Raffaella Di Cagno. (2020). High-Value Compounds in Fruit, Vegetable and Cereal Byproducts: An Overview of Potential Sustainable Reuse and Exploitation. *Molecules*.
- Almeida, M.M.B.; de Sousa, P.H.M.; Arriaga, Â.M.C.; do Prado, G.M.; de Carvalho Magalhães, C.E.; Maia, G.A.; de Lemos, T.L.G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Res. Int.* 2011, 44, 2155–2159.
- Al-Sayed, H. M. A., & Ahmed, A. R. (2013). Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(1), 83–95.
- Alvarez, L.D., Moreno, A.O., Ochoa, F.G., (2012). Avocado, in: tropical and subtropical fruits: postharvest physiology. *Process. Packag.* 437–454
- Araujo GS, Matos LJBL, Fernandes JO, Cartaxo SJM, Goncalves LRB, Fernandes FAN, Farias WRL (2013) Extraction of lipids from microalgae by ultrasound application: Prospection of the optimal extraction method. *Ultrason Sonochem* 20:95–98
- Ariza, M. T., Reboredo-Rodríguez, P., Mazzoni, L., Forbes- Hernández, T. Y., Giampieri, F., Afrin, S., Gasparrini, M., Soria, C., Martínez-Ferri, E., Battino, M., Mezzetti, B. (2016). Strawberry

achenes are an important source of bioactive compounds for human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(7): 1–14.

- Arjeh, E., Akhavan, H.-R., Barzegar, M., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2020). Bio-active compounds and functional properties of pistachio hull: A review, 2020/03/01/ *Trends in Food Science & Technology*, 97, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.031>.
- Arruda Carvalho Guedes, J., de Godoy Alves Filho, E., Soares Rodrigues, T. H., Souza Silva, M. F., Vidigal Duarte Souza, F., Alexandre e Silva, L. M., ... Julião Zocolo, G. (2018). Metabolic profile and cytotoxicity of non-polar extracts of pineapple leaves and chemometric analysis of different pineapple cultivars. *Industrial Crops and Products*, 124(May), 466–474. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.08.026.
- Arshad, Z. I. M., Amid, A., Yusof, F., Jaswir, I., Ahmad, K., & Loke, S. P. (2014). Bromelain: An overview of industrial application and purification strategies. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(17), 7283–7297.
- Asghar, M. N., Shahzad, M. T., Nadeem, I., & Ashraf, C. M. (2013). Phytochemical and in vitro total antioxidant capacity analyses of peel extracts of different cultivars of *Cucumis melo* and *Citrullus lanatus*. *Pharmaceutical Biology*, 51(2), 226–232.
- Asghar, N., Naqvi, S.A.R., Hussain, Z., Rasool, N., Khan, Z.A., Shahzad, S.A., Sherazi, T. A., Janjua, M.R.S.A., Nagra, S.A., Zia-Ul-Haq, M., Jaafar, H.Z., 2016. Compositional difference in antioxidant and antibacterial activity of all parts of the *Carica papaya* using different solvents. *Chem. Cent. J.* 10, 1 11.
- Ashutosh Sharma , Archana Bachheti , Priyanka Sharma , Rakesh Kumar Bachheti , Azamal Husen (2020). Phytochemistry, pharmacological activities, nanoparticle fabrication, commercial products and waste utilization of *Carica papaya* L.: A comprehensive review. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2020.11.001>
- Ayala-Zavala JF, Rosas-Domínguez C, Vega-Vega V, González-Aguilar GA.2010. Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own byproducts: looking for integral exploitation. *J FoodSci* 75:175–81.
- B. De Ancos, C. Colina-Coca, D. González-Peña, and C. Sánchez-Moreno. (2015). Bioactive compounds from vegetable and fruit by-products. Department of Characterization, Quality and Safety, Institute of Food Science, Technology and Nutrition (ICTAN), Spanish National Research Council (CSIC), Madrid, Spain.
- B. P. British Standard, 8 pp., 1991
- Banerjee, S., Patti, A. F., Ranganathan, V., & Arora, A. (2019). Hemicellulose based biorefinery from pineapple peel waste: Xylan extraction and its conversion into xylooligosaccharides. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 38–50.
- Banerjee, S., Ranganathan, V., Patti, A., & Arora, A. (2018). Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications. *Trends in Food Science and Technology*, 82, 60–70.
- Baranowska-Wójcik, E., & Szwajgier, D. (2019). Characteristics and pro-health properties of mini kiwi (*Actinidia arguta*). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 60, 217–225.

- Barilla Center For Food & Nutrition. (2012). Food Waste: causes, impacts and proposals. Retrieved from <https://www.barillacfn.com/m/publications/food-waste-causesimpact-proposals.pdf>.
- Barrett A., «Bioplastics news,» 15 April 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://bioplasticsnews.com/2019/04/15/asu-researcher-uses-algae-to-makebiodegradable-plastic/>. [Πρόσβαση 24 June 2020]
- Barros, L., Pereira, E., Calhelha, R. C., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2013). Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Functional Foods*, 5, 1732–1740.
- Baysal T, Ersus S, Starmans JDA (2000) Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of β-carotene and lycopene from tomato paste waste. *J Agr Food Chem* 48:5507–5511
- Bhattacharjee, P., & Singhal, R. S. (2011). Asparagus, broccoli, and cauliflower: Production, quality, and processing. Blackwell Publishing Ltd.
- Bittencourt Sydney, A. C. Novak, J. C. de Carvalho και C. R. Soccol, «Respirometric balance and carbon fixation of industrially important algae,» *Biofuels from Algae*, pp. 67-84, 2014
- Boskou G, Salta FN, Chrysostomou S, Mylona A, Chiou A, Andrikopoulos NK (2006) Antioxidant capacity and phenolic profile of table olives from the Greek market. *Food Chem* 94(4):558–564.
- Buzby JC, Hyman J, Stewart H, Wells HF. 2011. The value of retail- and consumer-level fruit and vegetable losses in the United States. *J Cons Affairs Fall* 45:492–515.
- Calvo, M.M.; Dado, D.; Santa-Maria, G. Influence of extraction with ethanol or ethyl acetate on the yield of lycopene, β-carotene, phytoene and phytofluene from tomato peel powder. *Eur. Food-Res. Technol.* 2007, 224, 567–571.
- Campos, D. A., Gómez-García, R., Vilas-Boas, A. A., Madureira, A. R., & Pintado, M. M. (2020). Management of fruit industrial by-products—A case study on circular economy approach. *Molecules*, 25(2), 320.
- Campos, D. A., Ribeiro, T. B., Teixeira, J. A., Pastrana, L., & Manuela, M. P. (2020). Integral valorization of pineapple (*Ananas comosus* L.) by-products through a green chemistry approach towards added value ingredients. *Foods*, 1–21.
- Campos, D.A.; Madureira, A.R.; Sarmento, B.; Gomes, A.M.; Pintado, M.M. Stability of bioactive solid lipid nanoparticles loaded with herbal extracts when exposed to simulated gastrointestinal tract conditions. *Food Res. Int.* 2015, 78, 131–140.
- Canini, A., Alesiani, D., D’Arcangelo, G., Tagliatesta, P., 2007. Gas chromatography-mass spectrometry analysis of phenolic compounds from *Carica papaya* L. leaf. *J. Food Compos. Anal.* 20, 584–590.
- Capson-Tojo, G., Rouez, M., Crest, M., Steyer, J.-P. P., Delgenès, J.-P. P., & Escudie, R. (2016). Food waste valorization via anaerobic processes: A review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 15(3), 499–547. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9405-y>.
- Cardoso SM, Coimbra MA, Lopez da Silva JA (2003) Calcium-mediated gelation of an olive pomace extract. *Carbohydr Polym* 52(2):125–133.

- Casettari, L.; Gennari, L.; Angelino, D.; Ninfali, P.; Castagnino, E. ORAC of chitosan and its derivatives. *Food Hydrocoll.* 2012, 28, 243–247.
- Champenois J., H. Marfaing και R. Pierre, «Review of the taxonomic revision of *Chlorella* and consequences for its food uses in Europe,» *Journal of Applied Physiology*, Οκτώβριος 2014
- Chandrika, U.G., Jansz, E.R., Wickramasinghe, S.M.D.N., Warnasuriya, N.D., 2003. Carotenoids in yellow- and red-fleshed papaya (*Carica papaya* L). *J. Sci. Food Agric.* 83, 1279–1282. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1533>.
- Chaurasiya, R. S., & Umesh Hebbar, H. (2013). Extraction of bromelain from pineapple core and purification by RME and precipitation methods. *Separation and Purification Technology*, 111, 90–97.
- Chemat F, Li Y, Tomao V, Ginies C, Cravotto G (2014) Optimization of procedures for in-line extraction of lipids and polyphenols from grape seeds. *Food Anal Meth* 7:459–464
- Chen J, Shi J, Xue SJ, Ma Y (2009) Comparison of lycopene stability in water and oil based food model systems under thermal- and light-irradiation treatments. *Lwt-Food Sci Technol* 42:740–747
- Cho, Y.-J., Hong, J.-Y., Chun, H. S., Lee, S. K., & Min, H.-Y. (2006). Ultrasonication-assisted extraction of resveratrol from grapes. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 725–730.
- Chukwuka, K.S., Iwuagwu, M., Uka, U.N., 2013. Evaluation of nutritional components of *Carica papaya* L. at different stages of ripening. *IOSR J. Pharm. Biol. Sci.* 6, 13–16.
- Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., & Tauscher, B. (2008). Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(1), 85–91.
- Cowan, A.K., Wolstenholme, B.N., (2016). Avocado. In: Caballero, B., Finglas, P.M., Toldrá, F. (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press, Oxford, pp. 294–300.
- Cuco, R. P., Cardozo-Filho, L., & da Silva, C. (2019a). Simultaneous extraction of seed oil and active compounds from peel of pumpkin (*Cucurbita maxima*) using pressurized carbon dioxide as solvent. *The Journal of Supercritical Fluids*, 143, 8–15.
- da Silva, L.M.R.; de Figueiredo, E.A.T.; Ricardo, N.M.P.S.; Vieira, I.G.P.; de Figueiredo, R.W.; Brasil, I.M.; Gomes, C.L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chem.* 2014, 143, 398–404
- De Escalada Pla, M. F., Ponce, N. M., Stortz, C. A., Gerschenson, L. N., & Rojas, A. M. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *LWT - Food Science and Technology*, 40(7), 1176–1185.
- De Matuoka, E., Chiocchetti, G., De Nadai Fernandes, E.A., Bacchi, M.A., Pazim, R.A., Sarriés, S.R.V., Tomé, T.M., 2013. Mineral composition of fruit by-products evaluated by neutron activation analysis. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 297, 399–404.
- Deng, J., Liu, Q., Zhang, C., Cao, W., Fan, D., & Yang, H. (2016). Extraction optimization of polyphenols from waste kiwi fruit seeds (*Actinidia chinensis* Planch) and evaluation of its antioxidant and anti-inflammatory properties. *Molecules*, 21(7), 832.



- Dias, M., Caleja, C., Pereira, C., Calhelha, R. C., Kostic, M., Sokovic, M., Tavares, D., Baraldi, I. J., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Chemical composition and bioactive properties of byproducts from two different kiwi varieties. *Food Research International*, 127, 108753
- Djilas, S., J. Canadanovic-Brunet and G. Cetokovic. (2009). By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 15(4):191–202.
- Dulf F.V., Vodnar D.C., Socaciu C. (2016) Effects of solid-state fermentation with two filamentous fungi on the total phenolic contents, flavonoids, antioxidant activities and lipid fractions of plum fruit (*Prunus domestica* L.) by-products. *Food Chem.* 209, 27–36.
- Durante, M.; Lenucci, M.S.; Rescio, L.; Mita, G.; Caretto, S. Durum wheat by products as natural sources of valuable nutrients. *Phytochem. Rev.* 2012, 11, 255–262.
- Elbadrawy, E., & Sello, A. (2016). Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S1010–S1018.
- Fan, R., Yuan, F., Wang, N., Gao, Y., & Huang, Y. (2015). Extraction and analysis of antioxidant compounds from the residues of *Asparagus officinalis* L. *Journal of Food Science & Technology*, 52(5), 2690–2700.
- Fantin G, Fogagnolo M, Medici A, Perrone D (2007) Isolation of lycopene from crude tomato extract via selective inclusion in deoxycholic acid. *Tetrahedron Lett* 48:9148–9150
- Femenia, A., J.A. Robertson, K.W. Waldron and R.R. Sevendran. 1998. Cauliflower (*Brassica oleracea* L), globe artichoke (*Cyanara scolymus*) and chicory witloof (*Cichorium intybus*) processing by-products as sources of dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.* 77(4):511–518.
- Figueroa, J.G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A.,(2018). Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Res. Int.* 105, 752–763.
- Fikselova, M.; Silhar, S.; Marecek, J.; Francakova, H. Extraction of carrot (*Daucus carota* L.) carotenes under different conditions. *Czech J. Food Sci.* 2008, 26, 268–274.
- Fish, W. W., Perkins-Veazie, P., & Collins, J. K. (2002). A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 309–317.
- Fleshman, M. K., Lester, G. E., Riedl, K. M., Kopec, R. E., Narayanasamy, S., Curley, R. W., Harrison, E. H. (2011). Carotene and novel apocarotenoid concentrations in orange-fleshed cucumis melo melons: Determinations of  $\beta$ -carotene bioaccessibility and bioavailability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4448–4454. <https://doi.org/10.1021/jf200416a>.
- Formica-Oliveira, A.C. Martínez-Hernández, G.B. Díaz-López, V. Artés, F. Artés-Hernández, F.(2017). Use of postharvest UV-B and UV-C radiation treatments to revalorize broccoli byproducts and edible florets. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 43, 77–83.
- Freitas, A., Moldão-Martins, M., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Valente, A., & Sanches-Silva, A. (2015). Effect of UV-C radiation on bioactive compounds of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) by-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 44–52.

- Fuentes Alventosa, J. M., & Rojas, J. M. M. (2015). Bioactive compounds in asparagus and impact of storage and processing. Processing and impact on active components in food. In J. M. Fuentes-Alventosa, & J. M. M. Rojas (Eds.). *Vegetables and root crops* (pp.103–110). Elsevier Inc.
- Fuentes-Alventosa, J. M., Jaramillo-Carmona, S., Rodríguez-Gutiérrez, G., Rodríguez-Arcos, R., Fernández-Bolaños, J., Guillén-Bejarano, R., et al. (2009). Effect of the extraction method on phytochemical composition and antioxidant activity of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*, 116(2),484–490.
- Fuleki, T., and F. J. Francis. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. Purification of cranberry anthocyanins. *Journal of Food Science* 33 (1):72–7. doi: 10.1111/j.1365-2621.1968.tb00887.x.
- Fundo, J. F., Miller, F. A., Garcia, E., Santos, J. R., Silva, C. L. M., & Brandão, T. R. S. (2018). Physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity in juice, pulp, peel and seeds of Cantaloupe melon. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 292–300. doi: 10.1007/s11694-017-9640-0.
- Galanakis CM, Tornberg E, Gekas V (2010) Clarification of high-added value products from olive mill wastewater. *J Food Eng* 99:190–197.
- Galanakis, C. M., Markouli, E., & Gekas, V. (2013). Fractionation and recovery of different phenolic classes from winery sludge via membrane filtration. *Separation and Purification Technology*, 107, 245-251.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1): 9–19.
- Giovanelli, G., & Paradiso, A. (2002). Stability of dried and intermediate moisture tomato pulp during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7277–7281.
- Giuffrè, A. M., & Capocasale, M. (2016a). Physicochemical composition of tomato seed oil for an edible use: The effect of cultivar. *International Food Research Journal*, 23,583–591.
- Gonzales, G. B.; Raes, K.; Coelus, S.; Struijs, K.; Smagghe, G.; Van Camp, J. High performance liquid chromatography-electrospray ionization quadrupole time-of-flight-ion mobility high definition mass spectrometry for the rapid identification and structural characterization of flavonoid glycosides from cauliflower waste. *J. Chromatogr., A* 2014, 1323, 39–48.
- González-Montelongo Rafaela, M. Gloria Lobo, Mónica González. (2009). Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. doi:10.1016/j.foodchem.2009.08.012
- Gopalakrishnan, N. Studies on the storage quality of CO<sub>2</sub>-extracted cardamom and clove bud oils. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 796–798.
- Guo, J., Miao, Z., Wan, J., & Guo, X. (2018). Pineapple peel bromelain extraction using gemini surfactant-based reverse micelle – Role of spacer of gemini surfactant. *Separation and Purification Technology*, 190, 156–164.
- Gupta, K. Fermentative utilization of waste from food processing industry. In *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: Handling Processing Fermentation and Waste Management*;

Verma, L.R., Joshi, V.K., Eds.; Indus publishing Company: New Delhi, India, 2000; Volume 2, pp. 1171–1193.

- Gürbüz, N., Uluisik, S., Frary, A., Frary, A., & Doğanlar, S. (2018). Health benefits and bioactive compounds of eggplant, 2018/12/01/ Food Chemistry, 268, 602–610.
- H.-W. Yen, S.-C. Yang, C.-H. Chen and J.-S. Chang, «Supercritical fluid extraction of valuable compounds from microalgal biomass,» Bioresource Technology, pp. 291- 296, 14 October 2014.
- Hannon M., J. Gimpel, M. Tran, B. Rasala and S. Mayfield, «Biofuels from algae: challenges and potential,» Biofuels, pp. 763-784, 8 August 2011
- Hernández-Santos, B., Rodríguez-Miranda, J., Herman-Lara, E., Torruco-Uco, J. G., Carmona-García, R., Juárez-Barrientos, J. M., ... Martínez-Sánchez, C. E. (2016). Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil (Cucurbita pepo). Ultrasonics Sonochemistry, 31, 429–436.
- Hohl, U., B. Neuber, H. Pfort and B. Schonhof, (2001). Flavonoid concentration in the inner leaves of head lettuce genotypes. Eur. Food Res. Technol. 213(1):205–211.
- Horzic D, Belscak-Cvitanovic A, Komes D, Lelas V (2012) Comparison of conventional and ultrasound assisted extraction techniques of yellow tea and bioactive composition of obtained extracts. Food Bioprocess Tech 5:2858 2870
- Huang, Y. L., Chow, C. J., & Fang, Y. J. (2011). Preparation and physicochemical properties of fiber-rich fraction from pineapple peels as a potential ingredient. Journal of Food and Drug Analysis, 19(3), 318–323.
- Hulshof, P.J.M.; Xu, C.; van de Bovenkamp, P. Application of a validated method for the determination of pro-Vitamin A carotenoids in Indonesian foods of different maturity and origin. *J. Agric. Food Chem.* 1997, 45, 1174–1179.
- I. O. f. S. ISO 659-1988 (E), 1988
- Idrovo Encalada, A.M. Pérez, C.D. Flores, S.K. Rossetti, L. Fissore, E.N. Rojas, A.M. (2019). Antioxidant pectin enriched fractions obtained from discarded carrots (*Daucus carota* L.) by ultrasound-enzyme assisted extraction. *Food Chem.* 289, 453–460.
- Ismail, B. B., Pu, Y., Fan, L., Dandago, M. A., Guo, M., & Liu, D. (2019). Characterizing the phenolic constituents of baobab (*Adansonia digitata*) fruit shell by LC-MS/QTOF and their in vitro biological activities. *Science of The Total Environment*, 694, 133387. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.193>.
- Jaime L, Mollá E, Fernández A, Martín-Cabrejas MA, López-Andréu FJ, Esteban RM. (2002). Structural carbohydrate differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues. *J Agric Food Chem* 50:122–8.
- Jerman T, Trebše P, Mozetič Vodopivec B (2010) Ultrasound-assisted solid liquid extraction (USLE) of olive fruit (*Olea europaea*) phenolic compounds. *Food Chem* 123:175–182
- Jeya Krithika S , Sathiyasree B , Beniz Theodore E , Ramarajan Chithiraikann & Gurushankar K (2020). Optimization of extraction parameters and stabilization of anthocyanin from onion peel. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1856772>

- Jiménez A, Rodríguez R, Fernández-Caro I, Guillén R, Fernández-Bolaños J, Heredia A (2000) Dietary fibre content of table olives processed under different European styles: of physico-chemical characteristics. *J Sci Food Agric* 80(13):1903–1908.
- Jimenez-Lopez, C., Fraga-Corral, M., Carpena, M., García-Oliveira, P., Echave, J., Pereira, A. G., Lourenço-Lopes, C., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Agriculture waste valorisation as a source of antioxidant phenolic compounds within a circular and sustainable bioeconomy [Review]. *Food and Function*, 11(6), 4853–4877. <https://doi.org/10.1039/d0fo00937g>
- Jong Won, L., Jeong Hyun, L., In Ho, Y., Shela, G., Jong Hyang, B., & Yang Gyu, K. (2014). Bioactive compounds, antioxidant and binding activities and spear yield of *Asparagus officinalis* L. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 175–181.
- K. Vilku, R. Mawson, L. Simons, and D. Bates, "Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry — A review," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 9, pp. 161-169, 4// 2008
- Karakaya S, Yilmaz N (2007) Lycopene content and antioxidant activity of fresh and processed tomatoes and in vitro bioavailability of lycopene. *J Agr Food Chem* 87:2342–2347
- Kaur D, Wani AA, Oberoi DPS, Sogi DS (2008) Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food Chem* 108:711–718
- Kazemi, M., Khodaiyan, F., & Hosseini, S. S. (2019a). Eggplant peel as a high potential source of high methylated pectin: Ultrasonic extraction optimization and characterization, 2019/05/01/ *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 105, 182–189.
- Kazemi, M., Khodaiyan, F., & Hosseini, S. S. (2019b). Utilization of food processing wastes of eggplant as a high potential pectin source and characterization of extracted pectin, 2019/10/01/ *Food Chemistry*, 294, 339–346.
- Ketnawa, S., Chaiwut, P., & Rawdkuen, S. (2012). Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 385–391.
- Khan S., R. Siddique, W. Sajjad, G. Nabi, K. M. Hayat, P. Duan και L. Yao, «Biodiesel Production from Algae to Overcome the Energy Crisis,» *HAYATI Journal of Biosciences*, pp. 163-167, October 2017
- Khan, M. K., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.-S., Dangles, O., & Chemat, F. (2010). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. *Food Chemistry*, 119(2), 851-858.
- Kim, M. Y., Kim, E. J., Kim, Y. N., Choi, C., & Lee, B. H. (2012). Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (*Cucurbitaceae*) species and parts. *Nutrition Research and Practice*, 6(1), 21–27.
- Kim, S. J., Matsushita, Y., Fukushima, K., Aoki, D., Yagami, S., Yuk, H. G., & Lee, S. C. (2014). Antioxidant activity of a hydrothermal extract from watermelons. *LWT – Food Science and Technology*, 59(1), 361–368.

- Kitryte, V.; Kraujalienė, V.; Šulniūtė, V.; Pukalskas, A.; Venskutonis, P.R. Chokeberry pomace valorization into food ingredients by enzyme-assisted extraction: Process optimization and product characterization. *Food Bioprod. Process.* 2017, 105, 36–50.
- Kosińska, A., Karamac, M., Estrella, I., Hernandez, T., Bartolomé, B., Dykes, G.A., (2012). Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of *Persea americana* Mill. Peels and seeds of two varieties. *J. Agric. Food Chem.* 60, 4613–4619.
- Krienitz L., V. Huss and C. Bock, «Chlorella: 125 years of the green survivalist,» *Trends on Plant Science*, pp. 67-69, 2015
- Kshitiz Kumar, Shivmurti Srivastav, Vijay Singh Sharanagat, (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics – Sonochemistry*.
- Kumm M, de Moel H, Porkka M, Siebert S, Varis O, Ward PJ. 2012. Lost food, wasted resources: global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Sci Total Environ* 438:477–89.
- Kushwaha, S.C.; Bera, M.B.; Kumar, P. Nutritional composition of detannated and fresh pomegranate peel powder. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol.* 2013, 7, 38–42. [CrossRef]
- Larossa M., R. Llorach, J.C. Espín and F.A. Tomás-Barberán. 2002. Increase of antioxidant activity of tomato juice upon functionalisation with vegetable byproduct extracts. *LWT-FoodSci.Technol.* 35(6):532–542.
- Lasta, H.F.B. Lentz, L. Mezzomo, N. Ferreira, S.R.S.(2019). Supercritical CO<sub>2</sub> to recover extracts enriched in antioxidant compounds from beetroot aerial parts. *Biocat. Agric. Biotechnol.* 19, 101169.
- Lenucci, M.S.; Caccioppola, A.; Durante, M.; Serrone, L.; Rescio, L.; Piro, G.; Dalessandro, G. Optimisation of biological and physical parameters for lycopene supercritical CO<sub>2</sub> extraction from ordinary and high-pigment tomato cultivars. *J. Sci. Food Agric.* 2010, 90, 1709–1718.
- Li D., & Zhu, F. (2019). Physicochemical, functional and nutritional properties of kiwifruit flour. *Food Hydrocolloids*, 92, 250–258.
- Li X. J., Li, Z. G., Wang, X., Han, J. Y., Zhang, B., Fu, Y. J., & Zhao, C. J. (2016). Application of cavitation system to accelerate aqueous enzymatic extraction of seed oil from *Cucurbita pepo* L. and evaluation of hypoglycemic effect. *Food Chemistry*, 212,403–410.
- Li Z., Yao, L., Yang, Y., & Li, A. (2006). Transgenic approach to improve quality traits of melon fruit. *Scientia Horticulturae*, 108(3), 268–277.
- Liu J., Z. Sun and F. Chen, «Heterotrophic Production of Algal Oils,» *Biofuels from Algae*, pp. 111-142, 2014.
- Londono-Londono, J., Lima, V. R., Lara, O., Gil, A., Pasa, T. B. C., Arango, G. J., & Pineda, J. R. R. (2010). Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method. *Food Chemistry*, 119(1), 81–87.
- Lopez-Sobaler, A. M., Aparicio Vizuete, A., & Ortega Anta, R. M. (2016). Nutritional and health benefits associated with kiwifruit consumption. *Nutricion Hospitalaria*, 33, 21–25.

- Louli V., G. Folas, E. Voutsas και K. Magoulas, «Extraction of parsley seed oil by supercritical CO<sub>2</sub>,» *The Journal of Supercritical Fluids*, pp. 163-174, 2004
- Luzi, F., Fortunati, E., Giovanale, G., Mazzaglia, A., Torre, L., & Balestra, F. M. (2017). Cellulose nanocrystals from *Actinidia deliciosa* pruning residues combined with carvacrol in PVA-CH films with antioxidant/antimicrobial properties for packaging application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104(A), 43–55.
- Maietti, A., Tedeschi, P., Stagno, C., Bordiga, M., Travaglia, F., Locatelli, M., ... Brandolini, V. (2012). Analytical traceability of melon (*Cucumis Melo Var Reticulatus*): Proximate composition, bioactive compounds, and antioxidant capacity in relation to cultivar, plant physiology state, and seasonal variability. *Journal of Food Science*, 77(6), C646–C652.
- Maisarah, A.M., Nurul Amira, B., Asmah, R., Fauziah, O., 2013. Antioxidant analysis of different parts of *Carica papaya*. *Int. Food Res. J.* 20, 1043–1048.
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., & Kechaou, N. (2017). Characterization, phenolic compounds and functional properties of *Cucumis melo* L. peels. *Food Chemistry*, 221, 1691–1697. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.117>.
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., & Kechaou, N. (2018). Chemical composition and bioactive compounds of *Cucumis melo* L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. *Process Safety and Environmental Protection*, 113, 68–77.
- Marsili, R.; Callahan, D. Comparison of a liquid solvent extraction technique and supercritical fluid extraction for the determination of alpha- and beta-carotene in vegetables. *J. Chromatogr. Sci.* 1993, 31, 422–428.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135(3), 1520–1526.
- Mason TJ, Lorimer JP (2002) *Applied Sonochemistry*. Wiley-VCH, Weinheim
- Mauro, R. P., Agnello, M., Rizzo, V., Graziani, G., Fogliano, V., Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2020). Recovery of eggplant field waste as a source of phytochemicals, 2020/02/05/ *Scientia Horticulturae*, 261, 109023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109023>.
- Mechmeche, M., Kachouri, F., Chouabi, M., Ksontini, H., Setti, K., & Hamdi, M. (2017). Optimization of extraction parameters of protein isolate from tomato seed using response surface methodology. *Food Analytical Methods*, 10, 809–819.
- Melgar, B., Dias, M.I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E.M., Rodriguez-Lopez, A.D., Barros, L., Ferreira, I.C.R.F., (2018). Bioactive characterization of *Persea Americana* Mill. by-products: a rich source of inherent antioxidants. *Ind. Crops Prod.* 111, 212–218.
- Misran, A., Padmanabhan, P., Sullivan, J. A., Khanizadeh, S., & Paliyath, G. (2015). Composition of phenolics and volatiles in strawberry cultivars and influence of preharvest hexanal treatment on their profiles. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(1): 115–126.
- Morais, D. R., Rotta, E. M., Sargi, S. C., Bonafe, E. G., Suzuki, R. M., Souza, N. E., ... Visentainer, J. V. (2017). Proximate composition, mineral contents and fatty acid composition of the

different parts and dried peels of tropical fruits cultivated in Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(2), 308–318.

- Narashans Alok Sagar, Sunil Pareek, Sunil Sharma, Elhadi M. Yahia , Maria Gloria Lobo (2017) Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization CRF3-2017-0149
- Nindo, C. I., Sun, T., Wang, S. W., Tang, J., & Powers, J. R. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 36(1), 507–516.
- Nino-Medina, G., Urías-Orona, V., Muy-Rangel, M. D., & Heredia, J. B. (2017). Structure and content of phenolics in eggplant (*Solanum melongena*) - a review, 2017/07/01/ *South African Journal of Botany*, 111, 161–169.
- Nobre BP, Palavra AF, Pessoa FLP, Mendes RL (2009) Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of trans lycopene from Portuguese tomato industrial waste. *Food Chem* 116:680–6
- Norbert Raak , Claudia Symmank , Susann Zahn , Jessica Aschemann-Witzel , Harald Rohm,.(2016). Processing- and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain. *Waste Management* (2016).
- Norfezah, M. N., Hardacre, A., & Brennan, C. S. (2011). Comparison of waste pumpkin material and its potential use in extruded snack foods. *Food Science and Technology International*, 17(4), 367–373.
- Nwofia, E.; Ojmelukwe, P.; Eji, C. Chemical composition of leaves, fruit pulp and seeds in some *Carica papaya* (L) morphotypes. *Int. J. Med. Aromat. Plants* 2012, 2, 200–206.
- Nyam, K. L., Lau, M., & Tan, C. P. (2013). Fibre from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds and rinds: Physico-chemical properties, antioxidant capacity and application as bakery product ingredients. Retrieved from *Malaysian Journal of Nutrition*, 19(1), 99–109.
- Nyam, K. L., Tan, C. P., Lai, O. M., Long, K., & Che Man, Y. B. (2009). Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. *LWT - Food Science and Technology*, 42(8), 1396–1403.
- Obied HK, Allen MS, Bedgood DR, Prenzler PD, Robards K (2005) Investigation of Australian olive mill waste for recovery of biophenols. *J Agric Food Chem* 53(26):9911–9920.
- Ogutu, F.O. Mu, T.H. Ultrasonic (2017) degradation of sweet potato pectin and its antioxidant activity. *Ultrason. Sonochem.* 38, 726–734.
- Oliveira, A., Coelho, M., Alexandre, E. M. C., Gomes, M. H., Almeida, D. P. F., & Pintado, M. (2015). Effect of modified atmosphere on phytochemical profile of pasteurized peach purées. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 520–527.
- Oliveira, A., Pintado, M., & Almeida, D. P. F. (2012). Phytochemical composition and antioxidant activity of peach as affected by pasteurization and storage duration. *LWT - Food Science and Technology*, 49(2), 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.008>.
- Otto, C., Zahn, S., Rost, F., Zahn, P., Jaros, D., Rohm, H., (2011). Physical methods for cleaning and disinfection of surfaces. *Food Eng. Rev.* 3, 171–188.

- Pan, Z., Qu, W., Ma, H., Atungulu, G. G., & McHugh, T. H. (2011). Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(5), 1249–1257.
- Panouill'e M, Ralet MC, Bonnin E, Thibault JF. 2007. Recovery and reuse of trimmings and pulps from fruit and vegetable processing. In: Waldron KW, editor. *Handbook of waste management and co-product recovery in food processing*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. p 417–47.
- Papamichail I., V. Louli και K. Magoulas, «Supercritical fluid extraction of celery seed oil,» *The Journal of Supercritical Fluids*, pp. 213-226, 23 June 2000.
- Pathak, P.D., Mandavgane, S.A., Kulkarni, B.D., 2019. Waste to wealth: a case study of papaya peel. *Waste and Biomass Valori*. 10, 1755–1766.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., et al. (2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal of Nutrition*, 133(9),2812–2819.
- Perkins-Veazie P, Collins J (2004) Flesh quality and lycopene stability of fresh-cut watermelon. *Postharvest Bio Tech* 31:159–166
- Perkins-Veazie P, Collins JK, Pair SD, Roberts W (2001) Lycopene content differs among red fleshed watermelon cultivars. *J Sci Food Agric* 81:983–987
- Perkins-Veazie, P., Collins, J. K., Clevidence, B., & Wu, G. (2007). Watermelons and health. *Acta Horticulturae*, 731, 121–128.
- Porat, R.; Lichter, A.; Terry, L.A.; Harker, R.; Buzby, J. Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest Biol. Technol.* 2018, 139, 135–149. [CrossRef]
- Prakash Maran, J., & Priya, B. (2015). Supercritical fluid extraction of oil from muskmelon (*Cucumis melo*) seeds. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 47,71–78.
- Prior, R.L.; Wu, X.; Schaich, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.* 2005, 53, 4290–4302.
- Quintana, S. E., Marsiglia, R. M., Machacon, D., Torregroza, E., & García-Zapateiro, L. A. (2018). Chemical composition and physicochemical properties of squash (*Cucurbita moschata*) cultivated in bolivar department (Colombia). *Contemporary Engineering Sciences*, 11(21), 1003–1012.
- Raji, Z., Khodaiyan, F., Rezaei, K., Kiani, H., & Hosseini, S. S. (2017). Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 709–716.
- Ramli, A. N. M., Aznan, T. N. T., & Illias, R. M. (2017). Bromelain: From production to commercialisation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1386–1395.
- Reverchon, E.; Donsi, G.; Osseo, L.S. Modeling of supercritical fluid extraction from herbaceous matrices. *Ind. Eng. Chem. Res.* 1993, 32, 2721–2726.
- Reverchon, E.; Senatore, F. Supercritical carbon dioxide extraction of chamomile essential oil and its analysis by gas chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 154–158.



- Ricardo Gómez-García, Débora A. Campos, Ana Oliveira, Cristóbal N. Aguilar, Ana R. Madureira, Manuela Pintado. (2021). A chemical valorisation of melon peels towards functional food ingredients: Bioactives profile and antioxidant properties. <https://doi.org/10.1016/j.food-chem.2020.127579>
- Rimando, A. M., & Perkins-Veazie, P. M. (2005). Determination of citrulline in watermelon rind. *Journal of Chromatography A*, 1078(1–2), 196–200.
- Roda, A., & Lambri, M. (2019). Food uses of pineapple waste and by-products: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1009–1017.
- Rodríguez-Carpena, J., Morcuende, D., Kylli, P., Andrade, M.-J., Est, M., (2011). Avocado (*Persea americana* mill.) phenolics, in vitro antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *J. Agric. Food Chem.*59, 5625–5635.
- Rodríguez-Pérez, C., Quirantes-Piné, R., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2013). Comparative characterization of phenolic and other polar compounds in Spanish melon cultivars by using high-performance liquid chromatography coupled to electrospray ionization quadrupole-time of flight mass spectrometry. *Food Research International*, 54(2), 1519–1527.
- Rolim, P. M., de Oliveira Júnior, S. D., Mendes de Oliveira, A. C. S., dos Santos, E. S., & de Macedo, G. R. (2018). Nutritional value, cellulase activity and prebiotic effect of melon residues (*Cucumis melo* L. *reticulatus* group) as a fermentative substrate. *Journal of Food and Nutrition Research*, 57(4), 315–327.
- Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Parniakov, O., Galanakis, C. M., Lebovka, N., Grimi, N., & Vorobiev, E. (2014). High voltage electrical discharges, pulsed electric field, and ultrasound assisted extraction of protein and phenolic compounds from olive kernel. *Food and Bioprocess Technology*, 8(4), 885-894
- Rozzi, N.L.; Singh, R.K. Supercritical fluids and the food industry. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2002, 1, 33–44.
- Russo, M. Bonaccorsi, I. Inferrera, V. Dugo, P. Mondello, L. (2015) Underestimated sources of flavonoids, limonoids and dietary fiber: Availability in orange's by-products. *J. Funct. Foods* 12, 150–157.
- Russo, M. Bonaccorsi, I. Torre, G. Saro, M. Dugo, P. Mondello, L. (2014) Underestimated sources of flavonoids, limonoids and dietary fiber: Availability in lemon's by-products. *J. Funct. Foods* 9, 18–26.
- S. Hitchen και J. Dean, «Properties of Supercritical Fluids,» Applications of Supercritical Fluids in Industrial Analysis, pp. 1-11, 1993
- S. Mandal, V. Mandal και A. Das, «Classification of Extraction Methods,» σε Essentials of Botanical Extraction, Elsevier, 2015, pp. 83-136
- Saavedra, M. J., Aires, A., Dias, C., Almeida, J. A., De Vasconcelos, M. C. B. M., Santos, P., & Rosa, E. A. (2015). Evaluation of the potential of squash pumpkin by-products (seeds and shell) as sources of antioxidant and bioactive compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 1008–1015.

- Sabio E, Lozano M, de Espinosa VM, Mendes RL, Pereira AP, Palavra AF, Coelho JA (2003) Lycopene and beta-carotene extraction from tomato processing waste using supercritical CO<sub>2</sub>. *Ind Eng Chem Res* 42:6641–6646
- Sadler G, Davis J, Dezman D (1990) Rapid extraction of lycopene and b carotene from re-constituted tomato paste. *J Food Sci* 55:1460–1461
- Salama, Z. A., Aboul-Enein, A. M., Gaafar, A. A., Abou-Elella, F., Aly, H. F., Asker, M. S., & Ahmed, H. A. (2018). Active constituents of kiwi (*Actinidia deliciosa* Planch) peels and their biological activities as antioxidant, antimicrobial and anticancer. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 22(9), 52–59.
- Sana Ben-Othman, Ivi Jõudu and Rajeev Bhat. (2020). Bioactives from Agri-FoodWastes: Present Insights and Future Challenges. *Molecules*
- Sarabi, B., Hassandokht, M. R., Hassani, M. E., & Ramak, M. T. (2010). Evaluation of morphological characteristics of Iranian edible wild asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 41, 197–207.
- Schieber, A., F.C. Stinzinger and R. Carle. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds: recent developments. *Trends Food Sci. Technol.* 12(11):401–413
- Schroeder G., B. Łęska, J. Fabrowska και B. Messyasz, «Analysis of Green Algae Extracts,» σε *Marine Algae Extracts*, 2015, pp. 79-100
- Seher Kumcuoglu , Tuncay Yilmaz , Sebnem Tavman (2013). Ultrasound assisted extraction of lycopene from tomato processing wastes. *J Food Sci Technol.* DOI 10.1007/s13197-013-0926-x
- Sepúlveda, L., Romaní, A., Aguilar, C. N., & Teixeira, J. (2018). Valorization of pineapple waste for the extraction of bioactive compounds and glycosides using autohydrolysis *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 38–45.
- Sharma, A., Sharma, P., Singh Tuli, H., & Sharma, A. K. (2018). Phytochemical and Pharmacological Properties of Flavonols. In *eLS* (pp. 1–12). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Shehzad Hussain , Ivi Jõudu and Rajeev Bhat, (2020) Dietary Fiber from Underutilized Plant Resources—A Positive Approach for Valorization of Fruit and Vegetable Wastes.
- Shi, J.; Mittal, G.; Kim, E.; Xue, J. Solubility of carotenoids in supercritical CO<sub>2</sub>. *Food Rev. Int.* 2007, 23, 341–371.
- Shi, J.; Yi, C.; Ye, X.; Xue, S.; Jiang, Y.; Ma, Y.; Liu, D. Effects of supercritical CO<sub>2</sub> fluid parameters on chemical composition and yield of carotenoids extracted from pumpkin. *LWT-Food Sci. Technol.* 2010, 43, 39–44.
- Sivakumar V, Anna JL, Vijayeeswarri J, Swaminathan G (2009) Ultrasound assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather. *Ultrason Sonochem* 16:782–789
- Statistica (2019). Global leading asparagus producing countries in 2017 (in metric tons). 2019-03-25 <https://www.statista.com/statistics/279556/global-top-asparagus-producing-countries/> Retrieved from.

- Suárez M, Romero MP, Ramo T, Macià A, Motilva MJ (2009) Methods for preparing phenolic extracts from olive cake for potential application as food antioxidants. *J Agric Food Chem* 57:1463–1472.
- Talekar, S., Patti, A. F., Vijayraghavan, R., & Arora, A. (2018). An integrated green biorefinery approach towards simultaneous recovery of pectin and polyphenols coupled with bioethanol production from waste pomegranate peels, 2018/10/01/ *Bioresource Technology*, 266, 322–334. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.072>.
- Tarazona-Díaz, M. P., Viegas, J., Moldao-Martins, M., & Aguayo, E. (2011). Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 805–812.
- Tedesco, D. E. A., Conti, C., Lovarelli, D., Biazzi, E., & Bacenetti, J. (2019). Bioconversion of fruit and vegetable waste into earthworms as a new protein source: The environmental impact of earthworm meal production. *Science of The Total Environment*, 683, 690–698. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.226>.
- Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Riadh, I., Jebari, H., & Dalessandro, G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(3), 307–314.
- Tremocoldi, M.A., Rosalen, P.L., Franchin, M., Daiuto, R., Augusto, J., Massarioli, P., Denny, C., Paschoal, R., Melo, P.S., Alencar, S.M..De, (2018). Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLoS One* 13, 1–12.
- Tyagi, S., Nanher, A. H., Sahay, S., Kumar, V., & Bhamini, K. (2017). Kiwifruit: Health benefits and medicinal importance. *Rashtriya Krishi*, 10, 98–100.
- U. E. M. 3540, "US Government Printing Office, Washington, DC, USA.," 1995
- U. E. M. 8100, "US Government Printing Office, Washington, DC, USA.," 1986
- V. Sanz, L. López-Hortas, M.D. Torres, H. Domínguez. (2020). Trends in kiwifruit and by-products valorization. *Trends in Food Science & Technology*.
- Vazquez-Gonzalez Marcos, África Fernández-prior, Alejandra Bermúdez Oria, Elisa María Rodríguez-Juan, Ana G. Pérez-Rubio, Juan Fernández-Bolaños Guzmán, Guillermo Rodríguez-Gutiérrez. (2020). Utilization of strawberry and raspberry waste for the extraction of bioactive compounds by deep eutectic solvents. *LWT - Food Science and Technology*.
- Venkat K. 2011. The climate change and economic impacts of food waste in the United States. *Intl J Food Sys Dyn* 2:431–46.
- Vierhuis E, Korver M, Schols HA, Voragen AGJ (2003) Structural characteristics of pectic polysaccharides from olive fruit (*Olea europaea* cv moraiolo) in relation to processing for oil extraction. *Carbohydr Polym* 51(2):135–148.
- Vilarino MV, Franco C, Quarrington C. 2017. Food loss and waste reduction as an integral part of a circular economy. *Front Environ Sci* 5:1–5.

- Vulic , J.J. Cebovic´ , T.N. Canadanovic´-Brunet, J.M. Cetkovic´ , G.S. C´ anadanovic´ , V.M. Djilas, S.M. Tumbas Šaponjac, V.T. (2014).In vivo and in vitro antioxidant effects of beetroot pomace extracts. *J. Funct. Foods* 6,168–175.
- Wang J, Sun B, Cao Y, Tian Y, Li X (2008) Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. *Food Chem* 106:804–810
- Wang JM, Geng Y, Li P, Hu F, Li LY (2013) Optimization of ultrasoundassisted extraction procedure to determine total isoflavones in Chinese soybean cheese by Box-Behnken design. *Food Anal Meth* 6:221–226
- Wang L., M. Min, Y. Li, P. Chen, Y. Chen, Y. Liu, Y. Wang kai R. Ruan, «Cultivation of Green Algae *Chlorella* sp. in Different Wastewaters from Municipal Wastewater Treatment Plant,» *Applied Biochemistry and Biotechnology*, pp. 1174-1186, 24 November 2009
- Wang, F., Li, H., Zhao, H., Zhang, Y., Qiu, P., Li, J., & Wang, S. (2018). Antidiabetic activity and chemical composition of sanbai melon seed oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018, 1–14.
- Wani, A. A., Kaur, D., Ahmed, I., & Sogi, D. S. (2008). Extraction optimization of watermelon seed protein using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 41(8), 1514–1520.
- Xia EQ, Yu YY, Xu XR, Deng GF, Guo YJ, Li HB (2012) Ultrasoundassisted extraction of oleanolic acid and ursolic acid from *Ligustrum lucidum* Ait. *Ultrason Sonochem* 19:772–776
- Xiana Rico, Beatriz Gullón, José Luis Alonso, Remedios Yáñez(2020). Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: An overview. *Food Research International* 132 (2020) 109086
- Xie, P. J., Huang, L. X., Zhang, C. H., & Zhang, Y. L. (2015). Phenolic compositions, and antioxidant performance of olive leaf and fruit (*Olea europaea* L.) extracts and their structure-activity relationships. *Journal of Functional Foods*, 16(16), 460–471. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.005>.
- Xie, W., Xing, D., Sun, H., Wang, W., Ding, Y., & Du, L. (2005). The effects of *Ananas comosus* L. Leaves on diabetic-dyslipidemic rats induced by alloxan and a high-fat/ high-cholesterol diet. *The American Journal of Chinese Medicine*, 33(1), 95–105.
- Xu Y, Pan SY (2013) Effects of various factors of ultrasonic treatment on the extraction yield of all-trans-lycopene from red grapefruit (*Citrus paradise* Macf.). *Ultrason Sonochem* 20:1026–1032
- Xu Y.; Bao, T.; Han, W.; Chen, W.; Zheng, X.; Wang, J.( 2016). Purification and identification of an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from cauliflower by-products protein hydrolysate. *Process Biochem.*, 51, 1299–1305.
- Xu Z (2008) Comparison of extraction methods for quantifying vitamin E from animal tissues. *Bioresource Technol* 99:8705–8
- Yilmaz, E., Aydeniz, B., Guneser, O., & Arsunar, E. (2015). Sensory and physico-chemical properties of cold press-produced tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92, 833–842.

- Yu, J. and M. Ahmedna. (2013). Functional components of grape pomace: their composition, biological properties and potential applications. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48(2):221–237.
- Zeb, A. (2016). Phenolic profile and antioxidant activity of melon (*Cucumis Melo L.*) seeds from Pakistan. *Foods*, 5(4), 67.
- Zuhair, R.A., Aminah, A., Sahilah, A.M., Eqbal, D., 2013. Antioxidant activity and physico-chemical properties changes of papaya (*Carica papaya L. cv. Hongkong*) during different ripening stage. *Int. Food Res. J.* 20, 1653–1659.
- Zuorro, A., Fidaleo, M., & Lavecchia, R. (2011). Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. *Enzyme and Microbial Technology*, 49, 567–573.
- Αναγνωστοπούλου Α. , Ταλέλλη Αικ. (2014) Βιβλίο : Τεχνολογία και Ποιότητα Φρούτων και Λαχανικών.
- Ευθαλία Ντουρτόγλου, 2014, Copyright TEI Αθήνας «Οργανική Χημεία (Ε). Ενότητα 1: Εισαγωγή» Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](http://ocp.teiath.gr)
- Κυριτσάκης Α. (2007). Βιβλίο : Ελαιόλαδο Συμβατικό και βιολογικό, βρώσιμη ελιά και πάστα ελιάς.
- Λάζος Ε. (1997). Σημειώσεις TEI ΑΘΗΝΩΝ : Μόλυνση περιβάλλοντος και αξιοποίηση υποπροϊόντων βιομηχανίας τροφίμων.
- Σφλώμος Κ. , Βαρζάκας Θ. (2015) Βιβλίο : Εξελίξεις στην επιστήμη και την τεχνολογία τροφίμων και ποτών. Τόμος 1 Εισαγωγή στην Επιστήμη και την Τεχνολογία Τροφίμων.