

Molti prodotti dell'industria agroalimentare possono diventare esempio di sfruttamento a ciclo chiuso, volto a migliorare la qualità degli alimenti e a recuperare sottoprodotti e scarti per nuovi impieghi in diversi settori, come la produzione di estratti nutraceutici standardizzati e di energia.



RECUPERO DI SOTTOPRODOTTI AGROINDUSTRIALI: UN MODELLO DI ECONOMIA CIRCOLARE

di Annalisa Romani*, Chiara Vita*, Margherita Campo*, Arianna Scardigli*



La società pone sempre maggiore attenzione al concetto di economia circolare, modello economico produttivo che cerca di risolvere il problema dell'erosione delle risorse naturali, proponendo cicli produttivi il più possibile chiusi che prevedano il riutilizzo di ogni scarto in modo da ottenere nuove materie prime seconde destinabili ad impieghi alternativi sostenibili sia dal punto di vista energetico che ambientale ed economico.

Sicuramente uno dei settori di rilievo per l'applicazione di quanto sopra è quello agricolo o agroindustriale dove il reimpiego innovativo di biomasse di scarto per nuove produzioni ed energia sta diventando sempre più importante e remunerativo come nuovo modello di agricoltura circolare sostenibile. Il settore agricolo ed agro-industriale in Italia, pur essendo uno dei settori portanti della nostra economia, ha bisogno in alcuni sotto-settori, di essere qualificato, potenziato e sfruttato secondo criteri

moderni, basati sulla flessibilità produttiva, la sostenibilità economico-ambientale e il rilancio delle tradizioni. Molti sono i prodotti alimentari tipici, base della nostra cultura e tradizione alimentare mediterranea, che si possono prestare a diventare modello di sfruttamento a ciclo chiuso, volto a potenziare la qualità degli alimenti, recuperare sottoprodotti e scarti per nuove produzioni in diversi settori e non ultimo permettere la produzione di biocarburanti ed energia da nuove biomasse.

I prodotti, ottenuti mediante l'utilizzo di tecnologie rispettose dell'ambiente e della biodiversità, possono essere utilizzati nei settori food-innovativi, cosmetico, fitoterapico e veterinario; il residuo post estrazione, a seconda delle tipologie di biomassa utilizzata, può essere collocato nel settore della mangimistica animale, nel settore agricolo e agroindustriale o sottoposto ad un processo di digestione anaerobica, per l'ottenimento di

*Università degli Studi di Firenze (annalisa.romani@unifi.it), QuMAP-PIN Polo Universitario Città di Prato, Consorzio I.N.S.T.M.

biogas ed energia. I settori pronti ad essere modello di sfruttamento in tal senso sono il settore enologico, quello olivicolo, oltre a tutto il settore ortofrutta in genere.

Con una superficie coltivata a carciofo di circa 50.283 ha e una produzione stimata attorno alle 530.000 ton/anno, con rese unitarie medie di 10,6 t/ha, l'Italia è il maggior paese produttore in Europa, seguito da Spagna (19.200 ha) e Francia (13.000 ha). La parte edule del carciofo è rappresentata dalle infiorescenze (capolini) raccolte prima che le brattee induriscano e prima che i fiori centrali si accrescano: essa rappresenta il 40-55% in peso del capolino intero. La parte restante, costituita da foglie e gambi, non viene utilizzata in nessun settore produttivo e costituisce un materiale di scarto spesso da smaltire. Nella coltivazione del carciofo i sottoprodotti si attestano intorno al 60%. I metaboliti secondari, di cui è ricco *Cynara*, (Slanina et al., 1993; Wang et al., 2003), hanno diverse proprietà: proteggono proteine, lipidi e DNA da ossidazioni causate da radicali liberi (Gebhardt, 1997; Coinu et al., 2007), mostrano un'attività coleretica, diuretica ed epatoprotettiva (Gebhardt, 1998) inibiscono la biosintesi del colesterolo, quindi agiscono nella prevenzione dell'arteriosclerosi (Preziosi 1963; Dogan et al., 2005), inoltre inibiscono l'HIV integrasi, un enzima chiave nella replicazione dell'HIV (Slanina et al., 2001) e possiedono un'attività antibatterica (Zhu et al., 2005).

Per quanto riguarda la specie *Olea*, gli innumerevoli studi sulle proprietà salutistiche dell'olio di oliva e sulla sua correlazione con la minor incidenza di rischio cardiovascolare e oncologico hanno permesso di attribuire tali effetti al contenuto in composti polifenolici e composti minori polari (CMP), stimolando l'interesse dei ricercatori nei confronti della concentrazione di tali sostanze nei prodotti di scarto quali foglie di po-

tatura, acque di vegetazione e sanse. I polifenoli sono presenti in molte matrici, tra cui anche l'olio vergine ed extravergine di oliva al quale questi composti minori polari (Romani et al., 2002) conferiscono, oltre che un pregio biologico/nutrizionale, un'elevata stabilità all'ossidazione e ne aumentano quindi la shelf-life (Mulinacci et al., 2001). Recenti studi medici e fitofarmacologici hanno evidenziato particolari attività biologiche per i CMP dell'*Olea europaea*, come ad esempio: azione antiossidante, cardioprotettiva, antinfiammatoria (Brunelleschi S, et al., 2007) e di prevenzione oncologica (Owen RW, et al., 2004; Pampaloni B., et al., 2014).

Al momento gli scarti del settore olivicolo oleario rappresentano un problema di ordine economico e ambientale, essendo destinati solo in parte a fertirrigazione e il restante a smaltimento. I biofenoli presenti nei reflui, se da un lato sono fitotossici per l'ambiente e inibiscono i processi fermentativi per la produzione di biogas, dall'altro sono molecole a elevato valore aggiunto per le dimostrate attività biologiche. La potenziale efficacia del modello descritto nel presente lavoro è rappresentata dall'integrazione fra innovazione e sostenibilità, sia nel recuperare scarti a elevato contenuto in antiossidanti applicabili in campo alimentare, cosmetico e fitoterapico, sia nel poterli riprocessare per l'ottenimento di biogas ed energia da cogenerazione.

MATERIALI E METODI

Impianto di produzione estratti

L'impianto dove avviene l'estrazione della biomassa vegetale è un impianto di estrazione pneumatica a pressione (tale impianto viene utilizzato anche per altre specie alimentari e/o farmaceutiche). Le foglie o altri tessuti vegetali freschi, inizialmente stoccati in appositi contenitori, vengono prelevati nella misura del 10-15% del peso dell'estratto acquoso

che si intende ottenere, sottoposti a cernita e controllo/pulizia, e destinati alla fase di triturazione, che avviene attraverso l'azione di coltelli di pre-taglio e contro coltelli calettati su disco rotante. La fase di triturazione può essere effettuata per massimizzare l'efficienza estrattiva, poiché la pezzatura fine del tessuto vegetale consente l'aumento della superficie di contatto con il solvente (H_2O).

I tessuti vegetali possono essere sottoposti anche a un processo di essiccazione, il quale prevede l'eliminazione di umidità tramite circolazione di aria riscaldata che raggiunge una temperatura di 60°C per 48h, consentendo così di preservare intatte le qualità e le caratteristiche organolettiche della matrice oggetto di estrazione.

Gli scarti rimasti dopo la fase di estrazione a caldo, impoveriti o privi dei composti polifenolici, possono costituire un interessante materia prima per la mangimistica dei ruminanti, anche con integrazione di altre matrici (foraggio, erba medica, trifoglio ecc.).

L'estratto è quindi trattato con diverse tecniche di membrana: microfiltrazione (MF), ultrafiltrazione (UF), nanofiltrazione (NF) e osmosi inversa (OI). La MF trattiene tutto il

Figura 1 - Estrattore e fusore Timatic (Tecnolab, Spello, PG)



materiale in sospensione, l'UF trattiene gli aggregati molecolari, colloidali e sostanze organiche a più alto peso molecolare, la NF consente di rimuovere particelle con dimensioni fino a 0.001 µm di diametro, ottenendo così dei permeati poveri di ioni metallici e privi di virus e batteri, infine l'OI ha la funzione di concentrare i principi attivi permeati in NF.

I prodotti in uscita dall'impianto di filtrazione a membrana sono infine sottoposti a concentrazione in un impianto di evaporazione a pompa di calore (C&G Depurazione Industriale, Rosano, Firenze). Con tale procedimento è possibile ottenere soluzioni concentrate o semisolidi (acqua residua 20-30%), standardizzate in contenuto di principi attivi, commercializzabili direttamente.

Il permeato di OI è costituito da acqua demineralizzata, riutilizzata, con un modesto reintegro, nella preparazione del bagno di estrazione, per migliorare le rese. Il processo non prevede l'uso di sostanze contaminanti, di solventi e reagenti, opera a temperatura ambiente, è perfettamente sterilizzabile e sicuro da eventuali contami-

nazioni microbiche. Viene inoltre totalmente riutilizzata nel processo tutta l'acqua di evaporazione, ottenuta dai concentratori a pompa di calore (Romani A., et al., 2016, submitted).

Lo schema complessivo dell'impianto è mostrato schematicamente in figura 2.

L'impianto, realizzato in collaborazione con il laboratorio Phytolab dell'Università degli Studi di Firenze e il Laboratorio QuMAP – PIN Polo Universitario Città di Prato, Gold Water (LT), è ubicato presso la zona industriale di Fasano e, oltre ad essere la testa di produzione di sostanze bioattive, fornisce parte della matrice di scarto per la produzione di mangimistica animale all'azienda vicina, parte a un microgeneratore energetico sperimentale.

Analisi HPLC/DAD

Gli estratti sono stati sottoposti ad analisi HPLC/DAD (High Performance Liquid Chromatography/ Diode Array Detector) per la valutazione qualitativa del profilo polifenolico. I campioni da Cynara sono stati analizzati impiegando una colonna Luna C18 5 µm (Phenomenex), 4,6 mm ID e 150 mm di lunghezza,

termostata a 27°C.

Sono stati utilizzati come fase mobile H₂O a pH 3.2 per HCOOH e CH₃CN con un gradiente lineare a tre rampe riportato in un precedente lavoro (Pinelli et al., 2007) per l'analisi dei derivati caffeoilchinici e flavonici. Gli spettri UV sono stati acquisiti fra 190 e 600 nm e i cromatogrammi registrati a 350-330-280 e 254 nm.

L'analisi degli estratti da Olea europaea L. è stata effettuata con l'utilizzo di una colonna Lichrosorb (4.6x250 mm; 5 µm) (Lichrocart). La fase mobile è costituita da acqua acidificata a pH 3,2 con acido formico e acetonitrile. È stato impiegato un gradiente lineare a multi-step e un flusso di 0,8 mL/min, per 90 minuti. Gli spettri UV sono stati acquisiti fra 190 e 600 nm e i cromatogrammi registrati a 350-330-280 e 240 nm.

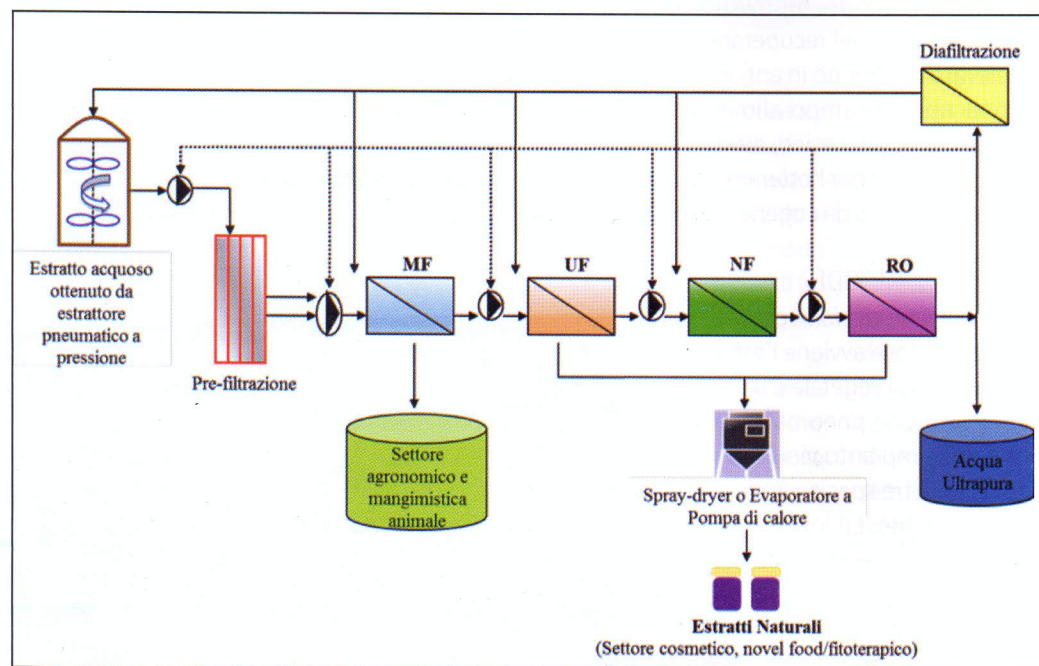
Analisi HPLC/MS

L'analisi HPLC/MS è stata svolta utilizzando un cromatografo liquido HP 1100L dotato di un detector di massa e un HP 1100 MDS API-electrospray (Agilent Technologies, Palo Alto, Usa).

Le condizioni operative dello spettrometro di massa sono: temperatura del gas 350°C, flusso di azoto 10 L/min, pressione del nebulizzatore 40 psi, temperatura del quadrupolo 40°C, voltaggio del capillare 3500 V. Gli esperimenti sono stati condotti in ionizzazione negativa e/o positiva, con valori di fragmentor variabili in un intervallo compreso tra 80 e 200 eV, allo scopo di ottimizzare le condizioni di frammentazione dei diversi composti analizzati. La presenza del rivelatore UV-VIS ha permesso di acquisire in serie con lo spettro UVVis e di massa dei segnali registrati nei cromatogrammi alle lunghezze d'onda di interesse.

L'identificazione delle varie molecole è stata condotta confrontando il tempo di ritenzione, lo spettro UV-Vis e

Figura 2 - Schema generale del processo Olea e Cynara



quello di massa con quelli di composti standard di riferimento, quando disponibili.

Analisi Quantitativa

Per il Cynara i derivati caffeoilchinici, sia mono- che di-sostituiti, sono stati calibrati mediante analisi HPLC/DAD, a 330 nm, usando curve di calibrazione a 6 punti costruite iniettando gli standard, acido clorogenico e cinarina, acquistati dalla Roth (Germania), in un range di concentrazione 0-100 µg ($r^2 \geq 0,998$). Analogamente i flavoni sono stati quantificati a 350 nm, usando uno standard puro di luteolina 7-O-glucoside (Extrasynthèse S.A. Lione, Nord-Genay, Francia) come composto di riferimento.

Per l'Olea la quantità di tirosolo e di idrossitirosolo è stata calcolata a 280 nm usando il tirosolo come riferimento, i derivati di natura secoiridoidica sono stati valutati a 280 nm usando oleuropeina come standard; l'acido elenolico e i suoi derivati sono stati valutati a 240 nm utilizzando una soluzione standard di oleuropeina. I composti appartenenti alla classe dei lignani sono stati calibrati con la curva del tirosolo a 280 nm. I flavonoidi sono stati calibrati a 350 nm usando i corrispettivi standard (luteolina-7-O-glucoside e rutina). I derivati dell'acido caffeico, il verbascoside e i suoi derivati sono stati calibrati a 330 nm usando acido caffeico e acido clorogenico come standard. Sono state usate curve di calibrazione con $r^2 \geq 0,9998$.

I valori sono la media di tre analisi e sono ottenuti applicando la correzione del peso molecolare. Infine l'analisi dei composti antocianosidici, presenti nella cultivar di oliva rossa, è stata effettuata, previa estrazione con acqua acidificata a pH 2.0 per HCOOH, tramite tecnica spettrofotometrica (spettrofotometro Cary 50, Varian) a 520 nm.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Impianto di estrazione a membrane

Il ciclo estrattivo dell'estrattore pneumatico a pressione Timatic (Tecnolab, Spello, PG) è basato su un processo di estrazione solido-liquido che alterna una fase dinamica, ottenuta a pressione programmata, ad una fase statica necessaria per il trasferimento della sostanza estraibile in acqua, riscaldata parallelamente in un apposito contenitore a T controllata mediante camicia ad olio o altro sistema a controllo termico (1500 litri di acqua a 90° per 5 ore). Il carico può essere effettuato con una quantità di biomassa fresca che oscilla dagli 80 ai 100 kg o con biomassa pre-essicata in armadi o sale essiccanti con aria a ricircolo a 40°C. In tal caso il carico di biomassa essicata oscilla dai 20 a 25 kg per cestello. L'impianto è inoltre dotato di vasche di pre-macerazione di dinamiche, a 4 cestelli di carico dei diversi estrattori pneumatici. In tal caso il solvente di estrazione utilizzato è costituito unicamente da acqua, ottenuta dal riciclo dei successivi processi di frazionamento ed evaporazione. Durante la fase dinamica si genera una percolazione forzata con ricircolo del liquido estraente e nello stesso tempo viene evitata la formazione di canali preferenziali e sovra-saturazione del prodotto. Tale tecnologia permette di incrementare la produttività estrattiva lasciando inalterate le caratteristiche qualitative ed organolettiche dei principi attivi; per-

mette inoltre di utilizzare o sola acqua o miscele di liquidi (per esempio acqua/etanolo) in casi di necessità di coestrazione anche di sostanze poco idrosolubili o liposolubili. Alla fine del ciclo, con controllo automatico della pressione nella camera di estrazione, il prodotto è premuto per ottenere la massima estrazione. La doppia azione di pistoncini, spingendo il solvente nel materiale vegetale, genera un movimento di liquido nella camera di estrazione. L'impiego della tecnologia estrattiva Timatic si caratterizza per i seguenti requisiti:

- rapidità di estrazione e costi di gestione ridotti;
- produzione di estratti limpidi e pre-filtrati;
- controllo delle fasi del trattamento con micro-processori;
- semplicità di utilizzo, manutenzione e pulizia;
- massima affidabilità e alto rendimento dell'impianto;
- flessibilità e riproducibilità costante delle varie estrazioni;
- estrazione a temperatura controllata;
- caratteristiche organolettiche dei principi attivi estratti inalterate;
- minima perdita di solvente durante le varie fasi.

L'estratto tal quale, le frazioni separate su membrana, in particolare il COI (Concentrato Osmosi Inversa) e la polvere ottenuta tramite tecnologia spray dried o liofilizzazione degli

Tab.1 - Dati quantitativi HPLC/DAD dei singoli composti e delle sottoclassi polifenoliche ottenuti da foglie di carciofo fresche (rapporto foglie/solvente 10 %).

	Estratto Timatic	Pasta concentrata	Liofilo pasta concentrata
	foglie fresche	foglie fresche	foglie fresche
	mg/L	mg/g	mg/g
MCC	132.71	4.08	8.14
Clorogenico	219.57	2.08	3.12
DCC	216.62	0.62	1.48
Cinarina	41.57	1.90	4.86
Luteolina 7-O-glucoside	51.31	0.00	0.56
Polifenoli totali	661.79	8.68	18.16

estratti, sono stati analizzati per la determinazione del contenuto polifenolico con un sistema HPLC/DAD/MS. Ciascuna molecola viene quantificata singolarmente e il titolo dell'estratto viene espresso in poli-

fenoli totali. In tabella 1 e tabella 2 si riportano i risultati quantitativi HPLC/DAD/MS relativi alle sottoclassi polifenoliche e ad alcune singole molecole identificate nell'estratto acquoso di partenza, nella pasta

■ Tab. 2 - Dati quantitativi HPLC/DAD dei singoli composti e delle sottoclassi polifenoliche ottenuti da foglie di carciofo essiccate (rapporto foglie/solvente 2%)

	Estratto Timatic	Pasta concentrata	Liofilo pasta concentrata
	foglie essiccate	foglie essiccate	foglie essiccate
	mg/L	mg/g	mg/g
MCC	103.57	3.90	12.53
Clorogenico	294.00	18.39	44.53
DCC	98.10	4.95	14.80
Cinarina	9.29	3.45	2.57
Luteolina 7-O-glucoside	67.45	1.96	4.71
Polifenoli totali	572.41	32.64	79.13

■ Tab. 3 - Analisi quantitativa HPLC/DAD delle diverse frazioni e spray dried da Olea

	Olea S	Olea F	Olea Oh-Tyr	Olea Red	Olea S Spray Dried	Olea F Spray Dried
	Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/G	Mg/G
Idrossitiroso der.	4970.28	5566.87	28846.90	6783.22	15.30	23.57
Secoiridoidi der.	5320.60	34536.40	0	0	33.33	89.99
Ac. Elenolico der.	1729.83	5201.12	2248.80	1458.75	12.46	17.81
Idrossicinnamici der.	1041.90	1237.20	424.16	996.90	4.45	6.14
Flavonoidi	705.98	579.57	0	72.56	3.83	5.53
Cumarine	73.60	149.80	0	0	0.22	0.30
Lignani	traces	2355.94	0	0	4.34	7.92
Polifenoli Totali	13842.19	49626.90	31519.86	9311.43	73.93	151.26

concentrata ottenuta mediante evaporatore con pompa di calore e nel relativo liofilo, rispettivamente per le foglie fresche e le foglie essiccate. Gli estratti dai residui di carciofo possono essere utilizzati come principi attivi ad attività fitoterapica e come possibili additivi per migliorare la qualità di alimenti (diminuire la perossidazione dei lipidi, aumentare le proprietà salutari e fornire fibre). Il processo di trattamento a membrana dei residui di lavorazione del carciofo è particolarmente efficace e versatile perché può essere applicato facilmente all'estrazione di principi attivi a partire da scarti agro-industriali del carciofo (gambi e brattee), e anche da altre specie arboree (cardo, lupino, mirto, foglie di olivo ecc.).

Si riportano, come esempio, anche le differenti composizioni biofenoliche di quattro frazioni da Olea, ottenute attraverso l'uso di tali tecnologie sostenibili estrattive e di separazione su membrana, e di due polveri ottenute tramite spray-drying dai rispettivi estratti di foglie d'olivo (S e F).

L'intero processo consente di purificare gli estratti acquosi da proteine, cellulosa, emicellulosa e parzialmente dagli zuccheri, sostanze normal-

BIBLIOGRAFIA

Brunelleschi S, et al., (2007) Minor polar compounds extra-virgin olive oil extract (MPC-OOE) inhibits NF-kB translocation in human monocyte/macrophages, *Pharmacol Res* 56: 542-549
 Campo M., et al., (2016) Hydrolyzable Tannins from Sweet Chestnut Fractions Obtained by a Sustainable and Eco-friendly Industrial Process, *Natural Product Communications*, 11(3), 409-415.
 Coinu R., Carta S., Urgheghe P. P., Mulinacci N., Pinelli P.,

Franconi F., Romani A. "Dose-Effect study on the antioxidant properties of leaves and outer bracts of extracts obtained from Violetto di Toscana artichoke", *Food Chemistry*, 101, 524-531, 2007.
 Dogan S et al., *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 776-785, 2005.
 Gebhardt R (1997) Antioxidative and protective properties of extracts from leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.) against hydroperoxide induced oxidative stress in cultured rat hepa-

cytes, *Toxicol Appl. Pharmacol.* 144: pp 279-286.
 Gebhardt, R. "Inhibition of cholesterol biosynthesis in primary cultured rat hepatocytes by artichoke (*Cynara scolymus* L.) extracts", *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 287, 1122-1128, 1998.
 Mulinacci N., Romani A., Pinelli P., Galardi C., Vincieri F.F.(2001) Acque reflue da frantoio: analisi HPLC/DAD ed HPLC/MS dei polifenoli presenti, *Ricerche e innovazioni nell'industria alimentare*, volume IV, Pinerolo,

Chiriotti Editore, p. 1081.
 Owen RW, et al., (2004) Olives and olive oil in cancer prevention. *Eur J Cancer Prev* 2004; 13: 319.
 Pampaloni B., et al., (2014) In vitro effects of extracts of Extra Virgin Olive Oil on Human Colon Cancer Cells, *Nutrition and Cancer*, Vol 66, Issue7, pages 1228-1236.
 PCT/IT2008/000135, data di deposito 01/04/08. Pizzichini M., Romani A., Pizzichini D., Russo C., Pinelli P. "Process for producing refined nutraceutic

mente presenti nelle matrici vegetali. Ciò consente di aumentare il titolo degli estratti, che può attestarsi intorno al 10% nel prodotto finito, sia in forma liquida che in polvere. Il processo consente ulteriori miglioramenti per superare anche il 20% in principi attivi. Si tratta di spingere la resa di estrazione, i VCR dei processi a membrana, ottimizzando i processi finali di evaporazione.

Nel caso dell'impianto di trattamento dei tessuti da Olea, si ipotizza di lavorare, all'interno dell'impianto studiato, come unità funzionale, 1 m³ di acqua di estrazione di pasta di olive denocciolata, preliminarmente microfiltrata e ultrafiltrata, dalla quale all'uscita del comparto di nanofiltrazione si ottengono 300 litri di concentrato e circa 680 litri di permeato.

I 300 litri (0.30 m³) di concentrato da nanofiltrazione (CNF) vengono successivamente trattati in osmosi inversa (COI) riducendo il proprio volume di un fattore di 6-7 volte in funzione della reologia e delle caratteristiche della frazione di partenza (circa 0.050 m³ finali).

Dai 0.050 m³ di COI, utilizzando la fase finale di concentrazione mediante un evaporatore a pompa di

calore, si ottengono 4.5 kg di pasta concentrata. L'impianto lavora 60 m³ al giorno.

Nell'attuale mercato, prodotti con alte concentrazioni in idrossitiroso sono venduti all'industria alimentare e a quella farmaceutica a prezzi che raggiungono anche i 180 euro/kg, estratti liquidi con titolo intorno al 3% sono venduti invece a circa 35-40 euro/litro e sono autorizzati in uso come aromi alimentari, principi attivi per il settore cosmetico e agronomico. Tutte le altre tipologie di prodotto ottenute nelle diverse fasi dell'impianto possono essere stoccate come semilavorati da poter o dover ritrattare o in osmosi inversa o direttamente in evaporatore.

Il processo è semplice e sostenibile. Il residuo post-estrazione, a seconda delle tipologie di biomassa utilizzata, può essere collocato nel settore della mangimistica animale, nel settore agricolo e agroindustriale o sottoposto a un processo di digestione anaerobica, per l'ottenimento di biogas ed energia.

In particolare la pasta di olive post estrazione utilizzata in impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, quali ad esempio cogeneratori di produzione di biogas ed

energia, mostrano le seguenti rese: biogas 0.369-0.161 tep/T ed energia 0.429 tep/T. Analogamente per gli impianti che utilizzano la biomassa post estrazione del carciofo la resa in energia è pari a circa 0.405 tep/T (Romani Annalisa et al., 2016).

Mediante l'utilizzo delle soluzioni concentrate, paste concentrate e prodotti in polvere sono stati progettati e messi in commercio alimenti da forno stabilizzati naturalmente o arricchiti, prodotti cosmetici e integratori per la modulazione e riduzione del colesterolo e dei trigliceridi nell'uomo e, assieme ad altri estratti o molecole isolate da genere Vitis, Olea e altre specie della macchia mediterranea, possono essere progettati fitoterapici e integratori per la prevenzione e cura delle patologie invecchiamento correlate. Le suddette attività sono state svolte in collaborazione con enti di ricerca pubblici, anche mediante la costituzione di new-co con la presenza di giovani ricercatori e spin-off universitari.

Gli autori ringraziano l'UE per il sostegno finanziario, nel quadro del Progetto LIFE13/ENV/IT/461 Evergreen.

extracts from artichoke waste and from other plants of the Cynara genus".

PCT/IT2009000246, data di deposito 05/06/09. RACE s.r.l. "Integrated process for recovery of a polyphenol fraction and anaerobic digestion of olive mill wastes".

Pinelli P., Agostini F., Comino C., Lanteri S., Portis E., Romani A. "Polyphenolic Composition of Wild and Cultivated Cardoon Leaves", Food Chemistry, 105 (4): 1695-1701, 2007.

Preziosi P. Il Farmaco (Ed. Sc.),

17, 701-745, 1962.

Romani A., Mulinacci N., Galardi C., Cassiani C., Innocenti M., Giaccherini C., Vincieri F.F. (2002) Varietà di olive, maturazione del frutto e qualità dell'olio. Ricerche e innovazioni nell'industria alimentare, volume V, Chirioti Editore, Pinerolo 2002, p. 374.

Romani Annalisa, Ciani Scarnicci Manuela, Scardigli Arianna, Paiano Annarita, Circular Economy as a New Model for the Exploitation of the Agroindustrial Biomass, 20TH

IGWT SYMPOSIUM, Commodity Science in a Changing World, September 12-16TH, 2016, University of Economics Varna, Bulgaria, proceedings.

Romani Annalisa, Scardigli Arianna, Pinelli Patrizia, An environmentally friendly process for the production of extracts rich in phenolic antioxidants from Olea europaea L. and Cynara scolymus L. matrices, Journal of Food Science and Technology, submitted.

Slanina J., et al. Cesko-SloV Farm, 42, 265-268, 1993.

Slanina J., Taborska E., Bochorakova H. et al. "New and facile method of preparation of the anti-HIV-1 agent, 1,3-dicaffeoylquinic acid". Tetrahedron Letters, 42 (19), 3383-3385, 2001.

Wang M.F., Simon J.E., Aviles I.F., He K., Zheng Q.Y., Tadmor Y. "Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (Cynara scolymus L.)". Journal of Agricultural and Food Chemistry 51 (3), 601608, 2003.

Zhu X.F. et al., Fitoterapia, 76: 108-111, 2005.