



Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αξιοποίηση Αγρο-Διατροφικών Αποβλήτων

Μέρος IV: Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Ενότητα IV.1: Απόβλητα της επεξεργασίας εσπεριδοειδών

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*

Αναπληρωτής Καθηγητής

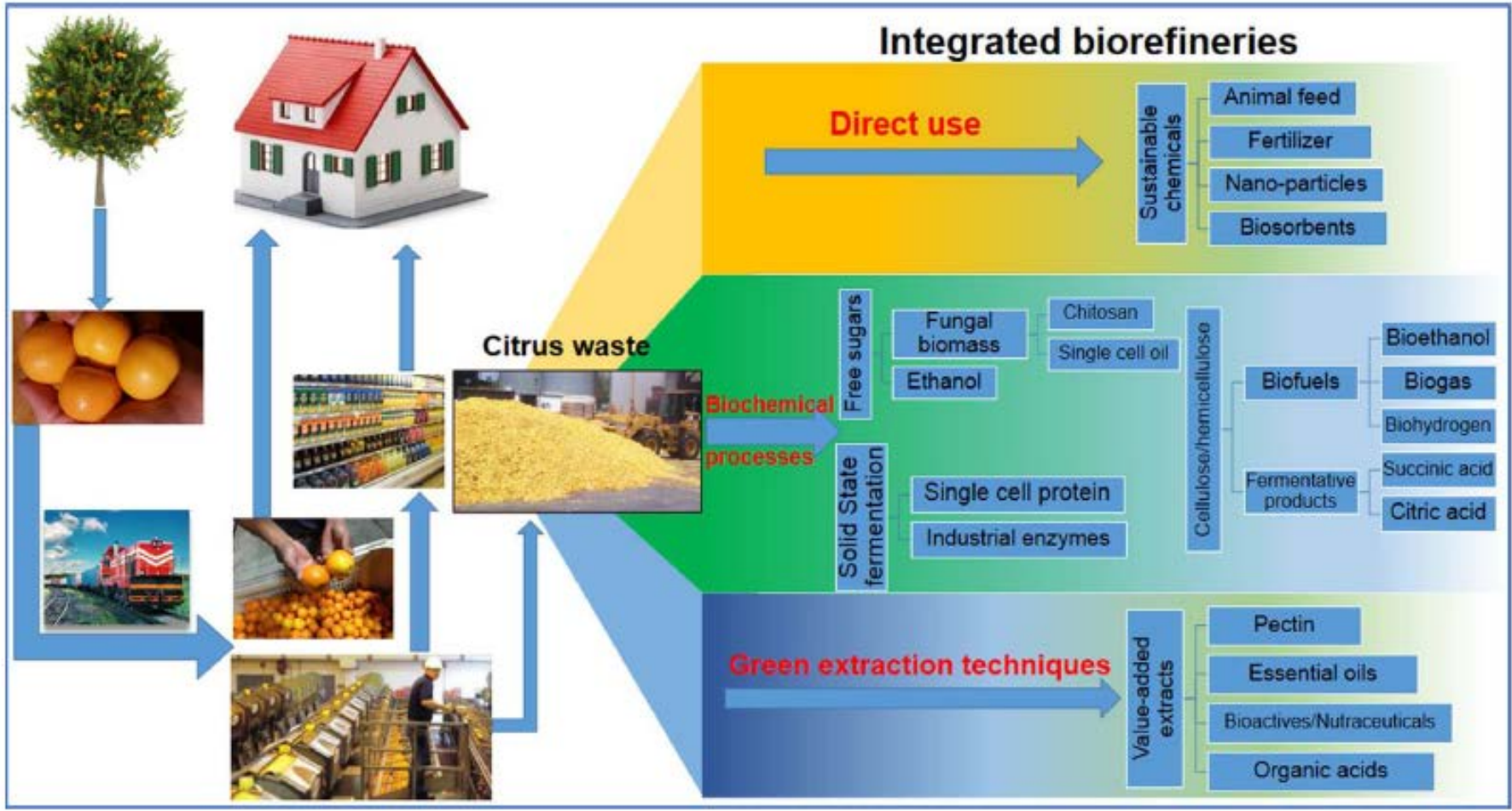
dimitrismakris@uth.gr

1. Εισαγωγή

Τα εσπεριδοειδή είναι η πιο άφθονη καλλιέργεια φρούτων παγκοσμίως, με την ετήσια παραγωγή να εκτιμάται το 2012, στα 115.5 εκατομμύρια τόνους. Τα πορτοκάλια είναι το φρούτο που παράγεται στην μεγαλύτερη αναλογία απ' όλα τα εσπεριδοειδή (70.6 ε.τ.), ακολουθούμενο από τα μανταρίνια (25.5 ε.τ.), λεμόνια και μοσχολέμονα (12.9 ε.τ), και grapefruit (6.4 ε.τ.).

Περίπου το 33% της συνολικής παραγωγής υπόκειται σε βιομηχανική επεξεργασία, έχοντας ως αποτέλεσμα την δημιουργία περίπου 15 ε.τ. αποβλήτων, που αντιστοιχεί στο 50% της αρχικής μάζας των καρπών που υπέστησαν επεξεργασία.

Αυτά τα απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, όπως τα βιοδραστικά εκχυλίσματα και τα συστατικά τροφίμων. Η επεξεργασία των αποβλήτων της επεξεργασίας εσπεριδοειδών για την παραγωγή φυσικών πρόσθετων τροφίμων, όπως οι ίνες, τα αντιοξειδωτικά και οι χρωστικές, έχει αυξηθεί λόγω των καταναλωτικών απαιτήσεων.



1. Εισαγωγή

Τα απόβλητα της επεξεργασίας εσπεριδοειδών περιέχουν υψηλές ποσότητες ουσιών υψηλής προστιθέμενης αξίας και υπάρχει μια ποικιλία επιλογών αξιοποίησης στους τομείς των τροφίμων, καλλυντικών και φαρμάκων.

Ανάμεσα στις βιοδραστικές ουσίες που μπορούν ν' ανακτηθούν από τα απόβλητα εσπεριδοειδών είναι οι πολυφαινόλες, τα καροτενοειδή και το αιθέριο έλαιο. Οι πολυφαινόλες και τα καροτενοειδή είναι γνωστά για τις θετικές επιδράσεις τους στην υγεία, οι οποίες οφείλονται εν πολλοίς στις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες.

Η συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες είναι υψηλότερη στον φλοιό των εσπεριδοειδών, ο οποίος απορρίπτεται κατά την επεξεργασία του καρπού. Το ίδιο ισχύει και για τα καροτενοειδή αλλά και για τα αιθέρια έλαια.

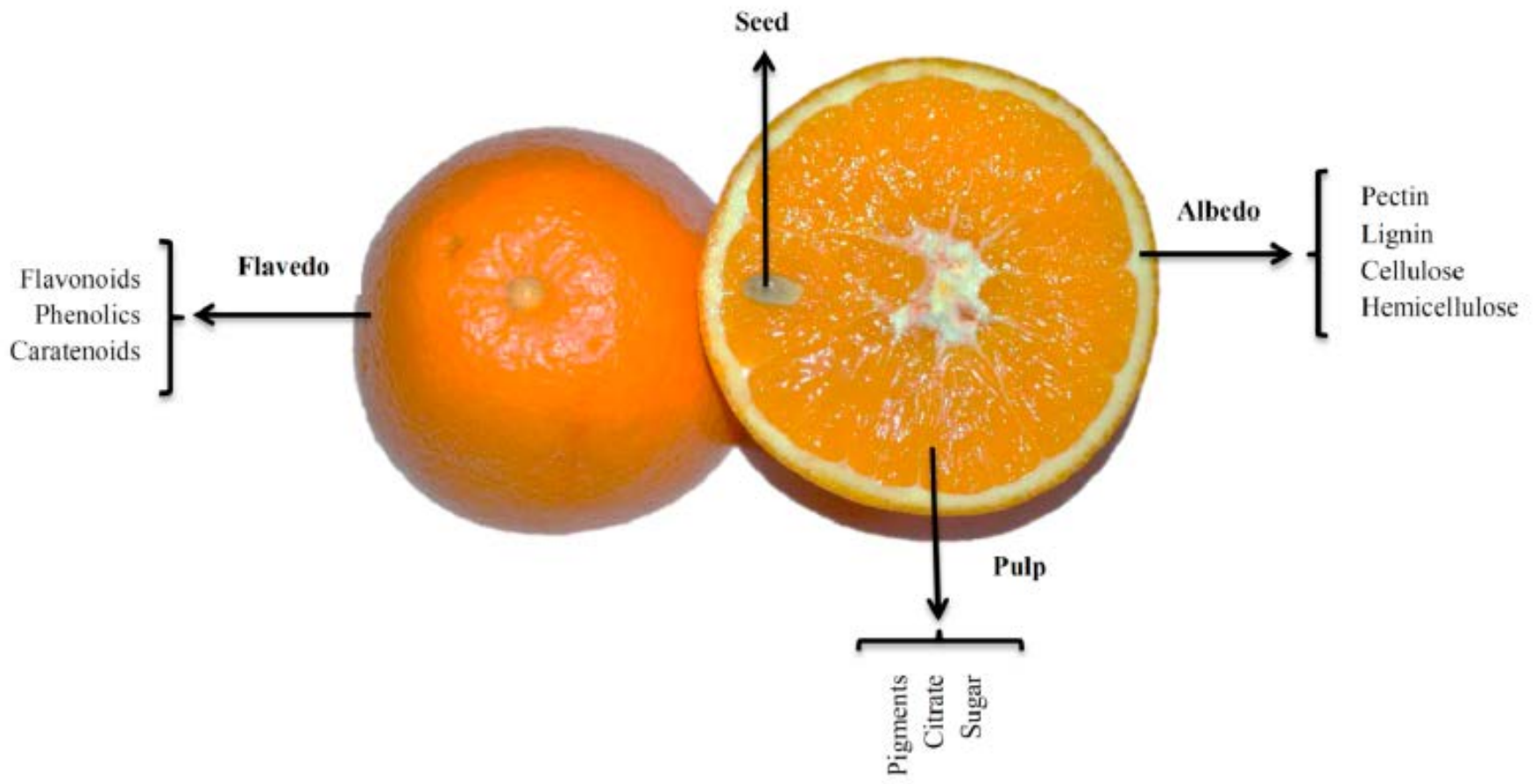
Τα αιθέρια έλαια είναι φυσικές πηγές πτητικών ουσιών και χρησιμοποιούνται ευρέως για την παρασκευή φαρμακευτικών σκευασμάτων, αρωμάτων τροφίμων και καλλυντικών και αντιμικροβιακών πρόσθετων.

2. Βιοδραστικά συστατικά αποβλήτων εσπεριδοειδών

Τα εσπεριδοειδή υπόκεινται επεξεργασία σε χυμό και περίπου το 45 – 60% του βάρους των επεξεργασμένων καρπών απορρίπτεται ως απόβλητο. Αυτή η βιομάζα αποτελείται από φλοιούς, υπολείμματα χυμοποίησης και σπόρους.

Τα σάκχαρα, τα αιθέρια έλαια, οι πηκτίνες, οι πολυφαινόλες και τα καροτενοειδή είναι τα κύρια προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας που παραλαμβάνονται από τα απόβλητα.

Η παραλαβή τέτοιων προϊόντων από απόβλητα εσπεριδοειδών μπορεί να αυξήσει το κέρδος των εν λόγω βιομηχανιών.



2. Βιοδραστικά συστατικά αποβλήτων εσπεριδοειδών

Διαιτητικές ίνες

Οι διαιτητικές ίνες περιλαμβάνουν την πηκτίνη, τα κόμμεα και μέρος της κυτταρίνης, ενώ η αδιάλυτες διαιτητικές ίνες περιλαμβάνουν την κυτταρίνη, την ημι-κυτταρίνη και την λιγνίνη.

Ο φλοιός των λεμονιών, των πορτοκαλίων και των grapefruit περιέχει υψηλό ποσοστό ινών που ανέρχεται σε ~14 g/100 g. Σε φλοιούς πορτοκαλιού μπορεί ν' ανέλθει στα 57 g/100 g. Γενικά, οι φλοιοί τω εσπεριδοειδών περιέχουν περίπου 50–60% κυτταρίνη και ημι-κυτταρίνη και αποτελούν καλή πρώτη ύλη για την εκχύλισή τους.

2. Βιοδραστικά συστατικά αποβλήτων εσπεριδοειδών

Πηκτίνη

Το 2015, η παραγωγή πηκτίνης ξεπέρασε τους 60,000 τόνους παγκοσμίως. Η πηκτίνη χρησιμοποιείται ως ρυθμιστής του ιξώδους, της υφής, ως γαλακτωματοποιητής και ως σταθεροποιητής.

Είναι ένας φυσικός παράγοντας δημιουργίας γέλης και χρησιμοποιείται στην παραγωγή μαρμελάδων και gels. Εμπορικά, μια από τις κυριότερες πηγές είναι οι φλοιοί μοσχολέμονου, λεμονιού, πορτοκαλιού και grapefruit.

Η πηκτίνη μπορεί να βρίσκεται στους φλοιούς εσπεριδοειδών σε επίπεδα μέχρι 23% και αυτό καθιστά την αξιοποίησή τους συμφέρουσα ως πηγή πηκτίνης. Επίσης, το εμπορικό ενδιαφέρον για την πηκτίνη εστιάζεται και στις βιοδραστικές της ιδιότητες.

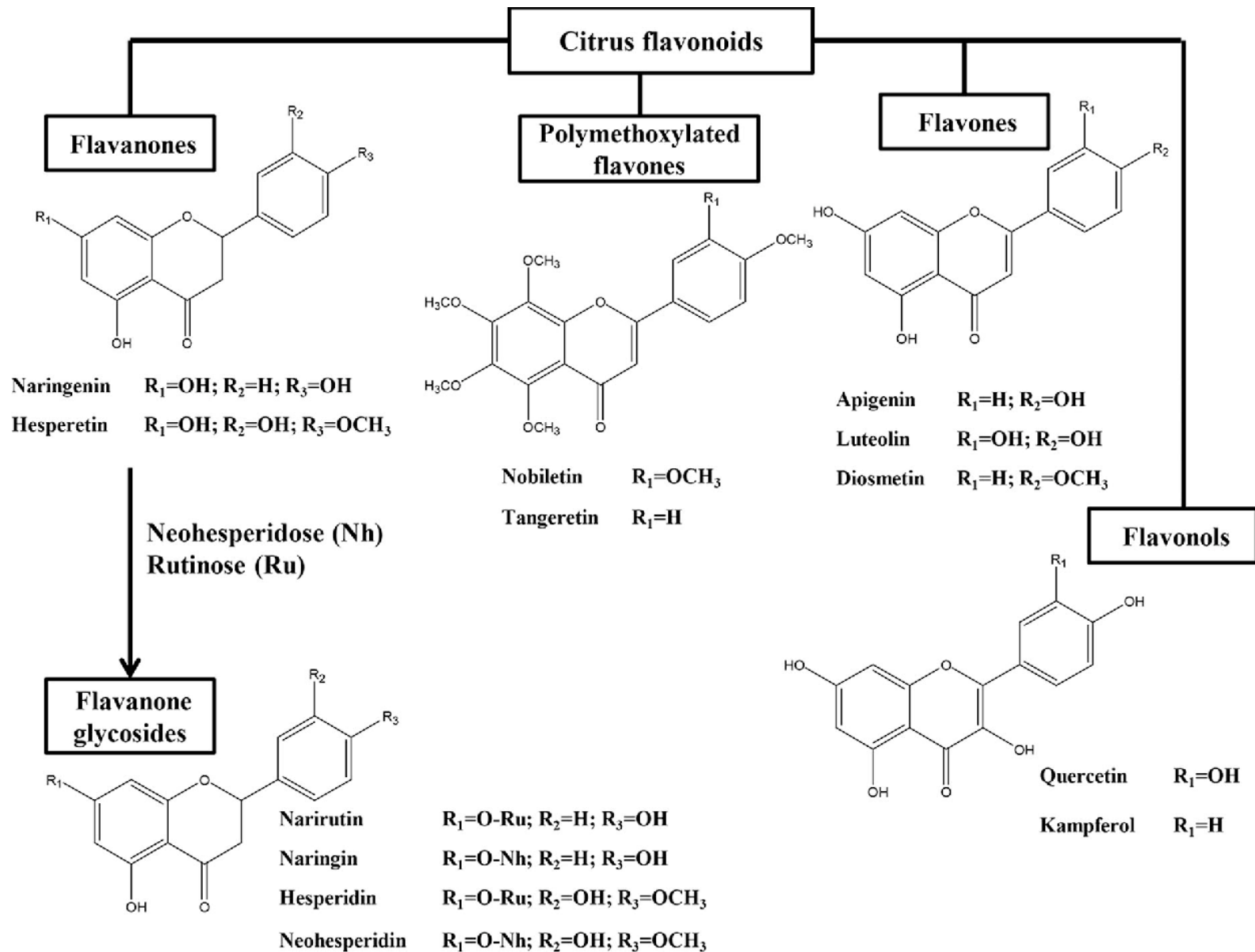
2. Βιοδραστικά συστατικά αποβλήτων εσπεριδοειδών

Πολυφαινόλες

Οι φλοιοί εσπεριδοειδών είναι πλούσιοι σε φλαβονοειδή, των οποίων η περιεκτικότητα είναι υψηλότερη απ' ό τι στο εδάδιμο μέρος του καρπού. Οι φλαβανόνες είναι οι κύριοι αντιπρόσωποι και μαζί με τις υπόλοιπες πολυφαινόλες αποτελούν το 0.91–4.92% του ξηρού βάρους του φλοιού.

Εκτός από τα φλαβονοειδή, οι φλοιοί περιέχουν φαινολικά οξέα, όπως το καφεϊκό, το φερουλικό, το σιναπικό, το π-κουμαρικό και το χλωρογενικό. Τα κυριότερα φλαβονοειδή είναι η νεοεριοκιτρίνη, η ναριγκίνη και η νεοεσπεριδίνη. Η περιεκτικότητά τους μπορεί ν' ανέρχεται σε πάνω από 1000 mg/100 g ξηρού βάρους.

Το προφίλ των πολυφαινολών στους φλοιούς εξαρτάται από το είδος του εσπεριδοειδούς, την ποικιλία, τον βαθμό ωριμότητας και την περιοχή προέλευσης.



2. Βιοδραστικά συστατικά αποβλήτων εσπεριδοειδών

Καροτενοειδή

Οι χρωστικές από τους φλοιούς εσπεριδοειδών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φυσικά πρόσθετα και ν' αντικαταστήσουν συνθετικές χρωστικές. Οι κυριότερες χρωστικές στους φλοιούς εσπεριδοειδών είναι τα καροτενοειδή.

Τα πιο άφθονα καροτενοειδή είναι το α-καροτένιο, το β-καροτένιο, η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη, και η β-κρυπτοξανθίνη. Η συνολική περιεκτικότητα των καροτενοειδών στους φλοιούς εσπεριδοειδών κυμαίνεται από περίπου 10 έως 204 mg/100 g ξηρού βάρους.

Η περιεκτικότητα εξαρτάται από το είδος, με τα λεμόνια να εμφανίζουν σχετικά χαμηλά επίπεδα ολικών καροτενοειδών.

Table 2. Structures and types of carotenoids derived from *citrus* peel.

Type	Basic Structure
α -Carotene	
β -Carotene	
Lutein	
Zeaxanthin	
β -Cryptoxanthin	

2. Βιοδραστικά συστατικά αποβλήτων εσπεριδοειδών

Αιθέριο έλαιο

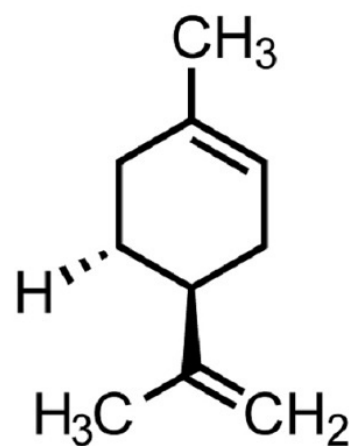
Τα αιθέρια έλαια είναι αρωματικά μίγματα ουσιών που εκχυλίζονται από φυτά. Τα αιθέρια έλαια του φλοιού των εσπεριδοειδών έχουν έλξει το ενδιαφέρον ως αρωματικές ουσίες στην βιομηχανία τροφίμων, μιας και είναι ασφαλείς φυσικές ουσίες.

Από τα εσπεριδοειδή προέρχονται περίπου 400 αιθέρια έλαια, η σύσταση των οποίων αποτελείται από 85–99% πτητικά και 1–15% μη-πτητικά συστατικά. Τα πτητικά συστατικά είναι μονοτερπένια (π.χ. λιμονένιο), σесκιτερπενικοί υδρογονάνθρακες και οξυγονομένα παράγωγά τους, αλδεΐδες (π.χ. κιτράλη), κετόνες, οξέα, αλκοόλες και εστέρες.

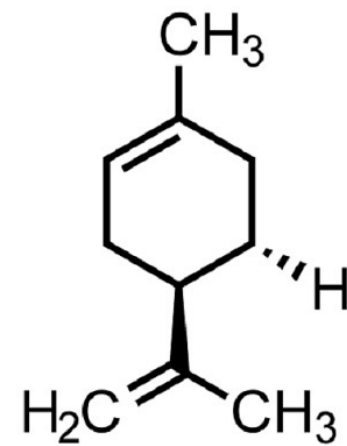
Το λιμονένιο είναι το πιο άφθονο συστατικό των αιθέριων ελαίων από εσπεριδοειδή 73.9–97% (β/β αιθέριου ελαίου). Είναι ένα ανανεώσιμο χημικό που χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία, αλλά και ως πράσινος διαλύτης. Η δεσπόζουσα εμπορική μορφή είναι το (+)-limonene, το οποίο έχει άρωμα πορτοκαλιού και παράγεται από τα απόβλητα της επεξεργασίας εσπεριδοειδών. Η παραλαβή του γίνεται με διάφορους οργανικούς διαλύτες, αλλά και με απόσταξη μεθ' υδρατμών.

Chemical composition of orange, lemon and mandarin EOs from Spain.

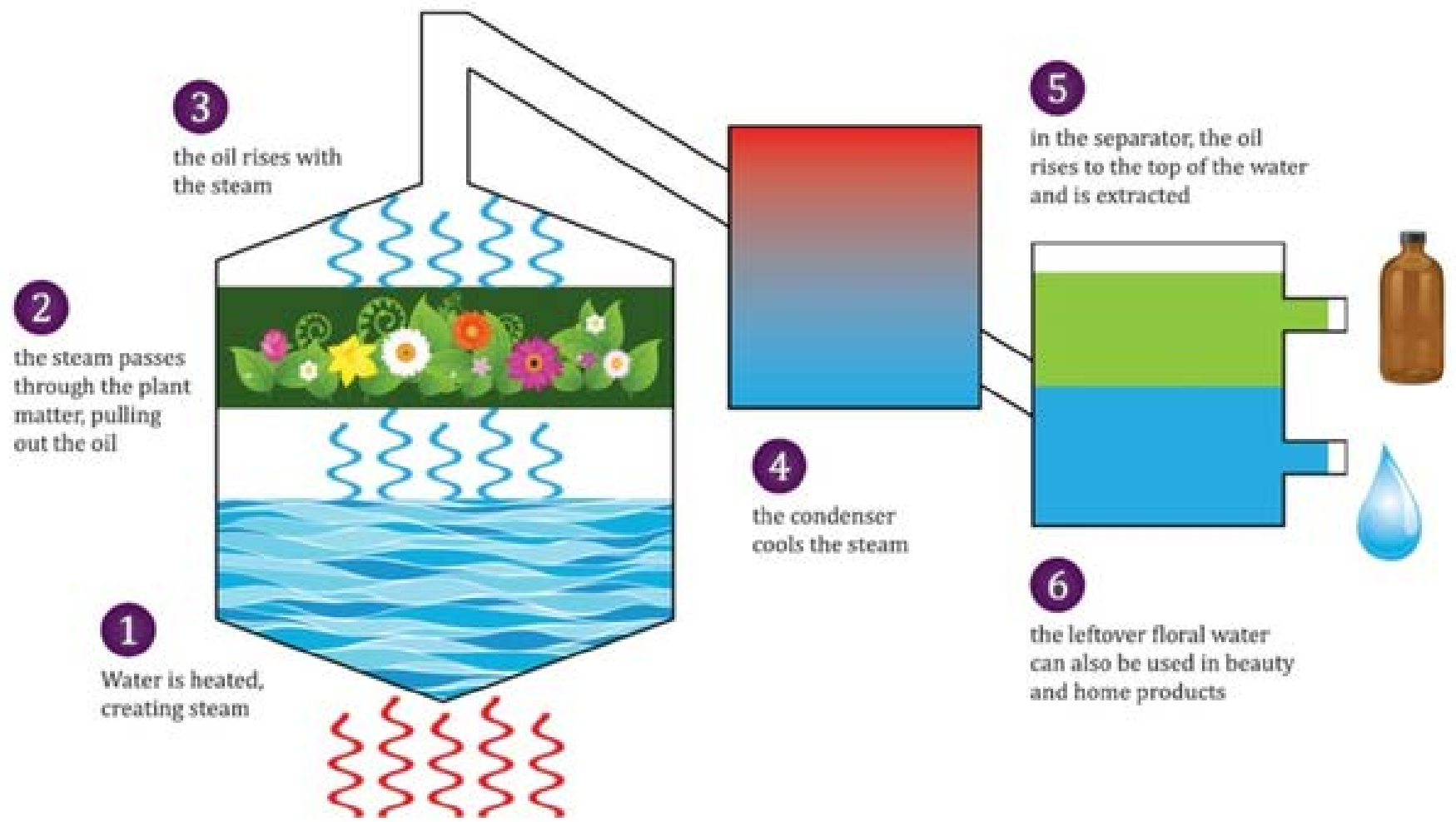
Compounds	RI ^a	Percentage (%)		
		Lemon	Mandarin	Orange
α -Pinene	936	0.62	0.27	0.30
Sabinene	975	0.94	0.42	0.43
β -Pinene	981	5.20	0.07	0.06
Myrcene	990	0.84	0.73	0.92
Octanal	1006	0.06	0.22	0.27
<i>p</i> -Cymene	1028	3.29	0.21	0.10
Limonene	1033	59.10	74.38	85.50
γ -Terpinene	1061	9.66		
Linalool	1102	0.18	0.54	0.47
<i>cis</i> -Limonene oxide	1138	0.10	2.75	1.03
<i>cis-p</i> -Mentha-2, 8-dien-1-ol	1142	0.11	2.26	0.75
<i>trans</i> -Carveol	1225	0.10	1.75	0.59
Carvone	1251	0.06	1.87	0.65
Geranial	1272	2.11		0.07
Thymol	1295	0.09	0.40	0.12
Carvacrol	1303	0.21	0.25	0.10
<i>cis</i> -Thujopsene	1438	2.38		
β -Bisabolene	1513	3.61		



(*R*)-(+)-Limonene



(*S*)-(-)-Limonene



3. Βιοτεχνολογικές μέθοδοι αξιοποίησης

Ζύμωση στερεάς φάσης

Η ζύμωση στερεάς φάσης, η οποία είναι η ανάπτυξη μικροοργανισμών σε στερεά υποστρώματα υψηλής υγρασίας, είναι μια ελκυστική διεργασία για την παραγωγή βιομηχανικών ενζύμων από απόβλητα εσπεριδοειδών.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (δείκτης απορρόφησης νερού) και οι μικροβιολογικές ιδιότητες των φλοιών εσπεριδοειδών είναι κατάλληλες για μια διεργασία ζύμωσης στερεάς φάσης, από μικροοργανισμούς όπως ο *Aspergillus niger*.

Τα ένζυμα που παράγονται από αυτού του τύπου ζυμωτικές διεργασίες είναι πηκτινολυτικά, κυτταρινολυτικά και ξυλανολυτικά. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως μύκητες, κυρίως νηματοειδείς μύκητες, όπως τα είδη *Aspergillus* και *Rhizopus*. Μεσόφιλοι μύκητες, όπως *A. niger*, *Fusarium oxysporum*, *Neurospora crassa*, και *Penicillium decumbens*, έχουν μελετηθεί για την παραγωγή ενζύμων από φλοιούς πορτοκαλιού.

Βιβλιογραφία

Putnik P., Bursać Kovačević D., Jambrak A.R., Barba F.J., Cravotto G., Binello A., Lorenzo J.M., Shpigelman A., **2017**. Innovative “green” and novel strategies for the extraction of bioactive added value compounds from citrus wastes - A Review. **Molecules**, 22, 680.

Satari B., Karimi K., **2018**. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. **Resources, Conservation & Recycling**, 129, 153-167.