



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROGETTO PON R&I 2014-2020
**POFACS - CONSERVABILITÀ, QUALITÀ E SICUREZZA DEI PRODOTTI ORTOFRUTTICOLI AD
ALTO CONTENUTO DI SERVIZIO**
(AGRIFOOD ARS01_00640, Decreto Direttoriale n. 1211 del 30 luglio 2020 e 1104 del 12 maggio 2021)

Recupero di nutraceutici da sottoprodotti della lavorazione di frutta e agrumi

Gabriele Ballistreri, CREA-OFA Acireale
E-mail: gabriele.ballistreri@crea.gov.it

Frutta e agrumi: ricerca e innovazione per implementare qualità, sicurezza e contenuto di servizio

15 settembre 2023 ORE 9,30
CREA Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura
Corso Savoia, 190 Acireale (CT)



OR 8. Innovazioni in post-raccolta per migliorare la sostenibilità del processo
(Responsabile OR 8: Dott. Gabriele Ballistreri, CREA-OFA)

Attività 8.1 Utilizzo di scarti di lavorazione come substrati per probiotici starter nella produzione di IV gamma funzionale biologica
(Responsabile attività: Prof. Giuseppe Spano, UNIFG)



Attività 8.2 Recupero di nutraceutici da sottoprodotti delle lavorazioni di IV gamma
(Responsabile attività: Prof.ssa Antonietta Baiano, UNIFG)



Attività 8.3 Recupero di nutraceutici da sottoprodotti della lavorazione del melograno per la preparazione di prodotti di IV gamma
(Responsabile attività: Dott. Gabriele Ballistreri, CREA-OFA)





	<p>OR 8. Innovazioni post-raccolta per migliorare la sostenibilità del processo</p>
	

Impiego degli scarti agroalimentari



Recupero di **nutraceutici** da sottoprodotti della lavorazione di frutta e agrumi

➤ **COMPOSTI BIOATTIVI PRESENTI NON SOLO NEGLI ALIMENTI MA ANCHE NEGLI SCARTI**



➤ **Utilizzo degli scarti come risorsa di prodotti con effetti benefici per la salute**

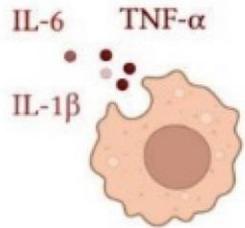
NUTRACEUTICI



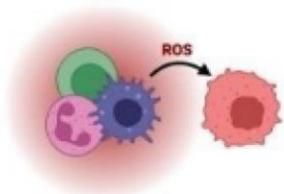
IL NUTRACEUTICO è un preparato (pillole, capsule, ecc.) contenente gli ingredienti attivi (*bioactive compounds*) presenti in un alimento, ma estratti, purificati, concentrati e standardizzati e quindi assumibili a concentrazioni superiori a quelle ottenibili con la dieta.



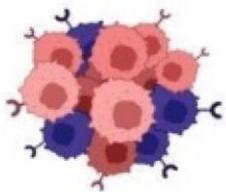
EFFECTS ON HEALTH OF BIOACTIVE COMPOUNDS



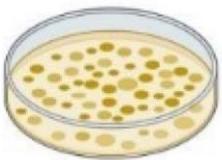
Anti-inflammatory



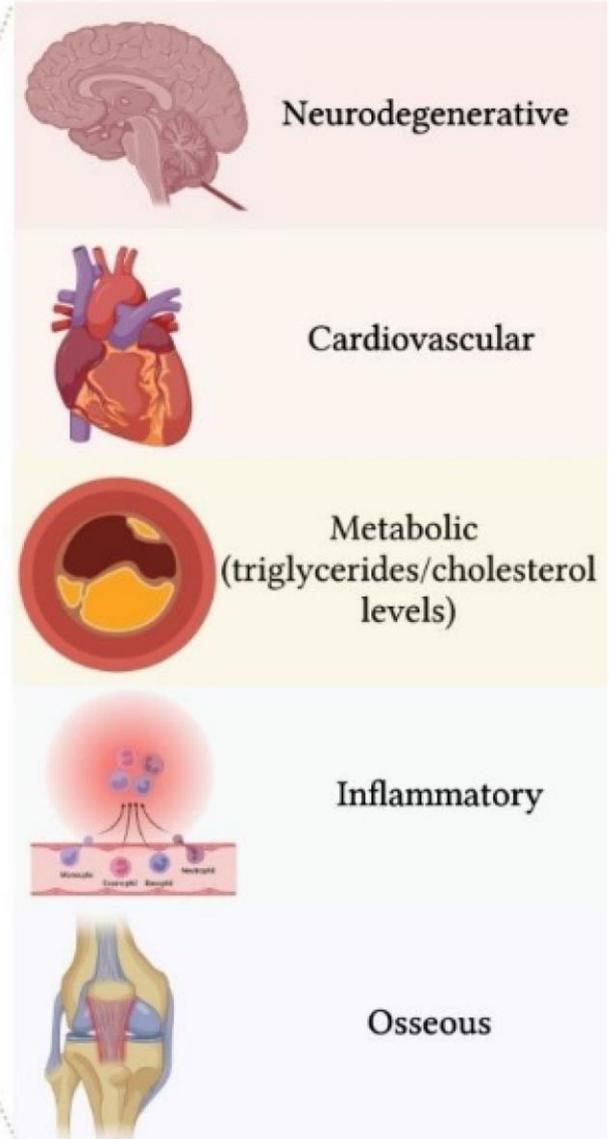
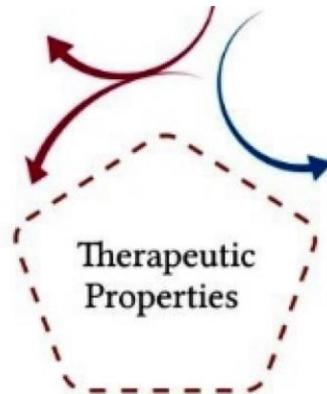
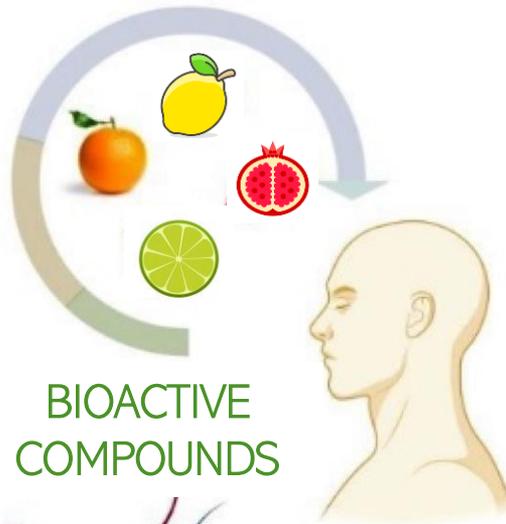
Anti-oxidative



Antitumor



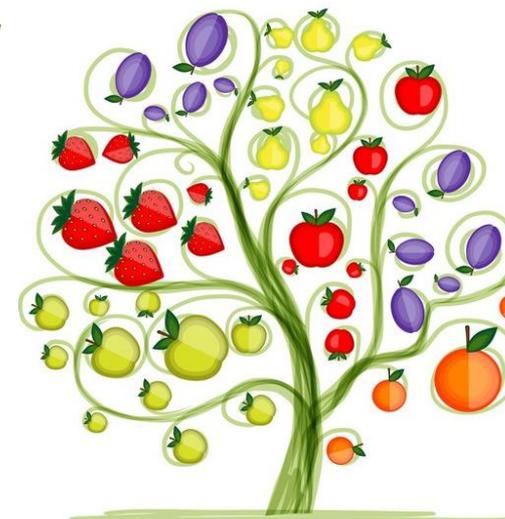
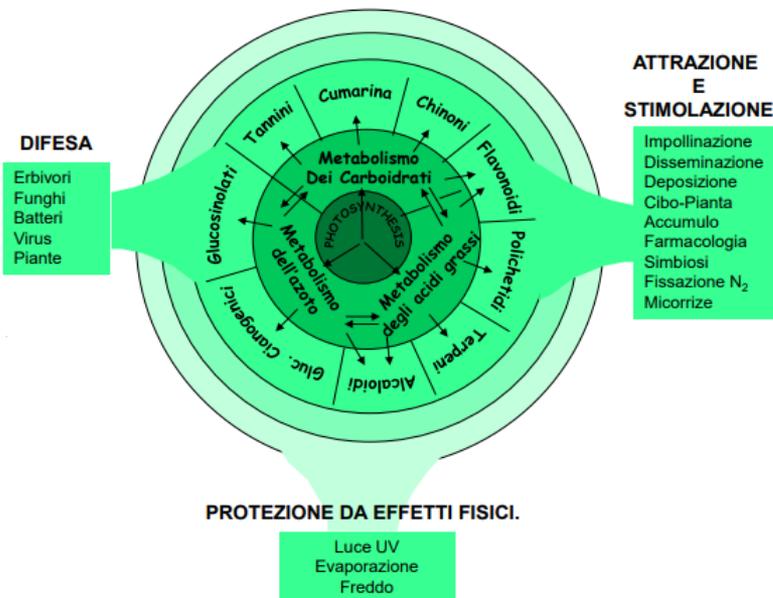
Antimicrobial



Una singola pianta produce da 5.000 a 25.000 composti bioattivi diversi grazie alla plasticità adattativa dei vegetali al mutare delle condizioni ambientali.

Metaboliti Secondari

- Terpeni
- Composti Fenolici
- Alcaloidi



La caratterizzazione chimico strutturale di questo enorme numero di molecole di origine vegetale con potenziale bioattività e lo sviluppo di tecniche estrattive costituisce una sfida!



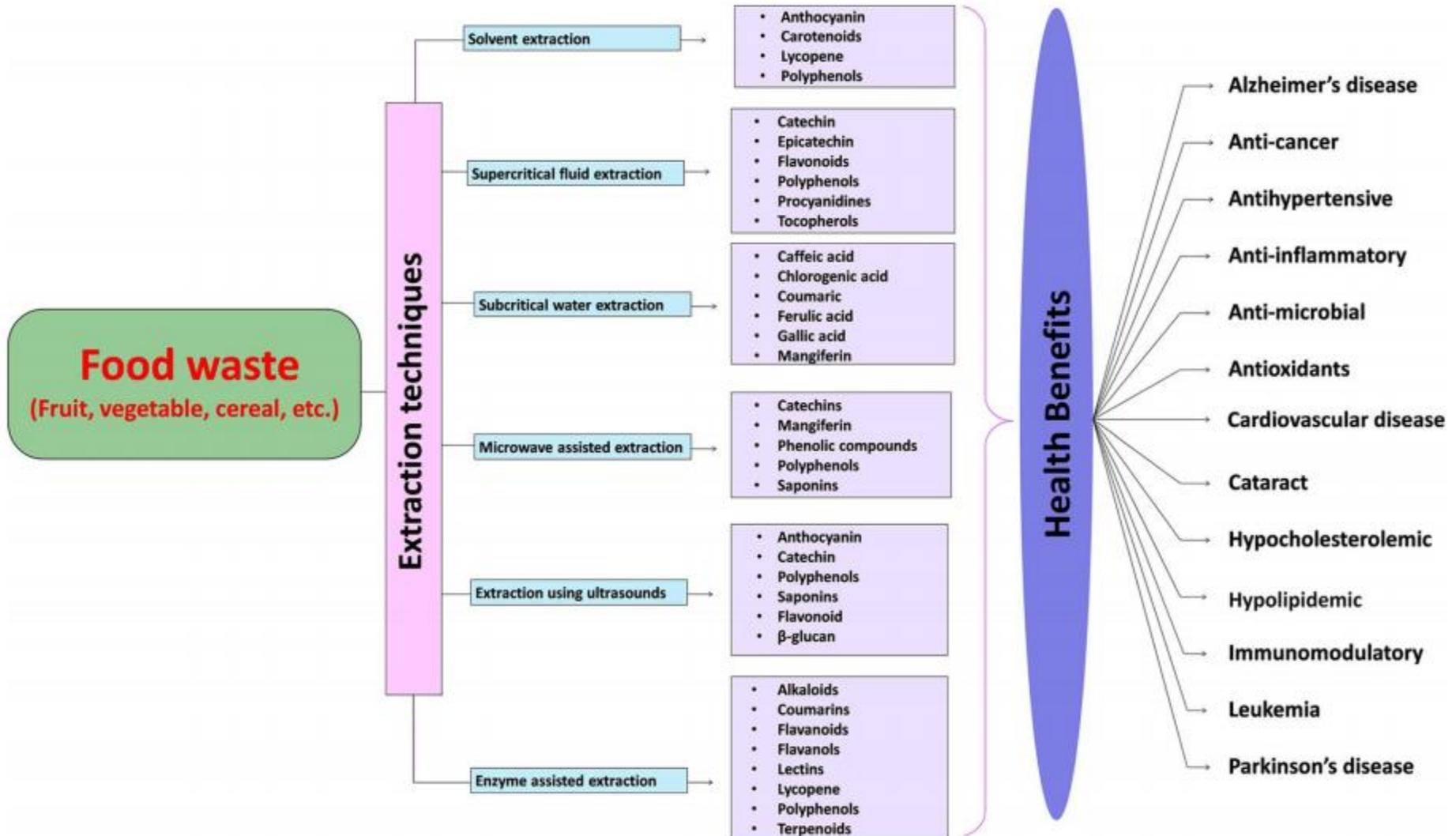
IMPORTANZA DELLE TECNICHE ESTRATTIVE

L'estrazione dei principi attivi da matrici vegetali può essere realizzata con metodi differenti.

I sistemi estrattivi sono esaustivi quando si effettua la giusta combinazione di tre importanti elementi:

1. Pretrattamento della matrice;
2. Scelta del solvente estrattivo;
3. Selezione del metodo di estrazione.





A schematic representation of different techniques for extraction of bioactive compounds from food wastes and their health benefits

Transizione verso tecniche «Green»

- Alcune tecniche di estrazione tradizionali prevedono l'uso di solventi organici, elevate temperature e lunghi tempi di estrazione con esiti spesso negativi, quali danni alla salute, all'ambiente e deterioramento dei principi attivi e delle matrici vegetali.
- Tuttavia, tali tecniche, attraverso opportuni accorgimenti, quali l'utilizzo di solventi eco-friendly e modulazione di parametri fisici (temperature di trattamento, dimensione delle particelle, umidità del campione), possono diventare «Green»



C
O
N
V
E
N
T
I
O
N
A
L

MACERATION

- Long time process
- High quantity of solvent
- Low cost
- Simple method
- Ideal for thermostable compounds

SOXHLET

- Long time process
- Low quantity of solvent

EXTRACTION METHODS

EXTRACTION METHODS

ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION (UAE)

- Simple method
- Low consumption of solvent and energy
- Short time process

MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION (MAE)

- Low cost equipment
- Low consumption of solvent
- Not suitable for heat-labile compound

SUPERCritical FLUID EXTRACTION (SFE)

- Fast extraction
- Low quantity of solvent
- High yields
- Not suitable for thermostable compounds

PRESSURIZED LIQUID EXTRACTION (PLE)

- Complex operations
- High cost
- Higher selectivity for non-polar compounds
- Ideal for thermostable compounds

ENZYME-ASSISTED EXTRACTION (EAE)

- High costs of enzymes
- High selectivity

G
R
E
E
N



Transizione verso tecniche «Green»

Infatti, negli ultimi decenni, è cresciuto l'interesse verso tecniche di estrazione più ecosostenibili ed innovative.

I vantaggi possono essere valutati in termini di riduzione dei tempi, dei solventi impiegati e dell'energia necessaria.

Esse vantano inoltre una riproducibilità delle rese, con conseguente diminuzione dei costi d'esercizio



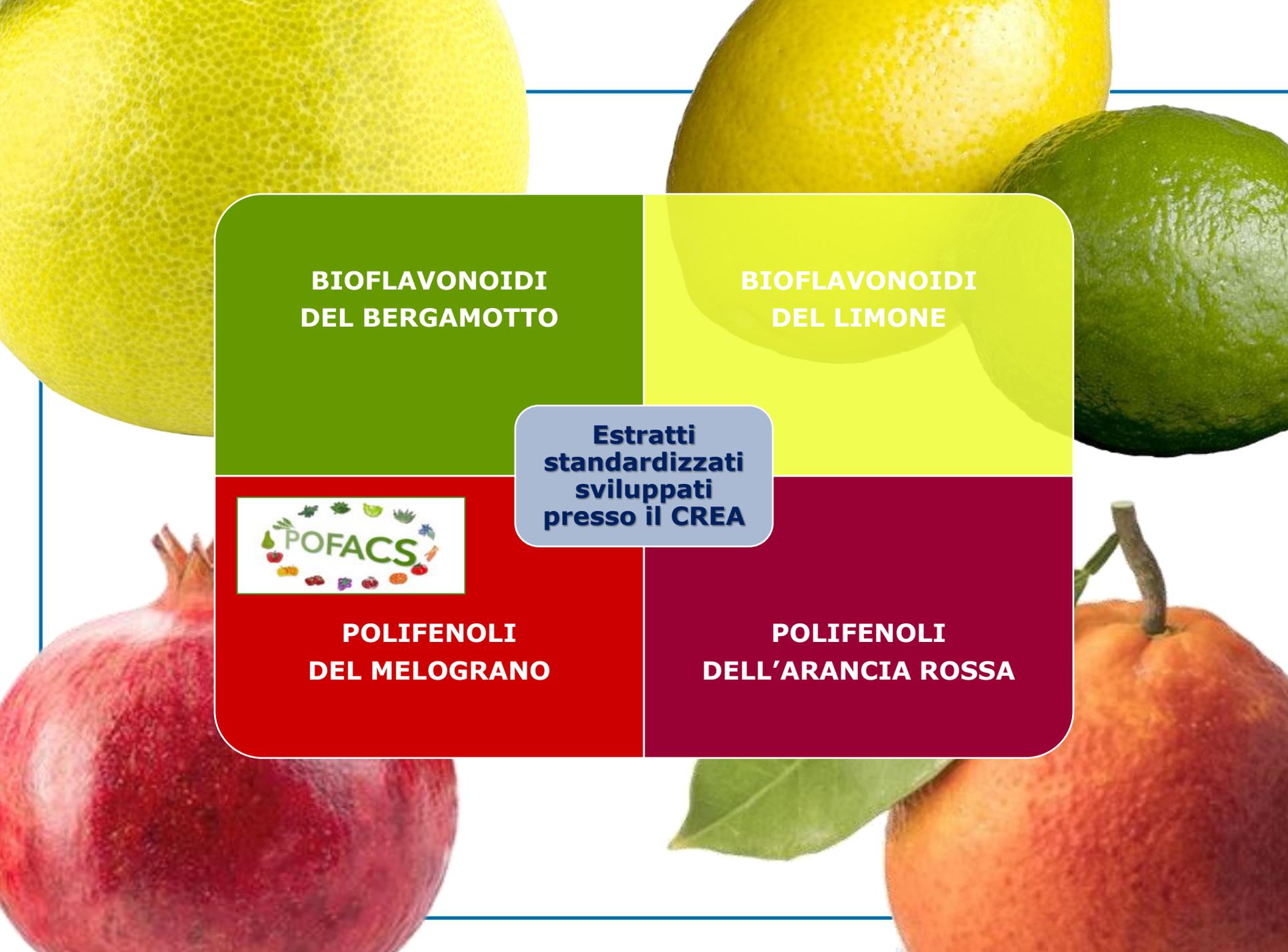


**Impianto di deterpenazione a
freddo degli oli essenziali.**



**Impianto a resine per l'estrazione
di sostanze biologicamente attive**





**BIOFLAVONOIDI
DEL BERGAMOTTO**

**BIOFLAVONOIDI
DEL LIMONE**

**Estratti
standardizzati
sviluppati
presso il CREA**



**POLIFENOLI
DEL MELOGRANO**

**POLIFENOLI
DELL'ARANCIA ROSSA**

oltre
700.000 tonnellate
di scarti

prodotti dall'industria agrumicola

ogni anno

PASTAZZO

FRESCO

Alimentazione animale; impianti biogas; ecc.

ESSICCATO

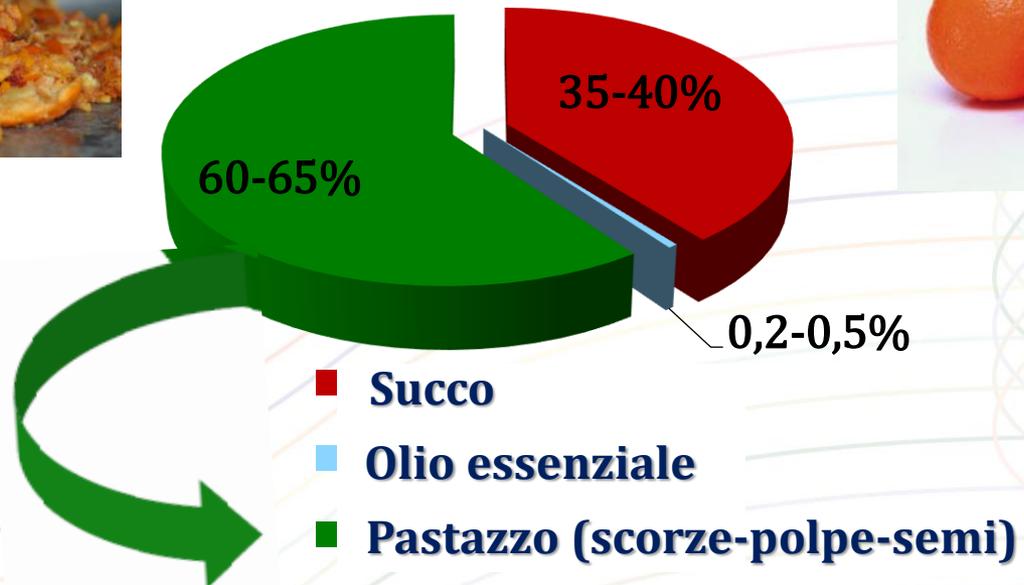
Integratore di mangimi

COMPOST

Ammendante in agricoltura

ESTRAZIONE DI SOSTANZE BIOATTIVE

PERCENTUALI DI OGNI SINGOLO DERIVATO OTTENUTO DALLA TRASFORMAZIONE DEGLI AGRUMI



CONCENTRAZIONE DI BIOFLAVONOIDI NEL "PASTAZZO"

3 - 5 kg/ton

RECUPERO DEI COMPOSTI BIOLOGICAMENTE ATTIVI da residui dell'industria di lavorazione delle arance pigmentate



LIQUOR / PULP WASH



ENZIMAZIONE / FILTRAZIONE

ADSORBIMENTO SU RESINA

Depigmentato

**H₂O:EtOH (40:60)
+ 1% acido citrico**

ELUIZIONE

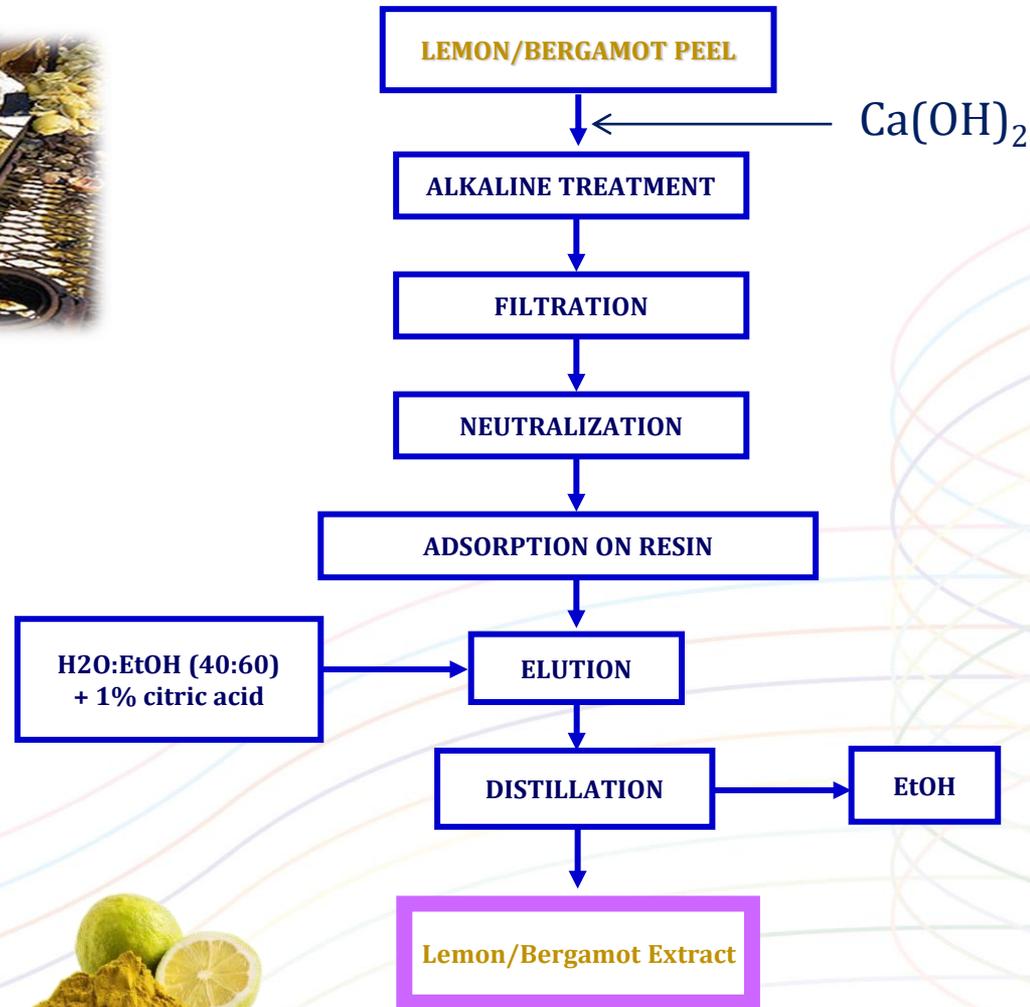
DISTILLAZIONE

EtOH

ESTRATTO

spray-drying







RED ORANGE PULP-WASH SOLUTION

LEMON PEEL

ENZYMATIC TREATMENT-ULTRAFILTRATION

ALKALINE TREATMENT

Ca(OH)_2

ADSORPTION ON RESIN

FILTRATION

**H₂O:EtOH (40:60)
+ 1% citric acid**

ELUTION

NEUTRALIZATION

DISTILLATION

EtOH

ADSORPTION ON RESIN

Red Orange Extract

**H₂O:EtOH (40:60)
+ 1% citric acid**

ELUTION

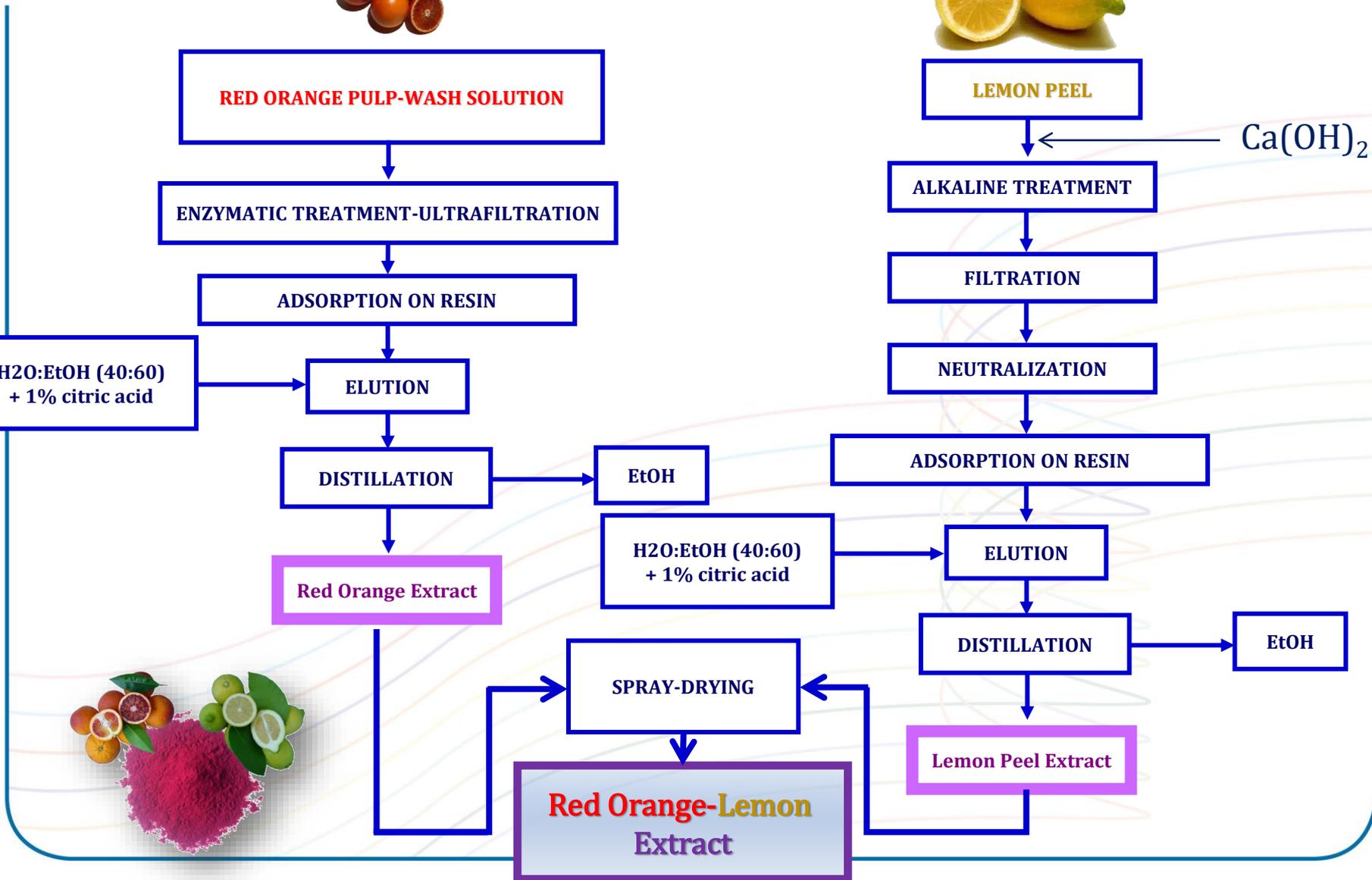
DISTILLATION

EtOH

SPRAY-DRYING

Lemon Peel Extract

**Red Orange-Lemon
Extract**



Composizione media dell'estratto

Principio attivo	%
Antocianine totali	2,05 ± 0,2
Flavanoni totali	17,28 ± 0,3
Acidi idrossicinnamici totali	1,70 ± 0,2

Red Orange-Lemon Extract



Attività Biologica

- ❑ Attività antiallergica per il trattamento delle allergie e sindrome atopica;
- ❑ Attività antiobesità per il controllo del peso corporeo;
- ❑ Attività ipoglicemizzante e ipocolesterolemizzante;
- ❑ Attività inibente la progressione della nefropatia diabetica.



Natural Product Research
Formerly Natural Product Letters



ISSN: 1478-6419 (Print) 1478-6427 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/gnpl20>

A new standardized phytoextract from red orange and lemon wastes (red orange and lemon extract) reduces basophil degranulation and activation

Massimo Caruso, Simona Fabroni, Rosalia Emma, Gabriele Ballistreri, Margherita Amenta, Walter Currenti, Calogero Rinzivillo & Paolo Rapisarda

Received: 10 April 2019 | Revised: 7 May 2019 | Accepted: 8 May 2019
DOI: 10.1002/jcp.28893

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

Journal of Cellular Physiology WILEY

A red orange and lemon by-products extract rich in anthocyanins inhibits the progression of diabetic nephropathy

Sara Damiano¹ | Patrizia Lombardi² | Erika Salvi³ | Massimo Papale⁴ | Antonio Giordano^{5,6} | Margherita Amenta⁷ | Gabriele Ballistreri⁷ | Simona Fabroni⁷ | Paolo Rapisarda⁷ | Giovambattista Capasso² | Iris Maria Forte⁸ | Daniela Barone⁸ | Roberto Ciarcia¹

Received: 26 November 2019 | Accepted: 19 December 2019
DOI: 10.1002/jcp.29425



ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

Journal of Cellular Physiology WILEY

Red orange and lemon extract prevents the renal toxicity induced by ochratoxin A in rats

Sara Damiano¹ | Valentina Iovane² | Caterina Squillacioti¹ | Nicola Mirabella¹ | Francesco Prisco¹ | Andrea Ariano¹ | Margherita Amenta³ | Antonio Giordano^{4,5} | Salvatore Florio¹ | Roberto Ciarcia¹

NATURAL PRODUCT RESEARCH
<https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1721493>

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

SHORT COMMUNICATION



In vitro effects of bioflavonoids rich lemon extract on pre-adipocyte differentiation

Giuseppe Carota^a, Marco Raffaele^a, Margherita Amenta^b, Gabriele Ballistreri^b, Simona Fabroni^b, Paolo Rapisarda^b, Luca Vanella^a and Valeria Sorrenti^a



Sviluppo di un nuovo estratto dagli scarti dell'industria di lavorazione del bergamotto.



CHEMICAL COMPOSITION	
Active ingredients	Percentage (w/w)
Flavanones (HPLC) (Naringin, Neohesperidin, Neohesperidin, Neohesperidin, Neohesperidin and others*)	$\geq 40.0\%$

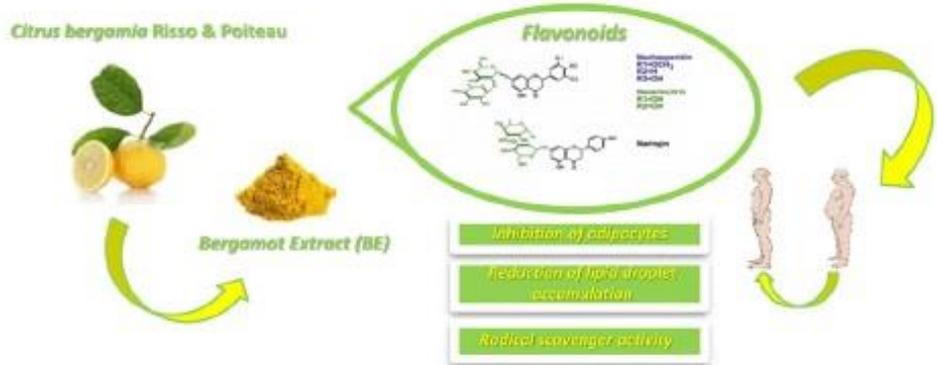
NATURAL PRODUCT RESEARCH
<https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1768085>



SHORT COMMUNICATION

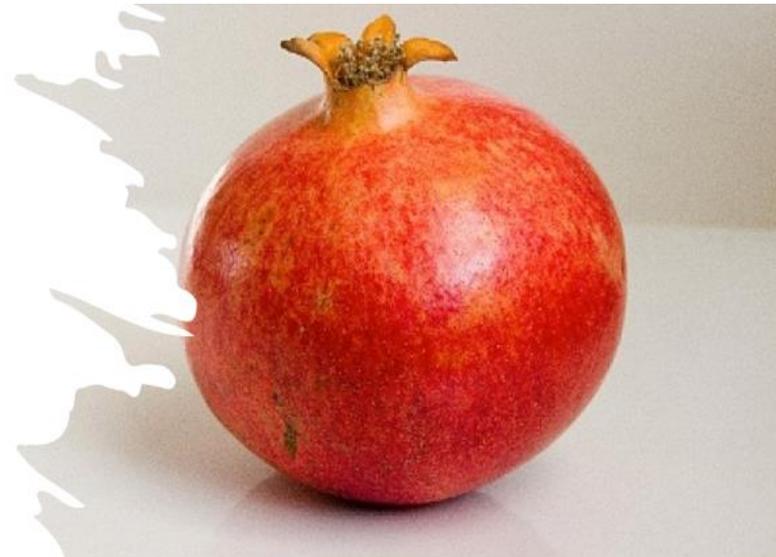
Evaluation of lipid and cholesterol-lowering effect of bioflavonoids from bergamot extract

Gabriele Ballistreri^a , Margherita Amenta^a, Simona Fabroni^a ,
Valeria Consoli^b, Salvo Grosso^b, Luca Vanella^b, Valeria Sorrenti^b and
Paolo Rapisarda^a 



OR 8. Innovazioni post-raccolta per migliorare la sostenibilità del processo

- **Attività 8.3** Recupero di
nutraceutici da sottoprodotti della
lavorazione del melograno per la
preparazione dei prodotti di IV gamma



- **Responsabile:** Gabriele Ballistreri,
CREA-OFA-ACIREALE

OR 8. Innovazioni post-raccolta per migliorare la sostenibilità del processo

Attività 8.3 **Recupero di nutraceutici da sottoprodotti della lavorazione del melograno** per la preparazione dei prodotti di IV gamma

MELAGRANA

Parte edibile: 60-70%
Scarto: 30-40%



Obiettivo dell'attività

Messa a punto di protocolli di estrazione ecosostenibili per il recupero di composti bioattivi dall'esocarpo e dalle membrane interne del frutto di melograno mediante tecnologie estrattive green

Fase 1: preparazione del campione

Fase 2: estrazione solido/liquido a basse temperature

Fase 3: caratterizzazione chimica



Fase 1: preparazione del campione



triturazione
(10-15 mm)

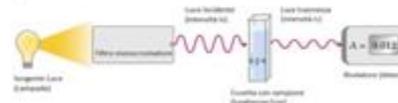
ESTRAZIONE COMPOSTI BIOATTIVI

Fase 2: estrazione solido/liquido a basse temperature

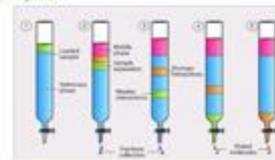


Fase 3: caratterizzazione chimica quantitativa e qualitativa

- ❖ Analisi spettrofotometrica: contenuto totale di polifenoli



- ❖ Analisi HPLC-UV: analisi qualitative dei singoli composti

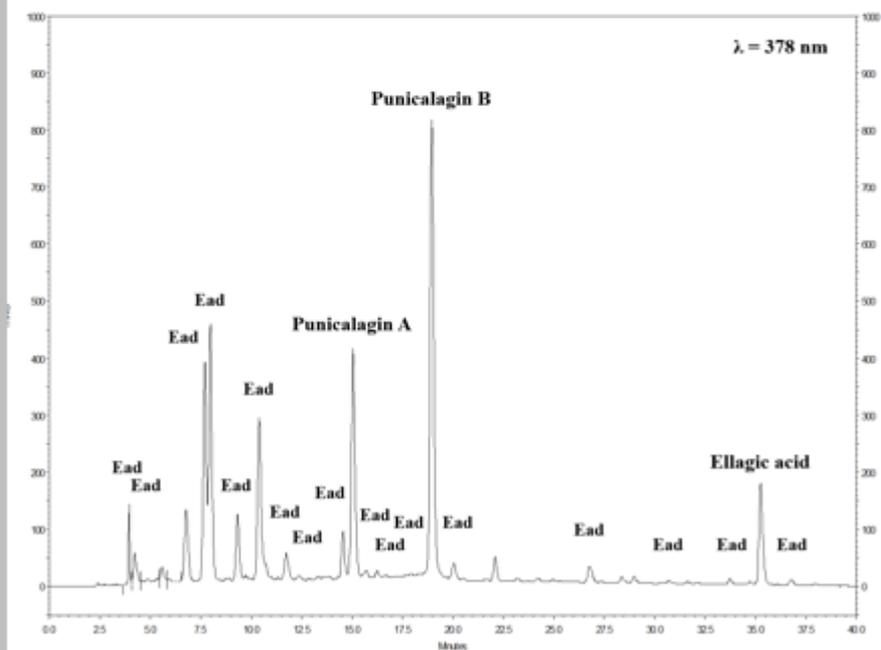


Caratterizzazione chimica



- Messa a punto dei protocolli analitici per la determinazione dei composti bioattivi;
- Caratterizzazione chimica (composti fenolici) dei sottoprodotti del melograno.

Cromatogramma HPLC dei composti fenolici dei sottoprodotti melograno.



Composti fenolici	λ_{max} (nm)
Ead *	248, 366
Punicalagina A	258, 378
Punicalagina B	257, 378
Acido ellagico	256, 367

*Ead: derivati acido ellagico

ESTRAZIONE COMPOSTI BIOATTIVI
estrazione solido/liquido a basse temperature

MELAGRANA



WONDERFUL



PARFIANKA



ACCO



HICAZ



Serbatoio con solvente (acqua) e matrice vegetale (1:10 p/v)



**ESTRATTORE AD
ULTRASUONI**



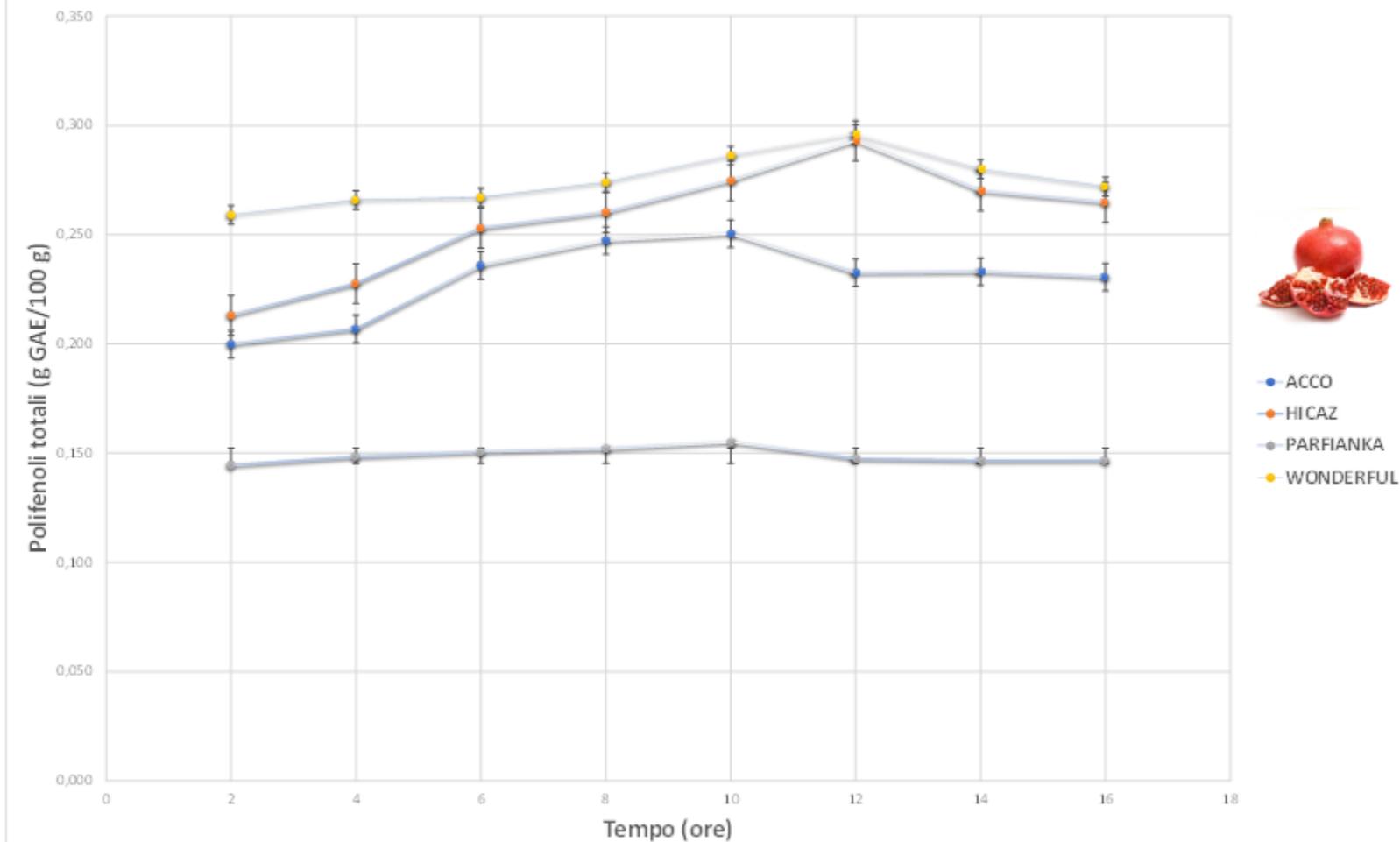
**ACCO
HICAZ
PARFIANKA
WONDERFUL**

- Capacità nominale: 30 litri
- Agitatore a velocità variabile
- 3 trasduttori a ultrasuoni
- Potenza ultrasuoni 900 W
- Sistema di filtrazione sottovuoto

Estratto Liquido



ULTRASUONI





WONDERFUL

APPLICATIONS



Chemical reactions



Biomass pre-treatment
(Biogas & bioethanol plants)



Biodiesel



Food

CAVITAZIONE

Extraction



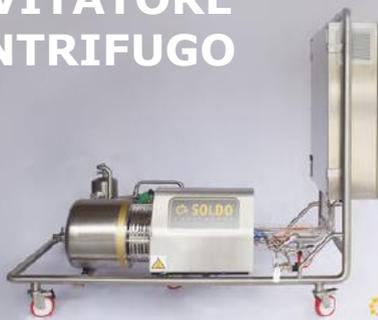
Cosmetic



Wastewater

Cavitatore centrifugo	Acciaio Inox SS316 - Facile da aprire e pulire -doppia tenuta flussata Potenza installata: 5,5 kW	
Pompa volumetrica	Pmax: 10 bar Max granulometria: 10-15 mm Max viscosità: 10.000.000 Mpa Max portata: 0,55 m3/h	
PT1/PT3	Sensori di pressione - 1-10 bar 4-20 mA	
TT2/TT4	Sensori di temperatura 0-150°C 4-20 mA	
FC6	Sensori di portata 4-20 mA	
Quadro elettrico	con inverter (VFD) 5,5 kW, PLC, HMI Touch	

CAVITATORE CENTRIFUGO



SOLDO
CAVITATORS

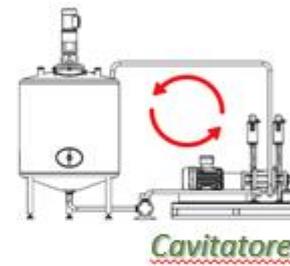
- Cavitatore centrifugo potenza 5,5 kW
- Pompa volumetrica portata max 0,55 m3/h



WONDERFUL



Serbatoio con solvente (acqua) e matrice vegetale (1:10 p/v)



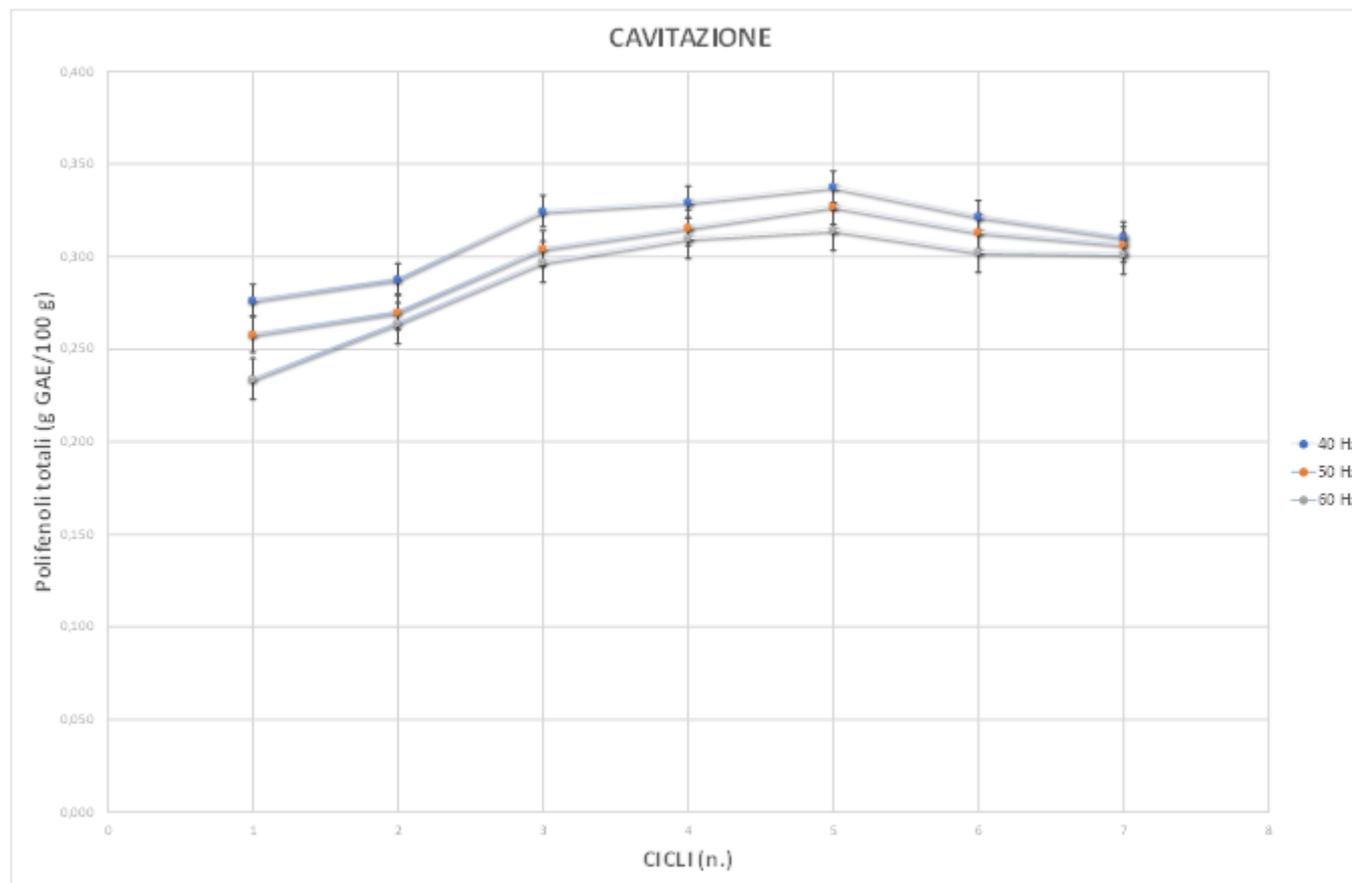
Scarico



Filtrazione

Estratto Liquido



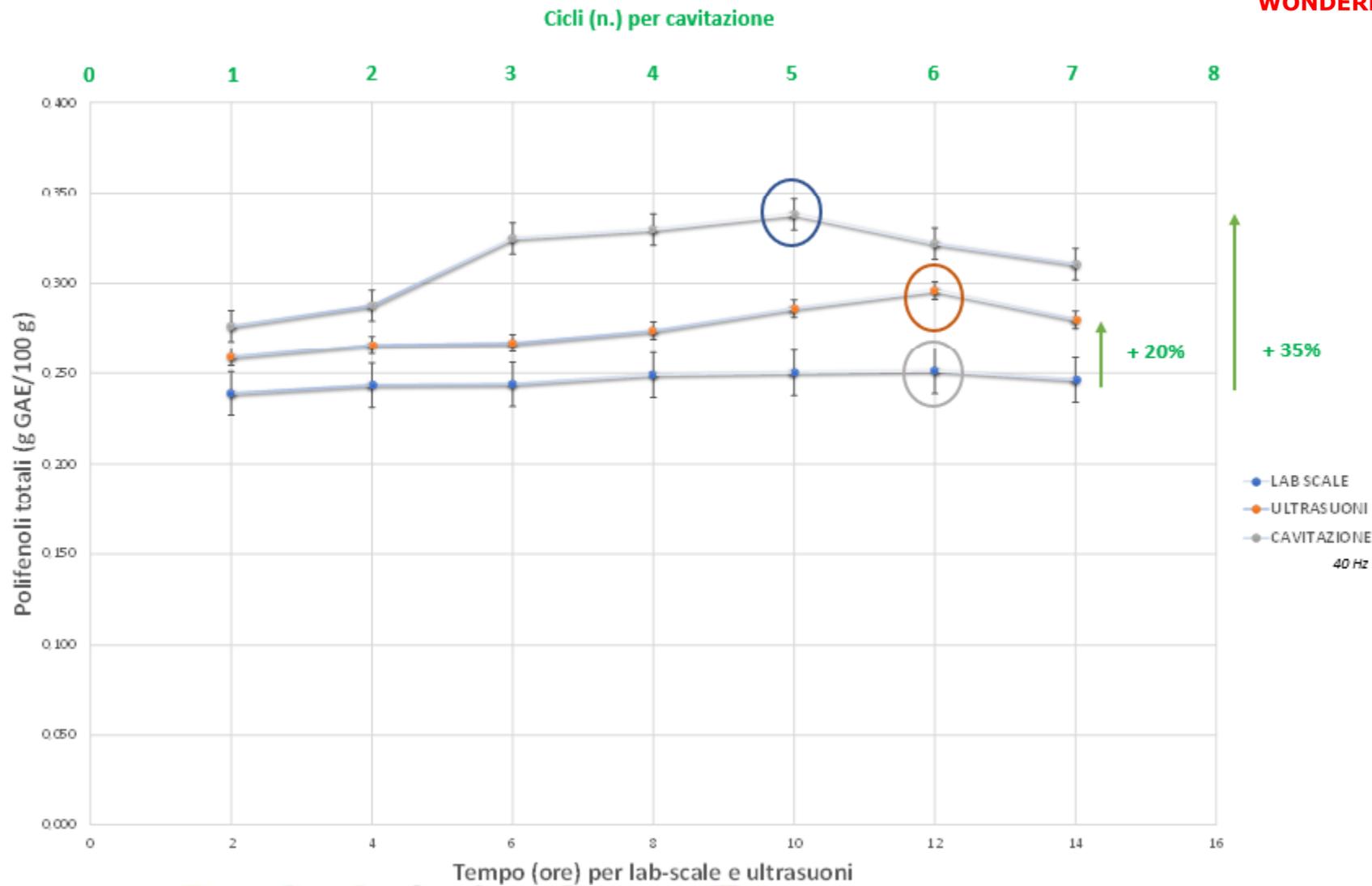


WONDERFUL

Durata cicli (min)
40 Hz (60 min)
50 Hz (30 min)
60 Hz (15 min)



WONDERFUL



MELAGRANA



VALENCIANA



JOLLY RED



Risultati ottenuti:

- Messa a punto dei protocolli analitici per la determinazione dei composti bioattivi;
- Caratterizzazione chimica (composti fenolici) dell'estratto di melograno;
- Messa a punto dei protocolli di estrazione dei composti bioattivi dai sottoprodotti.

La standardizzazione dei processi di estrazione per l'ottenimento di estratti standardizzati dal punto di vista della concentrazione in composti bioattivi (deliverable(s) attività 8.3) è in progress.



pofacs.it

https://www.pofacs.it



HOME IL PROGETTO OBIETTIVI REALIZZATI PARTNER EVENTI E NOTIZIE DOCUMENTI LINK UTILI CONTATTI

Home / [Obiettivi realizzati](#) / OR8. Innovazioni in post-raccolta per migliorare la sostenibilità del processo

OR8. Innovazioni in post-raccolta per migliorare la sostenibilità del processo

L'OR8 include tre attività di cui due di Sviluppo Sperimentale (SS) ed una di Ricerca Industriale (RI).

- Analisi di scarti alimentari prodotti da IV gamma biologica al fine di produrre biomassa microbica e selezione della migliore combinazione per la produzione di IV gamma funzionale.** Gli obiettivi correlati a tali attività sono l'analisi di diversi scarti alimentari da prodotti di IV gamma biologica al fine di produrre biomassa microbica e l'utilizzo di ingredienti biologici esogeni per migliorare le prestazioni dei probiotici. Applicazione della migliore combinazione scarto/ceppo probiotico per produrre biomassa probiotica e IV gamma biologica funzionale.
- Messa a punto di sistemi e condizioni ecosostenibili per l'estrazione di nutraceutici aventi elevata attività antiossidante dagli scarti di lavorazione della IV gamma,** mediante applicazione e ottimizzazione di tecniche di estrazione a basso impatto ambientale (ultrasuoni, microonde, estrazione con enzimi). L'obiettivo generale consiste nella standardizzazione di sistemi e condizioni ecosostenibili per l'estrazione di composti bioattivi dagli scarti derivanti dalla lavorazione di prodotti orticoli di IV gamma nell'ottica della realizzazione della cosiddetta economia circolare.
- Messa a punto di protocolli di estrazione ecosostenibili per il recupero di composti bioattivi dall'esocarpo e dalle membrane interne del frutto di melagrano,** mediante tecnologie estrattive green (estrazione con fluidi supercritici, filtrazione a membrana). L'obiettivo generale consiste nella standardizzazione dei processi di estrazione dei composti bioattivi dai sottoprodotti della lavorazione del melagrano per l'ottenimento di estratti nutraceutici ricchi in polifenoli.

 **Responsabile:** Gabriele Ballistreri
[E-mail](#)



Attività 8.1



Attività 8.3

Attività 8.2

CONTATTI

Tel. +39 095 305 211
E-mail progetto@pofacs.it
PEC: aff@crea.crea.gov.it

SEDE LEGALE

Via della Navicella 2/A
00184 Roma
Partita IVA 08183101008
CF: 97231970969

SEDE OPERATIVA

Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivismo
Via dei Cavalleggeri 25,
04098 Pontecagnano (SA)

MENU

[Il progetto](#)
[Obiettivi realizzati](#)
[Partner](#)
[Eventi e Notizie](#)
[Documenti](#)
[Link utili](#)
[Contatti](#)

ISCRIVITI ALLA NEWSLETTER

Indirizzo Email

OK

OR 8 - Innovazioni in post-raccolta per migliorare la sostenibilità del processo

applied sciences

MDPI

Article

Optimization of Process Variables for the Sustainable Extraction of Phenolic Compounds from Chicory and Fennel By-Products

Antonietta Baiano ^{1,†}, Roberto Romanello ^{1,†}, Ferruccio Giannetta ² and Anna Fiesi ¹

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Università di Foggia, Via Napoli 25, 71122 Foggia, Italy
² Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, Via Francesco De Sanctis, 86100 Campobasso, Italy
 * Correspondence: antonietta.baiano@unifg.it (Tel.: +39-087-3158-2949)

Abstract: The production of minimally processed vegetables generates large amounts of by-products whose concentrations in bioactive compounds is comparable to those of the edible part. The aim of this work was the optimization of sustainable processes for the extraction of phenolic compounds from chicory and fennel by-products using water as solvent. The results were compared with those obtained through a conventional extraction performed with a 70% ethanol aqueous solution as extraction solvent. The ultrasound-assisted extraction (UAE) and microwave-assisted extraction (MAE) were established by developing two Box-Behnken designs, respectively, a four-factor, three-level design and a three-factor, three-level design. A quadratic polynomial model was useful in optimizing both the ultrasonic (R² 0.8473 for chicory and R² 0.9208 for fennel) and microwave (R² 0.9145 for chicory and R² 0.7836 for fennel) extraction of bioactive compounds as well as the antioxidant activity of extract (R² 0.8638 for chicory and R² 0.9238 for fennel treated with ultrasound; R² 0.9796 for chicory and R² 0.7486 for fennel submitted to MAE). The UAE conditions able to maximize the total phenolic concentrations were: 10 g/100 mL, 55 °C, 4–60 min, 72 W for chicory (0.07 mg gallic acid/g dm) and 15 g/100 mL, 45 °C, 1–60 min, 120 W for fennel (6.64 mg gallic acid/g dm). Concerning MAE, the highest phenolic concentrations were obtained applying 7.5 g/100 mL, 2 min, 350 W for chicory (0.23 mg gallic acid/g dm), 7.5 g/100 mL, 3 min, 160 W for fennel (6.73 mg gallic acid/g dm). Compared to conventional solvent extraction, UAE and MAE allowed the obtaining of (a) chicory extracts richer in phenolic compounds (+48% and +34%, respectively), in less time (4-fold and 9-fold reduction, respectively) and (b) fennel extracts with slightly lower amount of phenolics (−11.7% and −10.5%, respectively) but halving the extraction time (UAE) or reducing it to 60-fold (MAE).

Keywords: circular economy; microwave-assisted extraction; phenolic compounds; sustainability; ultrasound-assisted extraction; vegetable by-products

Citation: Baiano, A.; Romanello, R.; Giannetta, F.; Fiesi, A. Optimization of Process Variables for the Sustainable Extraction of Phenolic Compounds from Chicory and Fennel By-Products. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 4191. <https://doi.org/10.3390/app12104191>

Academic Editor: Dito Momtaza

Received: 23 February 2022

Revised: 23 March 2022

Accepted: 24 March 2022

Published: 28 March 2022

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Appl. Sci. **2022**, *12*, 4191. <https://doi.org/10.3390/app12104191>

www.mdpi.com/journal/applsci

1. Introduction

In recent decades, the industry of minimally processed vegetables has grown exponentially worldwide. By-products of horticultural commodities significantly contribute to the waste produced by the fruit and vegetable processing industry, which in turn has been demonstrated to be the largest waste emitter into the environment, followed by the household waste generation [1]. Fruits and vegetables generate on average around 25–30% of waste (with peaks of over 50%) that is not further used despite its high contents in several classes of bioactive compounds that can be higher in by-products than in the final products. To better understand the scale of the waste problem, it is appropriate to provide some numerical data concerning specific products. Fruit and vegetable processing

applied sciences

MDPI

Article

Exploring the Probiotic Potential of Dairy Industrial-Relevant Lactobacilli

Maria Teresa Rocchetti ^{1,†}, Pasquale Russo ², Giuseppe Spanò ^{2,†}, Letizia De Santis ³, Henia Iarusso ¹, Nicola De Simone ^{2,3}, Samira Brahimi ⁴, Daniela Fiocco ^{4,5,†} and Vittorio Capozzi ^{4,5}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, University of Foggia, 71122 Foggia, Italy; mariateresa.rocchetti@unifg.it
² Department of Agriculture Food Natural Science Engineering (DAFNE), University of Foggia, 71122 Foggia, Italy; pasquale.russo@unifg.it (P.R.); giuseppe.spano@unifg.it (G.S.); nicola.desimone@unifg.it (N.D.S.)
³ Mediterranean Biotechnology srl, Via Iorio Mattei 85-87, 86020 Termoli, Italy; letizia@medbiotech.com (L.D.S.); nicola@medbiotech.com (N.D.S.)
⁴ Laboratory of Applied Microbiology, Department of Biology, Faculty of Natural Sciences and Life, University of Cran 1 Ahmed Ben Bella, BP1524 1^{er} M'Nasser, Oran 31000, Algeria; sam01brahimi@gmail.com
⁵ Institute of Sciences of Food Production, National Research Council (CNR) of Italy, c/o CS-DAC Via Michele Pezzuto, 71122 Foggia, Italy; vittorio.capozzi@ispa.cnr.it
 * Correspondence: daniela.fiocco@unifg.it

Abstract: Usually, the search for new candidate probiotics starts from strain isolation, followed by genotypic and phenotypic characterisations. For the best candidates, the final selection criteria, i.e., an efficient biomass production and the survival to stressful conservation processes, may often represent a bottleneck. The aim of this study is to reverse this classic bottom-up approach, thereby evaluating the in vitro probiotic properties of microbes that are already commercialized and employed in the dairy sector. The major advantage of reversing the traditional scheme is to deal with strains that are already suitable for the scale-up at the industrial level. In this work, four lactobacilli strains were analysed, belonging to the species of *Lactiplantibacillus plantarum* (strains PLA and PLAD) and *Lactococcus lactis* (strains PRA and RIM). Both *L. plantarum* strains showed the best survival under simulated oro-gastrointestinal stress; PLA and PRA had the strongest inhibitory activity against all the tested harmful bacteria, with the latter strain showing also the highest percentage of Ca₂₊-adhesion; RIM was the best biofilm producer on abiotic surface. Finally, oil-free surrants from all the strain cultures exhibited anti-inflammatory action on THP-1 macrophages. For all the studied strains, it is possible to claim beneficial functional properties other than the technological ones for which they are already marketed. The possible use of the four strains in a mixture could represent a strategy to diversify and maximize their biofunctional potential. Nonetheless, future studies are necessary to validate in vivo the observed beneficial properties and to evaluate any effect of the vehicle product on the probiotic aptitude.

Keywords: probiotics; lactobacilli; antimicrobial; Ca₂₊-adhesion; immunomodulation; biofilm; *Lactiplantibacillus plantarum*; *Lactococcus lactis*

1. Introduction

Microbial resources have been receiving relevant interest for their potential to promote innovation and foster sustainability in the agri-food chains [1,2]. The global proposed biotechnological solutions are vast and can find applications in variable production phases, impacting to different extents, from the primary production to the final consumption [3]. Even if many eukaryotic and prokaryotic microorganisms can be exploited to provide social, economic and environmental advances, the importance of lactic acid bacteria (LAB) and lactobacilli, in particular, is well recognised for their symbiotic relationship with humans [4].

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Appl. Sci. **2022**, *12*, 4899. <https://doi.org/10.3390/app12104899>

<https://www.mdpi.com/journal/applsci>

International Journal of Molecular Sciences

MDPI

Review

Bioprospecting Antimicrobials from *Lactiplantibacillus plantarum*: Key Factors Underlying Its Probiotic Action

Maria Teresa Rocchetti ^{1,†}, Pasquale Russo ², Vittorio Capozzi ^{3,†}, Djamel Dridar ⁴, Giuseppe Spanò ² and Daniela Fiocco ^{4,5,†}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, University of Foggia, 71122 Foggia, Italy; mariateresa.rocchetti@unifg.it
² Department of Agriculture Food Natural Science Engineering (DAFNE), University of Foggia, 71122 Foggia, Italy; pasquale.russo@unifg.it (P.R.); giuseppe.spano@unifg.it (G.S.)
³ Institute of Sciences of Food Production, National Research Council (CNR) of Italy, c/o CS-DAC Via Michele Pezzuto, 71122 Foggia, Italy; vittorio.capozzi@ispa.cnr.it
⁴ UMR Transfert/Aliments BioloAgri158, Univ. Lille, INRAE, Univ. Lille, UPPV, UNICREA, Univ. Artois, Univ. Littoral Côte d'Opale, ICF, Institut Charles Villiers, F-90000 Lille, France; djamel.dridar@univ-lille.fr
 * Correspondence: daniela.fiocco@unifg.it

Abstract: *Lactiplantibacillus plantarum* (*L. plantarum*) is a well-studied and versatile species of lactic acid bacteria. It is found in several niches, including human mucosal surfaces, and it is largely employed in the food industry and boasts a millenary tradition of safe use, exhibiting a strong probiotic relationship with humans. *L. plantarum* is generally recognised as safe and exhibits a strong probiotic character, so that several strains are commercialised as health-promoting supplements and functional food products. For these reasons, *L. plantarum* represents a valuable model to gain insight into the nature and mechanisms of antimicrobials as key factors underlying the probiotic action of health-promoting microbes. Probiotic antimicrobials can inhibit the growth of pathogens in the gut ensuring the intestinal homeostasis and contributing to the host health. Furthermore, they may be attractive alternatives to conventional antibiotics, holding potential in several biomedical applications. The aim of this review is to investigate the most relevant papers published in the last ten years, bioprospecting the antimicrobial activity of characterised probiotic *L. plantarum* strains. Specifically, it focuses on the different chemical nature, the action spectra and the mechanisms underlying the bioactivity of their antibacterial and antiviral agents. Emerging trends in postbiotics, some in vivo applications of *L. plantarum* antimicrobials, including strengths and limitations of their therapeutic potential, are addressed and discussed.

Keywords: *Lactiplantibacillus plantarum*; lactic acid bacteria; probiotic; antibacterial extra-cellular compounds; antiviral extra-cellular compounds; probiosis; postbiotic; bacteriocin; plantaricin; organic acid; oil-free superant

1. Introduction

Lactiplantibacillus plantarum (*L. plantarum*), previously known as *Lactobacillus plantarum*, is a versatile species of lactic acid bacteria (LAB) encompassing prokaryotes present in a range of diverse environments, including the gastrointestinal tract (GIT) of mammals, vaginal mucosa, food matrices, soil, and vegetable-associated niches. In this light, *L. plantarum*, in reason of a flexible behaviour, is found in association with all these niches (in several cases, with a dominant character) and is largely employed as starter cultures in the food industry. Selected *L. plantarum* strains are used to promote and/or carry-over fermentation processes that are functional to food production addressed to human consumption [1]. For its capacity to ferment and preserve food, enhancing its sensory properties and nutritional value, *L. plantarum* boasts a millenary tradition of safe use and thus shares a long-lasting relationship with humans. Moreover, like most

Int. J. Mol. Sci. **2022**, *12*, 12076. <https://doi.org/10.3390/ijms122112076>

<https://www.mdpi.com/journal/ijms>





- In un'ottica di sostenibilità ambientale e in un contesto di economia circolare è fondamentale il **recupero, dagli scarti delle filiere produttive, di nutrienti e molecole bioattive**, per lo sviluppo di prodotti funzionali ad elevato valore aggiunto, da impiegare in vari settori produttivi, dall'alimentazione, alla **nutraceutica**, alla **cosmetica**
- Gli scarti diventano **risorse** da recuperare e valorizzare, attraverso il riciclo, creando benefici sia per l'ambiente che per l'economia.

GRAZIE



OR 8_Actività 8.3

RICERCATORI:

Dott.ssa Margherita Amenta

Dott.ssa Simona Fabroni

Dott.ssa Nicolina Timpanaro

BORSISTI:

Dott.ssa Giusy Platania