Δυνατότητα αξιοποίησης αποβλήτων βιομηχανίας φρούτων

Αθανασία Γούλα
Επίκουρη Καθηγήτρια
Τομέας Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ.

Απόβλητα βιομηχανίας τροφίμων

Απόβλητα παραγωγικής διαδικασίας

Ποικίλουν ανάλογα με το παραγόμενο προϊόν π.χ. για μονάδες επεξεργασίας φρούτων : πούλπα, φλοιοί, σπόρια, πυρήνες, σαρκώματα

Απόβλητα συσκευασίας

Πλαστικό, μέταλλο, γυαλί, χαρτί/χαρτόνι, ξύλο

Ιλύς

Από τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού

Επεξεργασία φρούτων - κονσερβοποίηση

1° ΣΤΑΔΙΟ	**Παραλαβή – Πλύσιμο – Αποθήκευση**
2° ΣΤΑΔΙΟ	Προετοιμασία
3° ΣΤΑΔΙΟ	**Επεξεργασία**
4° ΣΤΑΔΙΟ	Συσκευασία

Επεξεργασία φρούτων - χυμοποίηση

Τα επί μέρους στάδια παραγωγής χυμών από λαχανικά και φρούτα

- Προετοιμασία φρούτων
  - Διαλογή
  - Πλύσιμο
- Εξαγωγή του χυμού
- Διαδικασία καθαρισμού των χυμών
  - Φυσική καθίζηση
  - Φυγοκέντριση
  - Διαύγαση
  - Διήθηση
- Ομογενοποίηση των χυμών
- Απαέρωση των χυμών
- Συντήρηση των χυμών
  - Παστερίωση
  - Κατάψυξη
  - Προσθήκη αντισηπτικών
  - Συντήρηση σε ατμόσφαιρα CO_2
  - Αποστειρωτική διήθηση
  - Συμπύκνωση και αφυδάτωση
- Συμπύκνωση των χυμών

ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
Νερό πλύσης/μεταφοράς
ΠΛΥΣΙΜΟ / ΥΔΑΤΟΜΕΤΑΦΟΡΑ
Κοτσάνια, φύλλα, μίσχοι, αποσυντεθημένη Α΄ ύλη, σκόνη
ΔΙΑΛΟΓΗ / ΑΠΟΜΙΣΧΩΣΗ / ΑΠΟΦΛΟΙΩΣΗ
Κοτσάνια, φύλλα, μίσχοι, αποσυντεθημένη Α΄ ύλη
Νερό ζεματίσματος
ΖΕΜΑΤΙΣΜΑ
Υγρά απόβλητα
ΨΥΞΗ
Υγρά απόβλητα με καυστικές ουσίες
ΑΠΟΦΛΟΙΩΣΗ
Φλοιοί, πυρήνες, σπόροι
ΑΠΟΠΥΡΗΝΩΣΗ
3,5 – 8,0 m3/tn φρούτου
5 – 30 % κ.β. του φρούτου
ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ
ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΗΣΗ/ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ/ΨΥΞΗ
ΞΗΡΑΝΣΗ
ΚΑΤΑΨΥΞΗ

Υγρά απόβλητα μονάδων κονσερβοποίησης φρούτων

Μέση παροχή ανά στάδιο

Στάδιο παραγωγής	Ποσότητα (m^3/tn φρούτου)	% του συνόλου
Πλύσιμο	1,470	17
Αποφλοίωση	0,183	2
Τεμαχισμός	0,455	5
Κλείσιμο κονσερβών	0,274	3
Ψύξη κονσερβών	3,600	37
Πλύσιμο κονσερβών	0,275	3

Τυπικές συγκεντρώσεις για διάφορα είδη φρούτων

Είδος	BOD_5 (mg/L)	Αιωρούμενα στερεά (mg/L)
Μήλα	1700 – 5500	300 – 600
Ροδάκινα	1200 – 2800	450 – 750
Βερίκοκα	200 – 1000	200 – 400
Αχλάδια	7000	1600
Κεράσια	700 – 2100	200 – 600

Κοινοτική Οδηγία 91/271/ΕΚ (ΚΥΑ 5673/400/1997)

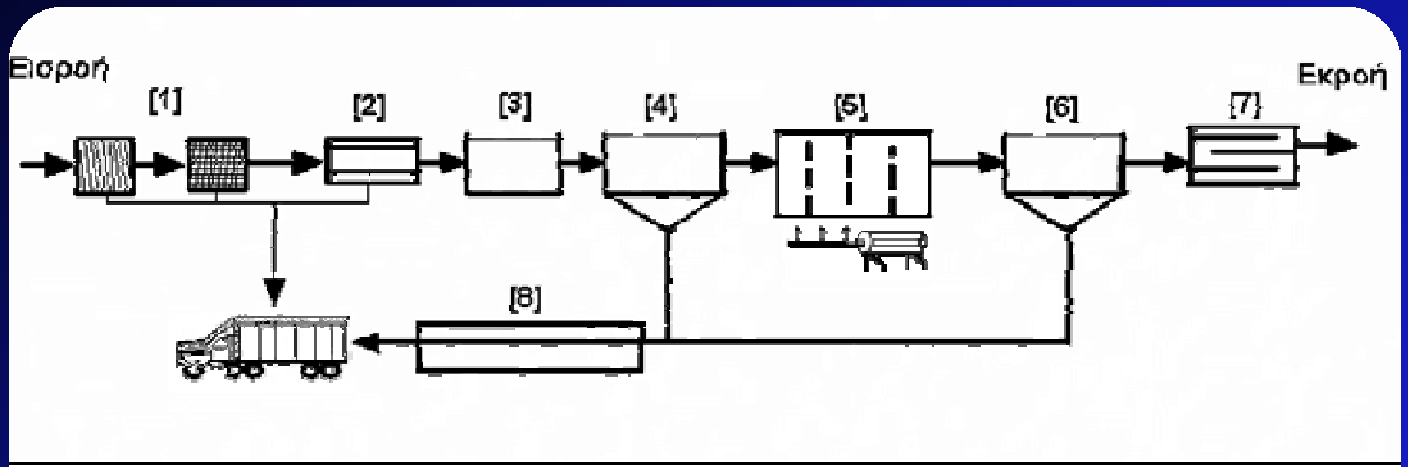
$BOD_5 \leq 25$ mg/L
COD ≤125 mg/L
TSS ≤ 35 mg/L

Ποσότητες στερεών αποβλήτων βιομηχανίας φρούτων

(ετήσια παγκόσμια παραγωγή)

Φρούτο	Ποσότητα επεξεργαζόμενου φρούτου ετησίως (εκατ. Mt)	Ποσότητα αποβλήτου/ποσότητα επεξεργαζόμενου φρούτου (%)	Εκτιμούμενη ποσότητα αποβλήτων ετησίως (εκατ. Mt)
Πορτοκάλι	31,2	50	15,6
Μήλο	12,0	25 – 35	3,0 – 4,2
Σταφύλι	50	15 – 20	5 – 9
Μπανάνα	30	30	9
Ακτινίδιο	1	30	< 0,3

Κλασικές μέθοδοι κατεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανίας φρούτων



1. Σχάρες, 2. Αμμοσυλλέκτης, 3. Δεξαμενή εξισορρόπησης – ομογενοποίησης, 4. Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, 5. Δεξαμενή αερισμού (βιολογικός αντιδραστήρας), 6. Δεξαμενής διαύγασης (τελικής καθίζησης), 7. Απολύμανση, 8. Επεξεργασία ιλύος (πάχυνση, χώνευση, αφυδάτωση).

Απαιτούμενα στάδια

- απομάκρυνση των χονδρών στερεών (εσχαρισμός - κοσκίνιση)
- ρύθμιση του pH
- ρύθμιση της θερμοκρασίας
- βιολογική επεξεργασία για μείωση του BOD, με χρήση δεξαμενών ενεργού ιλύος, αεριζόμενων ή αερόβιων λιμνών (lagoons) και χαλικοδιϋλιστηρίου ή
- διάθεση στο έδαφος

Προαιρετικές μέθοδοι

- **φυσική ή χημική καθίζηση**
- **επίπλευση**
- **αντίστροφη όσμωση**

Κλασικές μέθοδοι κατεργασίας στερεών αποβλήτων βιομηχανίας φρούτων

Η ορθή διαχείριση των στερεών αποβλήτων συνοψίζεται στα ακόλουθα σημεία:

- ✓ Στεγνή συλλογή των στερεών υπολειμμάτων χωρίς τη χρήση νερού
- ✓ Απόθεση των μη αξιοποιήσιμων στερεών σε ασφαλή και εγκεκριμένο χώρο διάθεσης
- ✓ Απομάκρυνση της περίσσειας νερού από τα οργανικά στερεά απόβλητα
- ✓ Εξετάζεται το ενδεχόμενο χρήσης των στερεών υπολειμμάτων ως ζωοτροφές ή οργανικά λιπάσματα

Καινοτόμες τεχνικές αξιοποίησης αποβλήτων επεξεργασίας φρούτων

1. Παραγωγή ενέργειας
2. Ανάκτηση ωφέλιμων συστατικών

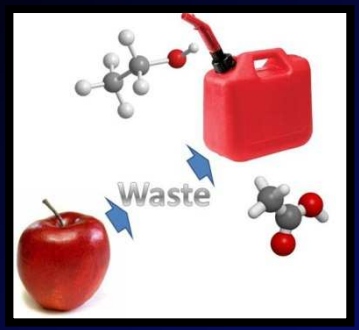
- αντιοξειδωτικά (π.χ. φαινολικές ενώσει
- πρωτεΐνες
- διαιτητικές ίνες
- χρωστικές

➢ **Πρόσθετα τροφίμων**
➢ **Πρόσθετα καλλυντικών**

Παραπροϊόν	Περιεχόμενο φαινολικές ενώ (g/kg)
Πούλπα μήλου	2,4
Φλοιός πορτοκαλιού	1,8 – 2,4
Φλοιός λεμονιού	1,9 – 13,3
Φλοιός γκρέιπφρουτ	1,6 – 2,4

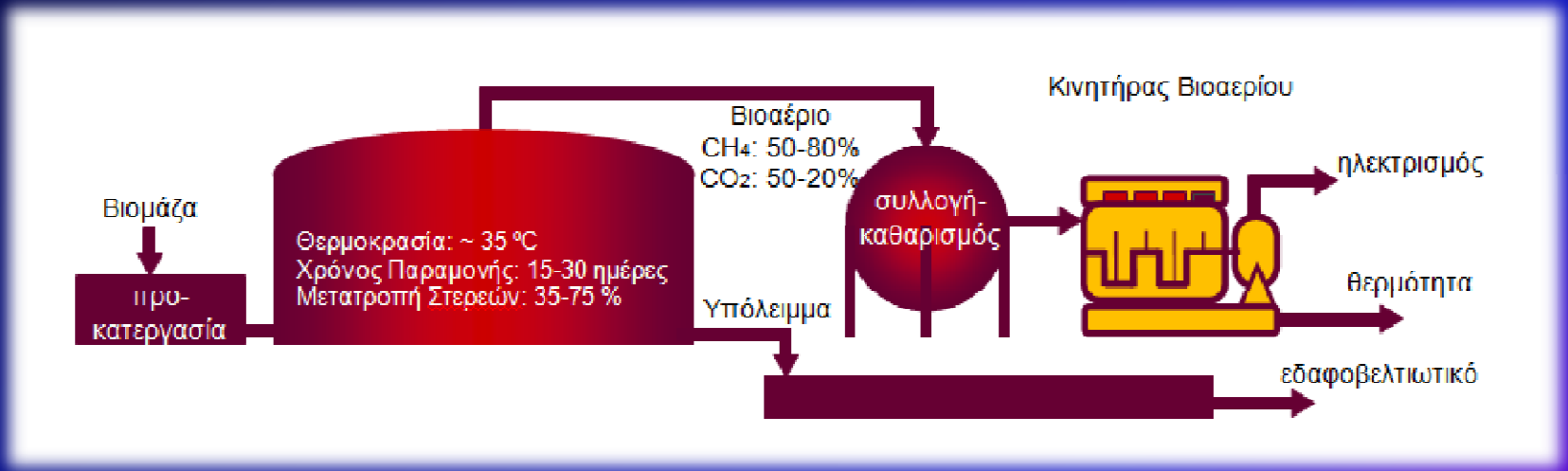
Παραπροϊόν	Περιεχόμενο σε διαιτητικές ίνες (g/kg ξηρής ουσίας)
Πούλπα μήλου	60 – 62
Υπόλειμμα χυμοποίησης πορτοκαλιού	38 – 64
Υπόλειμμα χυμοποίησης λεμονιού	60 – 68
Υπόλειμμα χυμοποίησης γκρέιπφρουτ	44 – 62
Πούλπα αχλαδιού	36 – 44
Πούλπα ροδακίνου	36 – 54
Πούλπα ακτινιδίου	26

Χρήση αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας



Αναερόβια χώνευση

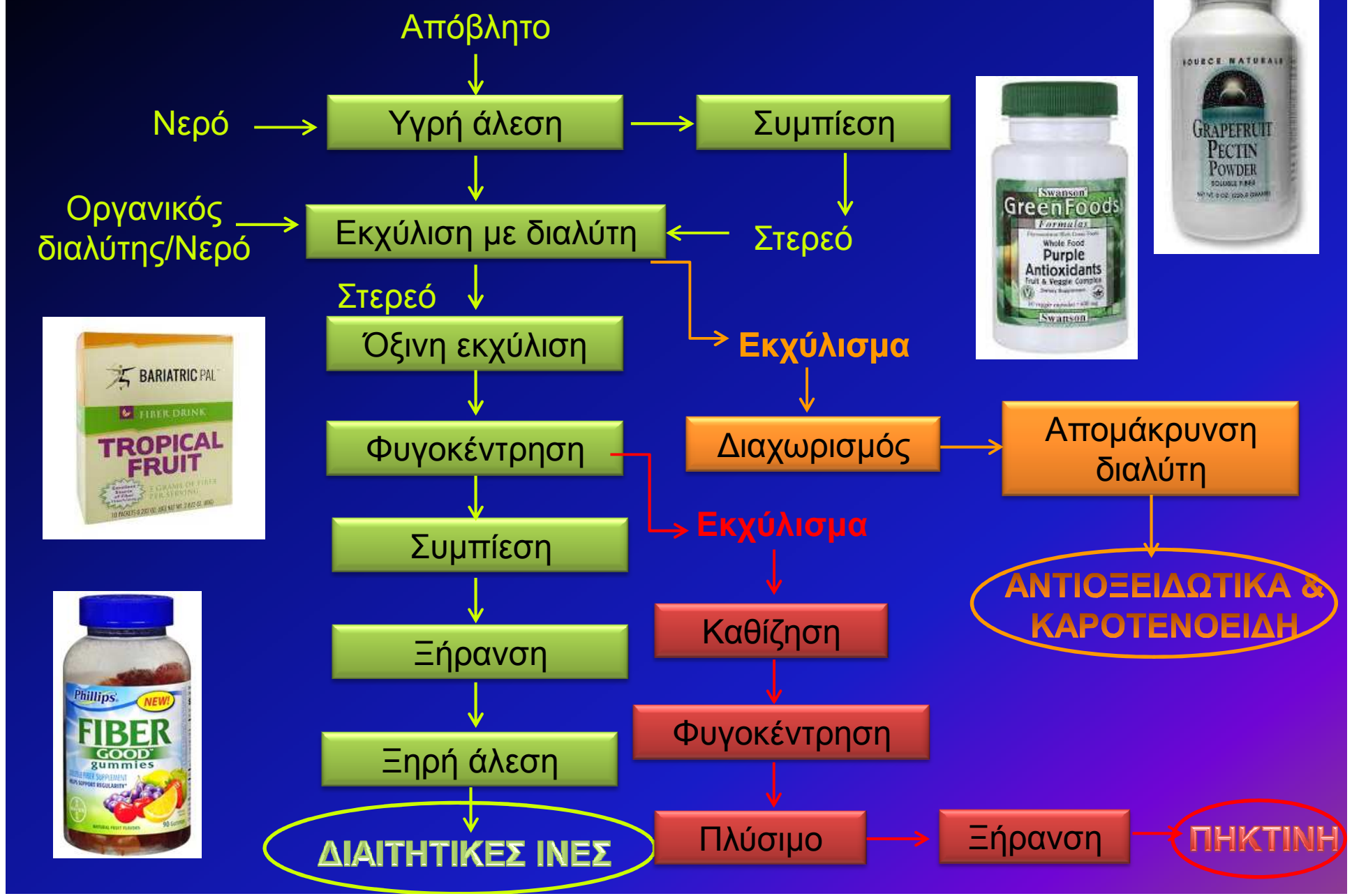
Τα πολύπλοκα οργανικά μόρια βιομάζας μετατρέπονται σε απλούστερα χημικά μόρια (κυρίως οργανικά οξέα) και τελικά σε μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία, υδρόθειο, υδρογόνο κ.ά.



Παράδειγμα

Η παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων των βιομηχανιών επεξεργασίας εσπεριδοειδών στην Ελλάδα, 150.000 tn ετησίως, μπορεί να παράξει χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια ίση με 27.000 MWh ετησίως (που καλύπτει τις ανάγκες μιας πόλης 6.500 κατοίκων) και θερμική ενέργεια 41.000 MWh ετησίως

Ανάκτηση διαιτητικών ινών, αντιοξειδωτικών & πηκτίνης από απόβλητα βιομηχανίας φρούτων



Παραγωγή πρωτείνης από απόβλητα βιομηχανίας φρούτων – ελαιούχοι σπόροι

Απόβλητο

↓

Εκχύλιση με διαλύτη → Έλαιο

↓ Υπόλειμμα εκχύλισης

Απομάκρυνση ανεπιθύμητων ουσιών

↓

Διαλυτοποίηση υδατανθράκων → ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΟ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ

↓

Εκχύλιση πρωτεϊνών → Στερεό υπόλειμμα

↓

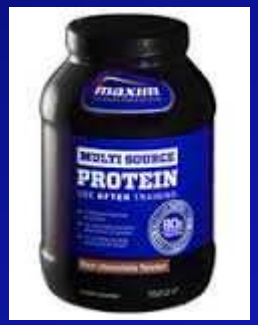
Καθίζηση πρωτεϊνών → Ορός

↓

Ξήρανση

↓

ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΗ ΠΡΩΤΕΪΝΗ

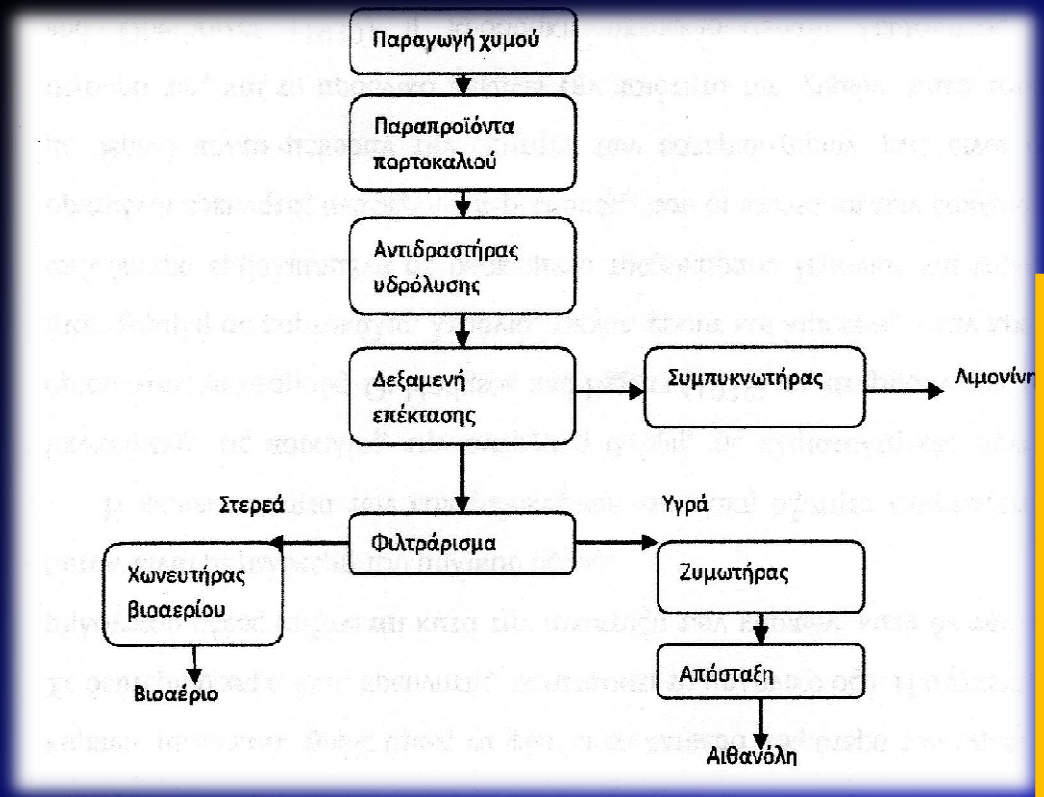


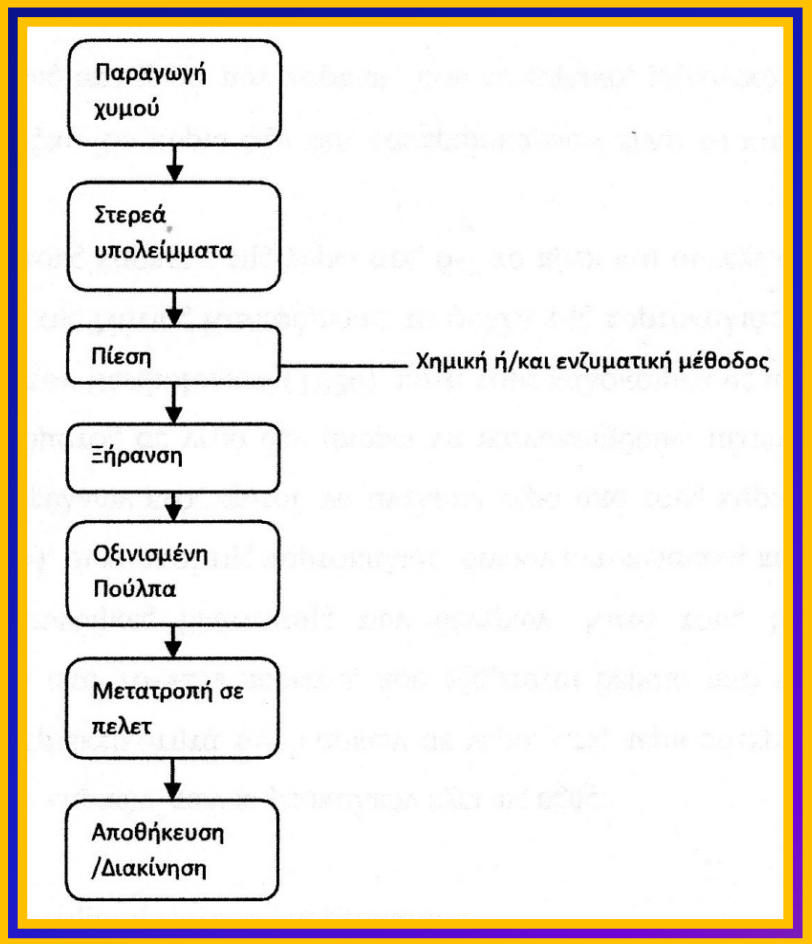
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΧΥΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΩΝ

Οι φλοιοί που προέρχονται από τους εξαγωγείς χυμού και η πούλπα που αποβάλλεται στα κόσκινα αποτελούν το 45-55% του βάρους του καρπού

- Εναπόθεση σε χωράφια
- Καύση

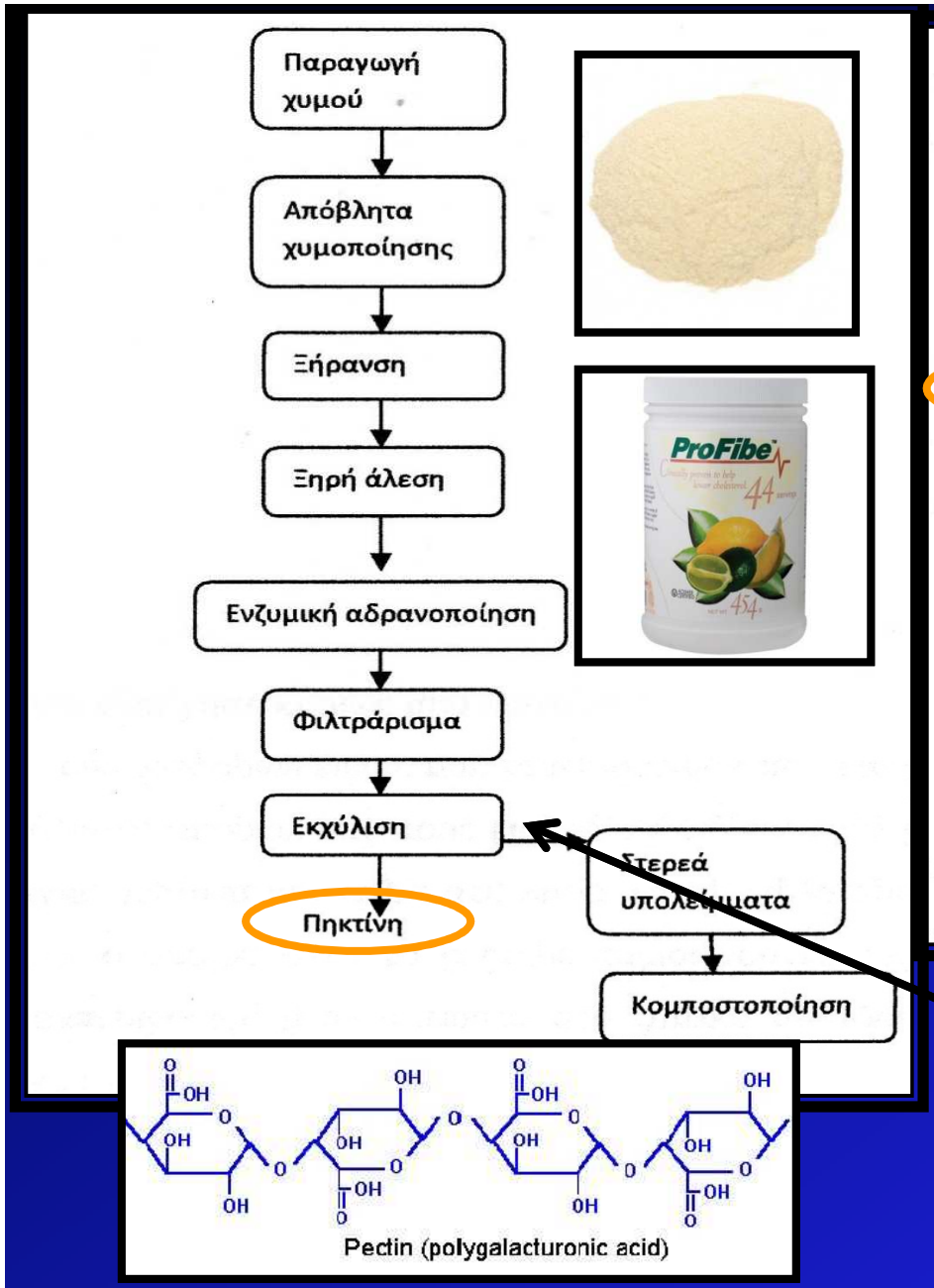
- ✓ Παραγωγή ζωοτροφών
- ✓ Ανάκτηση ελαίου (συστατικό τροφίμων, ροφημάτων, αρωμάτων και προϊόντων περιποίησης)
- ✓ Ανάκτηση πηκτίνης, αντιοξειδωτικών συστατικών
- ✓ Χρήση ως υπόστρωμα για παραγωγή προϊόντων υψηλής αξίας, όπως πρωτεΐνες μικροβιακής προέλευσης, ένζυμα, οργανικά οξέα, αιθανόλη
- ✓ Χρήση μίγματος φλοιών/πούλπας (υψηλό περιεχόμενο διαιτητικών ινών) σε είδη αρτοποιίας, σάλτσες κ.ά.





Ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων χυμοποίησης πορτοκαλιών (Rezzadori et al., 2012)

Παραγωγή ζωοτροφών από φλοιούς εσπεριδοειδών



- με άμεσο βρασμό ή με θέρμανση με μικροκύματα
- προσθήκη χηλικών ενώσεων (EDTA)

Παραλαβή πηκτίνης, ελαίου και διαιτητικών ινών από απόβλητα χυμοποίησης πορτοκαλιών

Χυμοποίηση ροδιού

24% Φλοιός

14% Σπόρια

62% Χυμός

Σύσταση παραπροϊόντων ροδιού

ΕΛΑΙΟ ΣΠΟΡΩΝ	
Αποτελείται από 80% συζευγμένα λ.ο. εκ των οποίων:	
Παλμιτικό (16:0)	5,97 %
Στεατικό (18:0)	3,85 %
Ελαϊκό (18:1)	9,45 %
Λινελαϊκό (18:2)	12,87 %
Συζευγμένο Λινολενικό (18:3)	67,85 %
Ολικά φαινολικά	8,3 mgGAE/g

ΦΛΟΙΟΣ	
Ολικά στερεά	96,00 %
Υγρασία	4,00 %
Ολικά σάκχαρα	31,38 %
Πρωτεΐνες	8,72 %
Λίπος	9,40 %
Ακατέργαστες ίνες	21,06 %
Ολικά φαινολικά	249-299 mg GAE/g
Φλαβονοειδή	49,8-59,1 mg QE/g
Προανθοκυανιδίνες	10,9-14 mg CAE/g
Τανίνες	422-499 mg TAE/g
Ελαγικό οξύ	0,12-0,50 mg/g

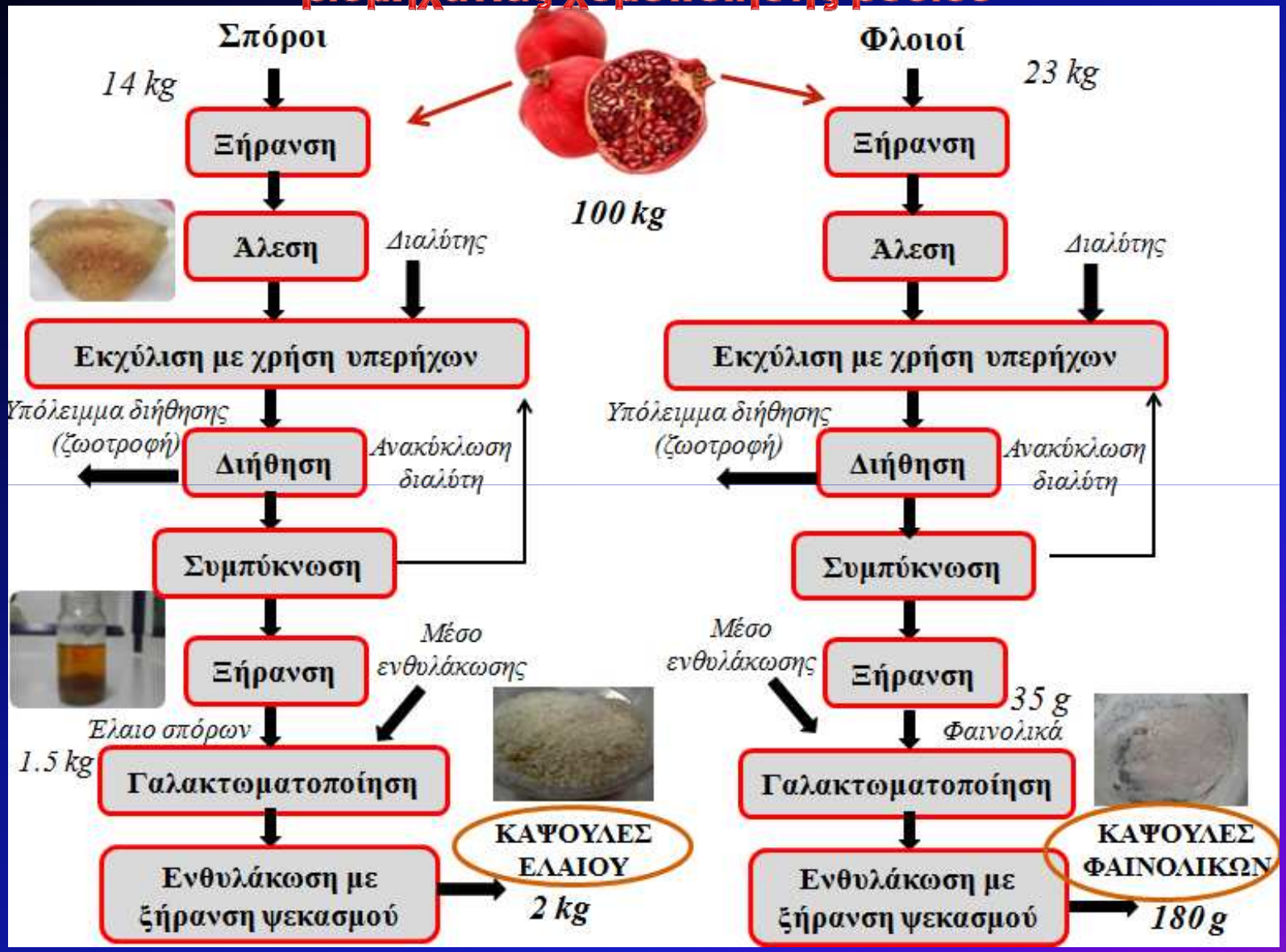
Αξιοποίηση παραπροϊόντων ροδιού

Ρόδι

- **Σπόροι**
  - **Ζωοτροφή**
  - **Καλλυντικά**
  - **Βιομηχανία τροφίμων**
    - **Παγωτά**
    - **Τσάι**
- **Φλοιός**
  - **Ζωοτροφή**
  - **Βιομηχανία τροφίμων**
  - **Φαρμακευτική ιατρική**

Pomegranate Peel

Προτεινόμενο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων βιομηχανίας χυμοποίησης ροδιού



- Πρόσθετα τροφίμων (π.χ. αντιοξειδωτικά)
- Πρόσθετα καλλυντικών (π.χ. σαμπουάν, κρέμες)

Εκχύλιση καροτενοειδών από φλοιό ροδιού (μετά την ανάκτηση των φαινολικών) και εμπλουτισμός ελαίου

α

Πλύσιμο, τεμαχισμός → Ξήρανση → Άλεση → Εκχύλιση με διαλύτη ← Οργανικός διαλύτης → Διήθηση → Εξάτμιση → Ανάμιξη ← Έλαιο

Κλασική μέθοδος εκχύλισης καροτενοειδών από φλοιούς ροδιού και ακόλουθος εμπλουτισμός ελαίου

β

Πλύσιμο, τεμαχισμός → Ξήρανση → Άλεση → Εκχύλιση υπερήχων με έλαιο ← Έλαιο → Διήθηση → Ίζημα (ζωοτροφή)

Προταθείσα μέθοδος εκχύλισης με υπερήχους και χρήση ελαίου ως διαλύτη, με αποτέλεσμα την απευθείας παραγωγή εμπλουτισμένου ελαίου

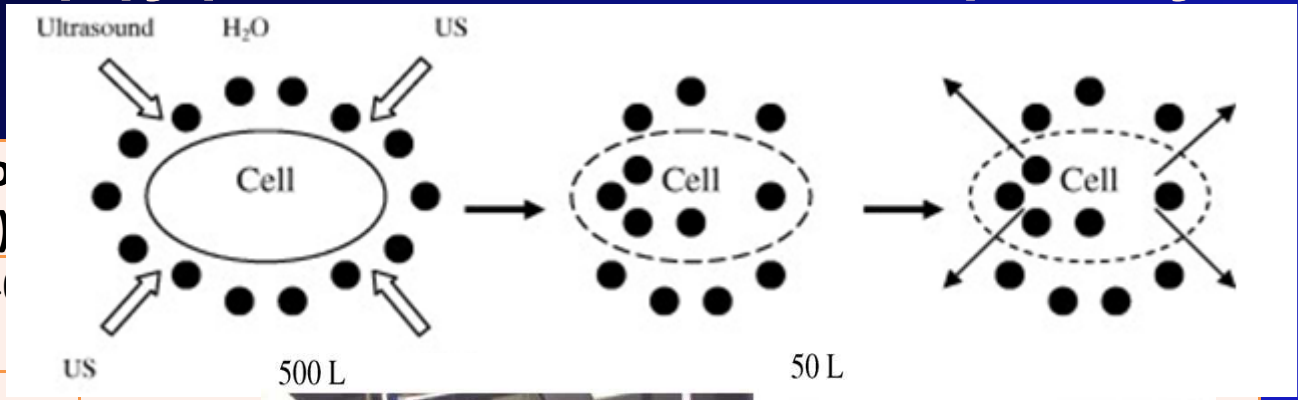
Methods for extraction of total phenolics from pomegranate peels.

Μέθοδοι παραλαβής φαινολικών ουσιών από φλοιούς ροδιού

Μέθοδος	Χρόνος (min)	Απόδοση	Αναφορά
Απλή ανάδευση	60-240	8.26-11.90 (g GAE/100 g dry matter)	Pan et al., 2011; Wang et al., 2011
Εκχύλιση με εφαρμογή πίεσης	15	25.80-26.40 (g GAE/100 g dry matter)	Cam & Hisil, 2008
Ενζυμικά υποβοηθούμενη με διαλύτη	85	21.87 (g GAE/100 g of extract)	Mushtaq et al., 2015
Υπερκρίσιμη εκχύλιση	85	30.15 (g GAE/100 g of extract)	Mushtaq et al., 2015
Εκχύλιση με υπερήχους	6-10	13.85-14.80 (g GAE/100 g dry matter)	Pan et al., 2011; Kaderides et al., 2015
Εκχύλιση με μικροκύματα	1-4	21.50-25.76 (g GAE/100 g dry matter)	Zheng et al., 2011; Papaoikonomou et al., 2016

Methods for extraction of total phenolics from pomegranate peels.

Μέθοδοι παραλαβής φαινολικών ουσιών από φλοιούς



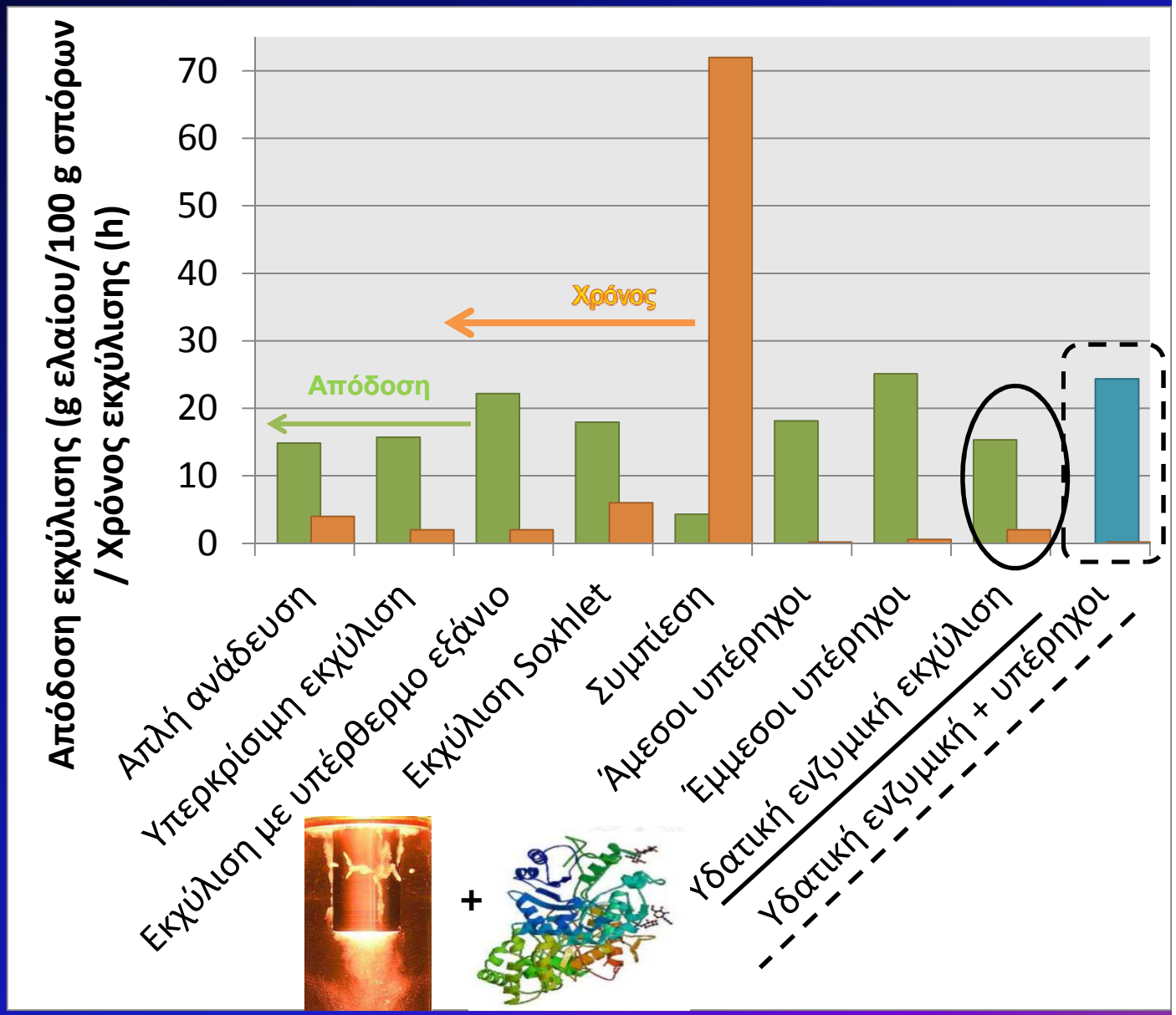
Μέθοδος	Χρόνο (min)	
Απλή ανάδευση	60-24	
Εκχύλιση με εφαρμογή πίεσης	15	(g GA
Ενζυμικά υποβοηθούμενη με διαλύτη	85	(g GA
Υπερκρίσιμη εκχύλιση	85	(g GA
Εκχύλιση με υπερήχους	6-10	(g GA
Εκχύλιση με μικροκύματα	1-4	(g GA

500 L

50 L

1000 L

Μέθοδοι παραλαβής ελαίου από σπόρους ροδιού



Applications of pomegranate peel phenolic extract in food products.

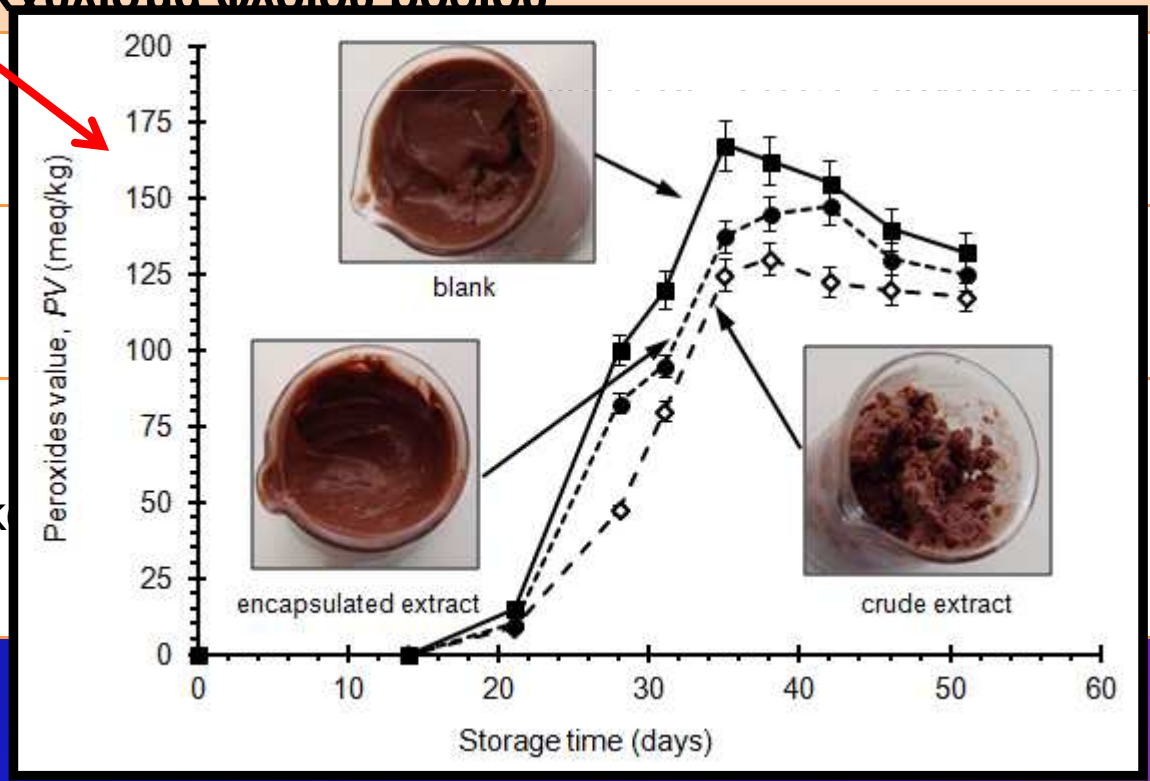
Εφαρμογές φαινολικού εκχυλίσματος φλοιού ροδιού σε τρόφιμα

Προϊόν	Δράση	Αναφορά
Ενθυλακωμένο εκχύλισμα φλοιού ροδιού		
Πραλίνα φουντουκιού	Αντιοξειδωτική	Kaderides et al., 2015
Παγωτό	Αντιοξειδωτική	Cam et al., 2014
Εκχύλισμα φλοιού ροδιού		
Γαρίδες Προμαγειρεμένο κρέας	Αντιμικροβιακή	Basiri et al., 2015; Hayrapetyan et al., 2012
Ψωμί	Αντιοξειδωτική	Paari et al., 2012; Altunkaya et al., 2013
Φυτικά έλαια Μαγειρεμένο κοτόπουλο Χάμπουργκερ	Σταθεροποίηση ακόρεστων λιπαρών οξέων	Iqbal et al., 2008; Kanatt et al., 2010; Kumudavally et al, 2009; Naveena et al., 2008

Applications of pomegranate peel phenolic extract in food products.

Εφαρμογές φαινολικού εκχυλίσματος φλοιού ροδιού σε τρόφιμα

Προϊόν	Δράση	Αναφορά
Ενθυλακωμένο εκχύλισμα φλοιού ροδιού		
Πραλίνα φουντουκιού	Αντιοξειδωτική	Kaderides et al., 2015
Παγωτό	Αντιοξειδωτική	Cam et al., 2014
Γαρίδες Προμαγειρεμένο κρέας		
Ψωμί		
Φυτικά έλαια Μαγειρεμένο κοτόπουλο Χάμπουργκερ		

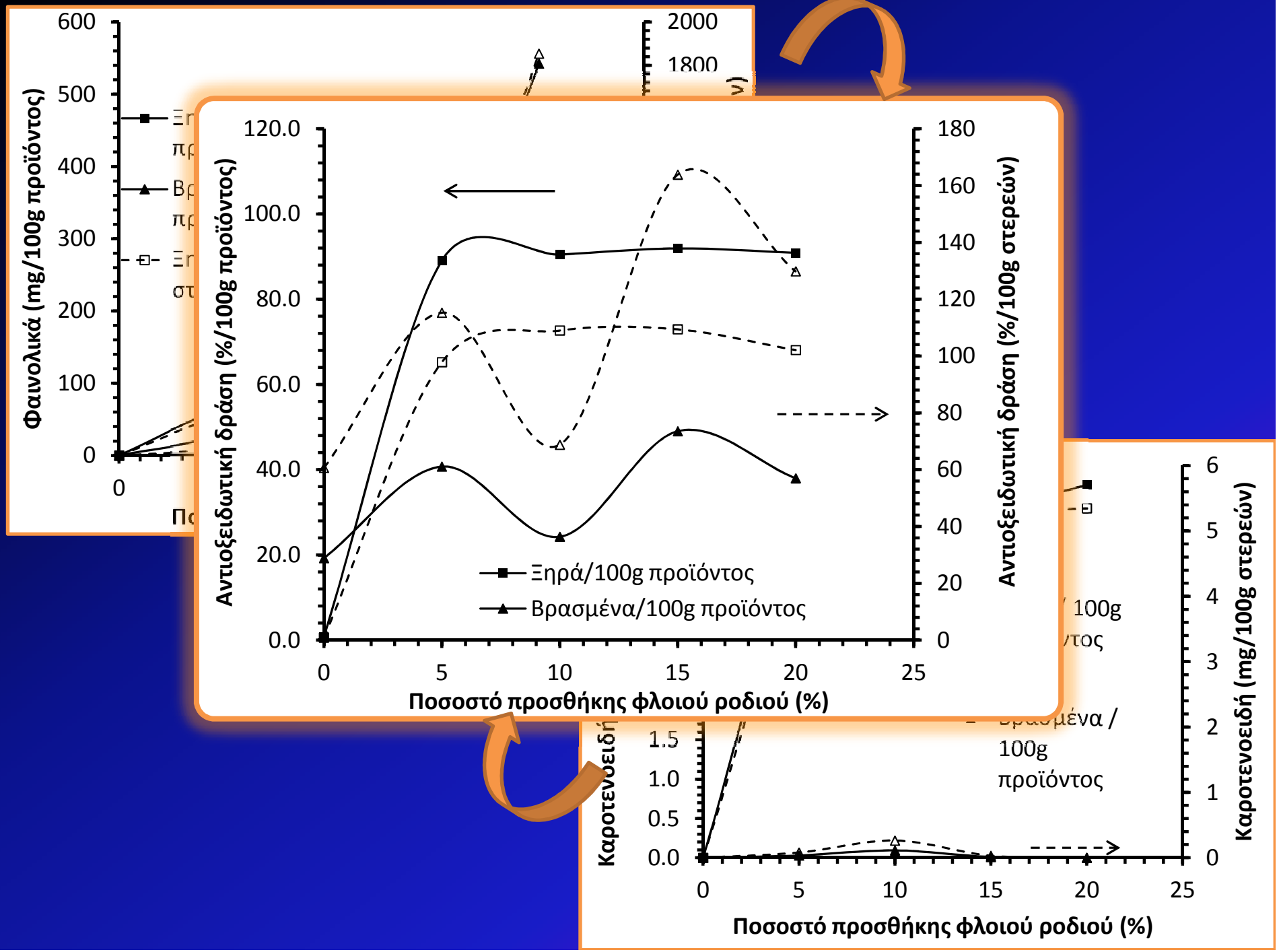


Προσθήκη σκόνης φλοιού ροδιού σε ζυμαρικά

Αντικατάσταση σιμιγδαλιού-αλεύρου με σκόνη φλοιού ροδιού σε ποσοστό 5, 10, 15, 20%

<u>ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</u>

- Περιεκτικότητα ζυμαρικού σε ολικά αντιοξειδωτικά, φαινολικά, καροτενοειδή, διαιτητικές ίνες
- Ικανότητα βρασμού
- Χρώμα
- Οργανοληπτικός έλεγχος


Φαινολικά (mg/100g προϊόντος)
600
500
400
300
200
100
0
0
2000
1800
Αντιοξειδωτική δράση (%/100g προϊόντος)
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
Αντιοξειδωτική δράση (%/100g στερεών)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
Ξηρά/100g προϊόντος
Βρασμένα/100g προϊόντος
Ποσοστό προσθήκης φλοιού ροδιού (%)
Καροτενοειδή
1.5
1.0
0.5
0.0
Καροτενοειδή (mg/100g στερεών)
6
5
4
3
2
1
0
0
5
10
15
20
25
100g
προϊόντος
Ποσοστό προσθήκης φλοιού ροδιού (%)

ΝΕΑ ΤΑΣΗ : Αξιοποίηση αποβλήτων

Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση ολοκληρωμένων συστημάτων που μπορούν να μετατρέψουν τα απόβλητα σε ωφέλιμα προϊόντα/συστατικά υψηλής προστιθέμενης αξίας, ενώ παράλληλα εξασφαλίζουν πλήρη απορρύπανση

Απόβλητα τροφίμων

- υψηλή φυτοτοξικότητα
- ρύπανση υδάτων,
- απειλή του υδάτινου περιβάλλοντος,
- δυσάρεστες οσμές

Αντικείμενο κατεργασίας, περιορισμού και πρόληψης

Πηγή βιολειτουργικών

Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση διεργασιών:

- ✓ εκχύλισης
- ✓ ζύμωσης
- ✓ ξήρανσης ψεκασμού
- ✓ ενθυλάκωσης

Σας ευχαριστώ!