



**Estrazione Verde, Efficiente e Scalabile, e Riutilizzo, di Sottoprodotti delle Filiere Agroalimentari e Forestali**

Francesco Meneguzzo<sup>1</sup>, Federica Zabini<sup>1</sup>, Cosimo Meneguzzo<sup>2</sup>, and Luca Tagliavento<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istituto per la BioEconomia, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI); [francesco.meneguzzo@cnr.it](mailto:francesco.meneguzzo@cnr.it)

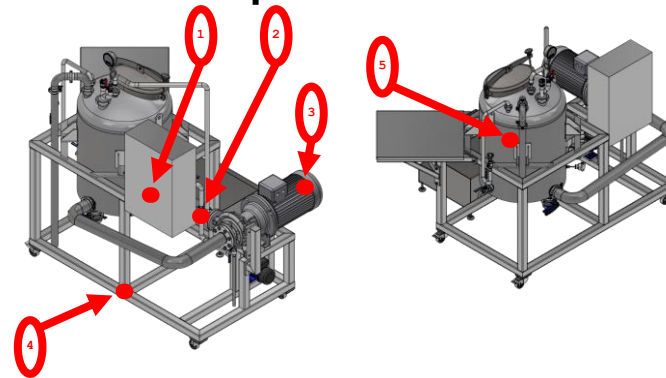
<sup>2</sup> HyRes S.r.l., Via Salvator Rosa 18, 82100 Benevento

**Tecnologia abilitante della Bioeconomia agroalimentare e forestale: Cavitazione Idrodinamica Controllata**

Circuito idraulico chiuso con reattore in forma di Tubo Venturi (50 L → 100.000 L)

- Configurazione stabile, indefinitamente scalabile, robusta e flessibile

**Schema impianto di estrazione**

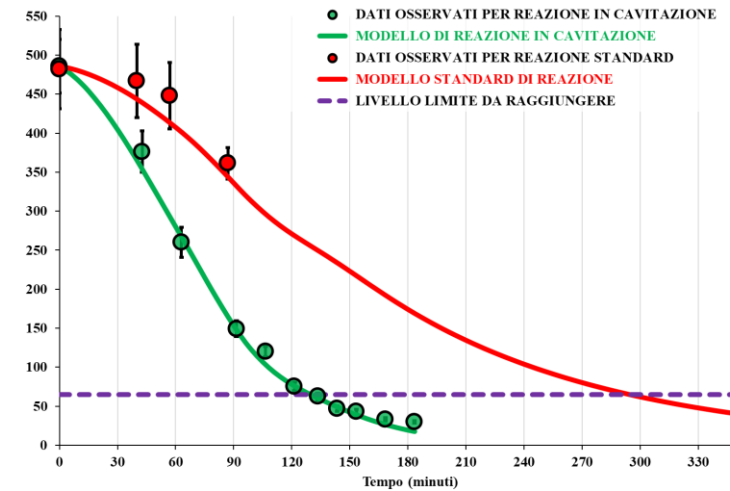


**Componenti principali:**

- 1 – Quadro elettrico
- 2 – Reattore di cavitazione
- 3 – Pompa di processo
- 4 – Skid di supporto
- 5 – Serbatoio di alimentazione

**Nessun altro metodo praticabile nel campo alimentare / nutraceutico / cosmeceutico / farmaceutico è in grado di intensificare altrettanto numerose reazioni, inclusa estrazione di biocomposti (macro e micro)**

Caso rappresentativo: Cavitazione idrodinamica accelera e intensifica il processo di circa 3 volte



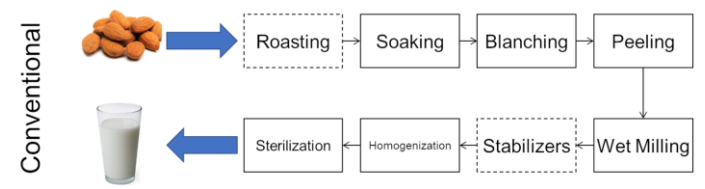
- Creazione, crescita e violenta implosione di bolle di vapore/vuote → **Massima densità di energia possibile trasferibile alla biomassa**
  - Getti idraulici, onde e gradienti di pressione, turbolenza, pirolisi, radicali → **Estrazione efficiente di macro- e micro-nutrienti, solubilizzazione, omogeneizzazione, nano-emulsione**
- Creazione di nuovi fitocomplessi con proprietà uniche, per es. complessi stabili pectina/polifenoli



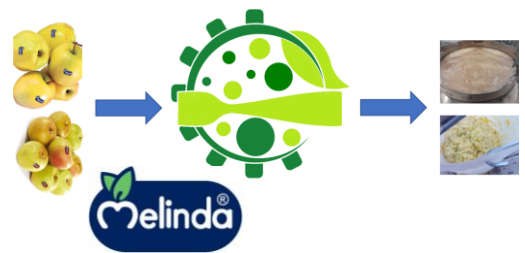
## Vantaggi comparativi della cavitazione idrodinamica

- Sola energia elettrica; tempi e temperature di processo ridotti → risparmio energetico, aumento della capacità produttività
- Lavoro a pressione atmosferica → sicurezza, robustezza, affidabilità
- Scalabilità indefinita a costi contenuti; ottimizzazione virtualmente indefinita
- **Valorizzazione conveniente, a scala industriale e commerciale, di scarti e sottoprodotti di filiere agro-alimentari e forestali**
- Acqua (oppure oli naturali) quale unico solvente
- Flessibilità applicativa a numerose matrici biologiche
- Possibilità di operare a elevate concentrazioni (solido : liquido)
- Vantaggi per stabilità chimico-fisica, sensoriale, microbiologica, enzimatica
- **Elevata solubilità, biodisponibilità e bioaccessibilità dei prodotti di estrazione**
- **Conformità ai principi dell'estrazione verde di prodotti naturali**

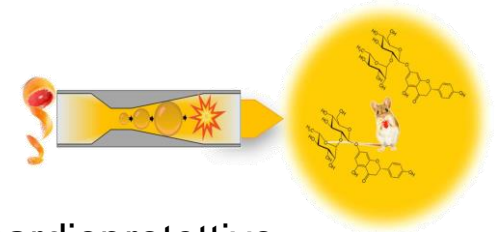
# Filiere Agroalimentari



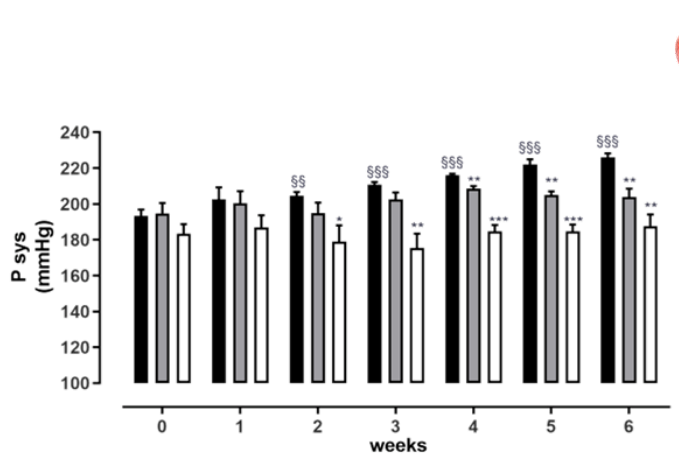
- Estrazione di **Mandorle integrali**: alimento in forte crescita; antiossidante; protezione cardiometabolica.
  - Estrazione da **mandorle intere e con pelle**.
  - Concentrazione > 1 : 3 | < 1 ora | < 80°C (no UHT).



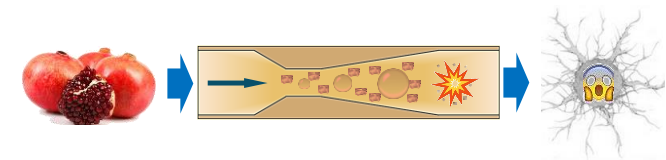
- Estrazione di **Mele** (interi e sottoprodotti): fortificazione alimentare (sostituto di farina e zucchero); protezione cardiometabolica.
  - Concentrazione > 1 : 1 | < 25 minuti.
  - Test *in vivo* (coming soon).



- Estrazione di sottoprodotti di **Agrumi**: cardioprotettivo; antiossidante; neuroprotettivo; anti-proliferativo; biodisponibile e bioaccessibile; cellulosa microcristallina come residuo.
  - Arancia bionda e rossa, limone, pompelmo.
  - «**IntegroPectin**» nuovo fitocomplesso stabile con proprietà uniche.
  - Concentrazione > 1 : 1.5 | < 30 minuti | < 50°C.



- Test *in vitro* e *in vivo*.
- Effetti ≈ a farmaci di riferimento.
- Concentrazione > 1 : 1.5 | < 25 minuti | < 50°C.

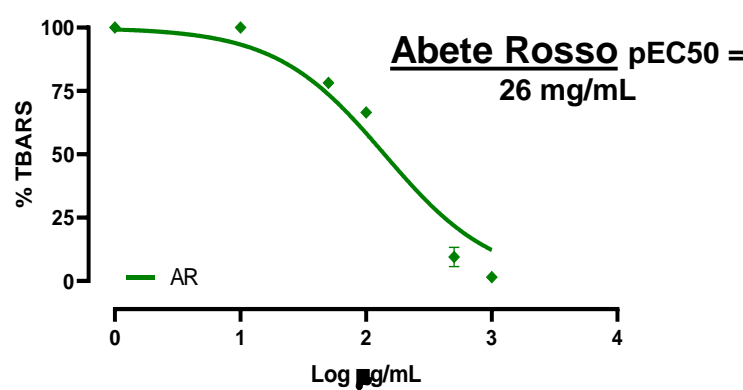
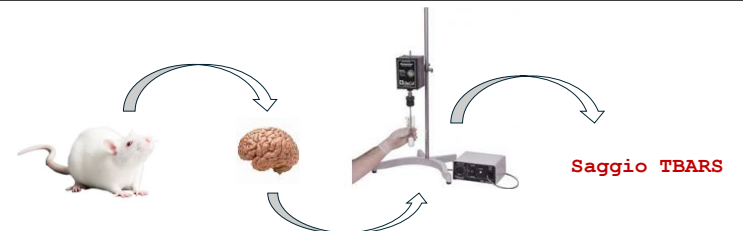


- Estrazione di **Melagrana** (frutti interi e sottoprodotti): super-antiossidante; anti-ipertensivo; anti-infiammatorio; anti-fibrotico; anti-proliferativo; bioaccessibile.

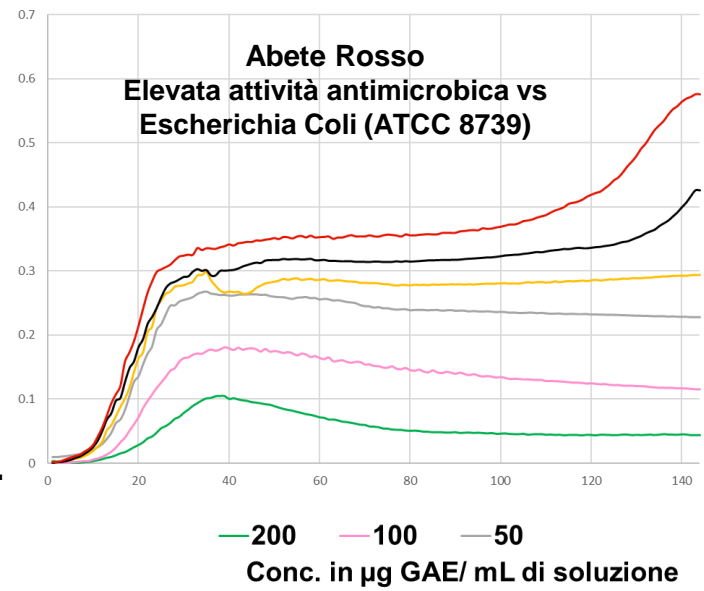


# Filiere Forestali

Estratto	Polifenoli totali (mg/g estratto secco)	ORAC (mg/g estratto secco)
Abete bianco (>1:4)	121	118
Abete rosso (>1:4)	140	337
Castagno (>1:3)	510	830



- Acido gallico; Acido ellagico
- Proantocianidine oligomeriche (OPC)
- Quercetine
- Acidi clorogenici
- Catechine
- Terpenoidi



- ☐ **Castagno:**
  - Funzionalità ottimizzata a 45°C | Estrazione massima a 80°C.
- ☐ **Abete Bianco e Abete Rosso:**
  - Funzionalità ed estrazione ottimizzate a <50°C.