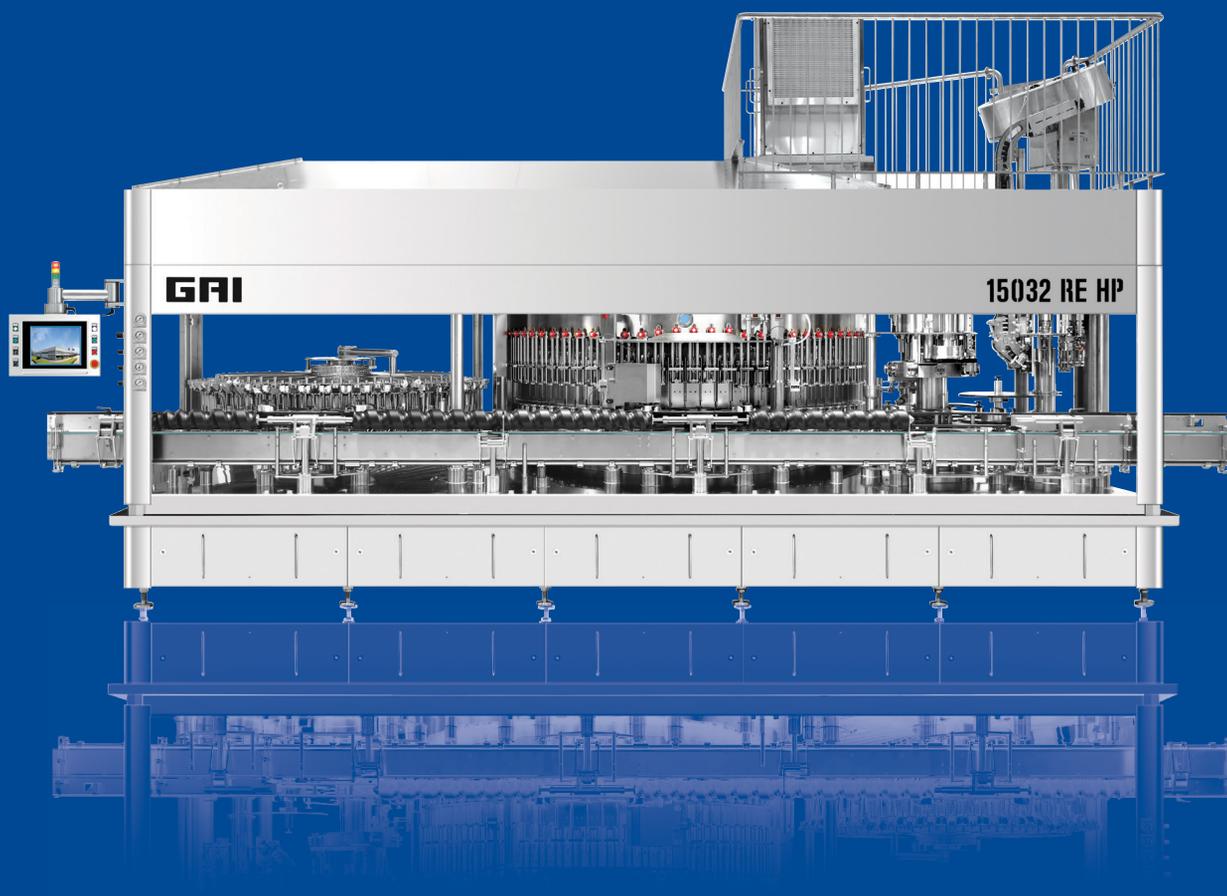


# INDUSTRIE DELLE BEVANDE



Liquidi fermi, mossi e frizzanti  
senza compromessi: anche  
oltre le 20 mila bottiglie/ora

# GAI



# Recupero dei sottoprodotti di vinificazione per lo sviluppo di applicazioni alimentari innovative - stato dell'arte

*Recovery of winemaking by-products for innovative food applications – a review*

## • PAROLE CHIAVE

sottoprodotto, fibra dietetica, fenoli dell'uva, olio di vinacciolo, vinificazione

## • KEYWORDS

by-products, dietary fibre, grape phenolics, grape seed oil, winemaking

## • RIASSUNTO

I sottoprodotti di vinificazione sono potenziali materie prime per una bioraffineria di seconda generazione, alimentata per produrre prodotti ad alto valore aggiunto per il settore alimentare. Infatti questi residui sono fonti eccellenti di olio, composti fenolici e fibra dietetica, possedendo quindi numerosi benefici per la salute umana e proprietà multifunzionali, come attività antiossidante e antimicrobica, potere colorante ed effetto *texturizzante*.

Questo studio dello stato dell'arte presenta diverse strategie per la conversione di sottoprodotti di vinificazione in nuovi ingredienti alimentari e per il loro riutilizzo in alimenti innovativi, focalizzandosi sul tipo di ingrediente recuperato, la percentuale di aggiunta alla formulazione alimentare e il processo di trasformazione ottimale, evidenziando come è possibile aumentare il biovalore della filiera enologica.

## • SUMMARY

Winemaking by-products are potential resources for second-generation biorefineries, i.e., biorefineries fed with biowaste to produce added-value products, particularly for the food sector. In fact, winemaking by-products are outstanding sources of oil, phenolic compounds and dietary fibre and possess numerous health benefits and multifunctional characteristics, such as antioxidant, colouring, antimicrobial and texturizing properties. The present review highlights promising developments for the conversion of winemaking by-products into novel food ingredients, as well as their use in innovative foods, focusing on the type of recovered ingredients, dosage, formulation and processing. In addition, the primary benefits of winemaking by-products to new foods are described.

V. Lavelli<sup>\*1</sup> - L. Torri<sup>2</sup> - G. Zeppa<sup>3</sup>  
L. Fiori<sup>4</sup> - G. Spigno<sup>5</sup>

<sup>1</sup>DeFENS, Department of Food, Environmental and Nutritional Sciences - Università degli Studi di Milano - Via Celoria 2  
20133 Milano

<sup>2</sup>Università di Scienze Gastronomiche - Piazza Vittorio Emanuele 9 - 12042 Bra

<sup>3</sup>DISAFA, Department of Agricultural, Forestry and Food Sciences, Università degli Studi di Torino - L. go P. Braccini 2  
10095 Grugliasco

<sup>4</sup>Department of Civil, Environmental and Mechanical Engineering, Università degli Studi di Trento  
Via Mesiano 77 - 38123 Trento

<sup>5</sup>Università Cattolica del Sacro Cuore -  
Via Emilia Parmense 84  
29122 Piacenza

\*email: vera.lavelli@unimi.it

## 1. Introduzione

Le filiere alimentari hanno un significativo impatto ambientale legato al loro utilizzo di risorse e alla generazione di emissioni, reflui e rifiuti. La normativa comunitaria (Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio) definisce rifiuto “qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi”. I rifiuti alimentari hanno gravi ricadute sull'ambiente, sull'economia e sulla società, compresi effetti negativi sulla sicurezza alimentare (Otles *et al.*, 2015).

Per raggiungere l'obiettivo generale di miglioramento della sostenibilità delle filiere produttive, le strategie prioritarie devono essere quelle volte a prevenire e minimizzare il rifiuto, seguite da quelle di riutilizzo, riciclo e recupero energetico. Le opzioni di smaltimento (in discarica o in inceneritori) vanno considerate come l'opzione peggiore dal punto di vista ambientale.

In particolare, tra le strategie di riutilizzo e riciclo, hanno attirato particolare attenzione quelle di valorizzazione dei sottoprodotti, dove il “sottoprodotto” deve derivare da un processo di produzione senza esserne lo scopo produttivo primario, deve poter essere utilizzato nello stesso processo produttivo o in un processo successivo e direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale. Inoltre, un sottoprodotto deve avere un valore di mercato e l'utilizzo finale dovrebbe essere integrale senza alcun impatto negativo sulla salute umana e sull'ambiente (Galanakis, 2015).

Come qualsiasi altra produzione agro-alimentare, anche il processo di vinificazione genera una serie di sottoprodotti importanti

da un punto di vista sia quantitativo, sia qualitativo e potenziali biomasse per bioraffinerie di seconda generazione, ossia bioraffinerie alimentate con sottoprodotti per produrre nuovi prodotti ad alto valore aggiunto (Scoma *et al.*, 2016). L'uva, infatti, è una delle coltivazioni di frutta principali al mondo con, nel 2013 (FAO, [www.faostat3.fao.org](http://www.faostat3.fao.org)), 77 Mt di uva prodotta (la maggior parte della quale destinata a vino) e 3,4 Mt di vinacce. Queste ultime rappresentano, in peso, il principale sottoprodotto solido di vinificazione (in media il 60%), seguite dalle fecce (circa il 25%) e dai raspi (circa il 14%). Altri sottoprodotti solidi meno importanti a livello quantitativo comprendono i residui di filtrazione. In media, in funzione della varietà d'uva e della tecnologia di vinificazione, 100 kg di uva lavorata generano 20-25 kg di vinacce (costituite da semi e bucce), 3-5 kg di raspi e 8-10 kg di fecce (Spigno, 2015).

Tutti i sottoprodotti citati rappresentano un potenziale e serio pericolo per l'ambiente in quanto sono prodotti in grosse quantità in un periodo di tempo molto ristretto e perché l'elevato contenuto in materia organica ne impedisce lo smaltimento diretto nel terreno, salvo in quantità limitate e controllate. Sebbene questi sottoprodotti siano già riutilizzati per altre applicazioni, potendo quindi essere considerati correttamente sottoprodotti, in alcuni paesi è anche previsto l'invio in discarica o all'inceneritore. Le destinazioni convenzionali per i sottoprodotti di vinificazione comprendono: l'impiego agronomico, l'alimentazione zootecnica e la produzione di compost per tutti i sottoprodotti; la distillazione per vinacce e fecce; la produzione di acido tartarico, additivi coloranti e integratori nutrizionali da vinac-

ce, fecce e residui di filtrazione; recupero di olio dai vinaccioli. Tuttavia, l'impiego agronomico, l'alimentazione animale, il compostaggio e la distillazione non possono essere considerate strategie remunerative (Spigno, 2015).

D'altro canto i sottoprodotti mostrano un'ampia gamma di applicazioni remunerative in diversi settori industriali quali il cosmetico, farmaceutico, alimentare ed i biomateriali (Bordiga, 2015; Yu e Ahmedna, 2013). Infatti, le vinacce sono una fonte sia di fibra dietetica sia di composti fenolici (Teixeira *et al.*, 2014). La quantità di questi ultimi dipende da svariati fattori quali la varietà d'uva ed il processo di lavorazione impiegato (Battista *et al.*, 2015). Il lavoro di Travaglia *et al.* (2011) riporta un contenuto di proantocianidine solubili variabile da 1,16 a 44,6 g/kg s.s. e da 23,1 a 68,5g/kg s.s. rispettivamente in bucce e semi. Il contenuto totale di antocianine nelle bucce di uva rossa può variare da 2,5 a 132 g/kg s.s. (Kammerer *et al.*, 2004; Sri Harsha *et al.*, 2013), mentre nei vinaccioli è generalmente trascurabile o molto basso (Kammerer *et al.*, 2004; Lavelli *et al.*, 2015a). Tuttavia, nell'ottica di una strategia di recupero integrale, anche questo basso contenuto dovrebbe essere opportunamente considerato, come suggerito in un recente brevetto relativo all'estrazione di antocianine da vinaccioli (Bi e Rui, 2014). Il contenuto totale in flavonoli delle bucce d'uva varia da 0,3 a 2,6 g/kg s.s. (Sri Harsha *et al.*, 2013; Sri Harsha *et al.*, 2014), mentre è generalmente inferiore a 0,1 g/kg s.s. nei vinaccioli (Maier *et al.*, 2009b). Rispetto alle classi di composti fenolici citate sino ad ora, i sottoprodotti di vinificazione contengono acidi fenolici e stilbeni in quantità decisiva-

mente più basse (Kammerer *et al.*, 2004).

I vinaccioli, inoltre, contengono una frazione oleosa con un elevato profilo nutrizionale. Ad esempio, tra i vari oli vegetali, quello di vinaccioli presenta la maggiore percentuale di acido linoleico (C18:2≈70%), seguita da acido oleico (C18:1≈15%), acido palmitico (C16:0≈7%) e acido stearico (C18:0≈3%) (Hanganu *et al.*, 2012; Fernandes *et al.*, 2013; Fiori *et al.*, 2014). Oltre all'interessante profilo in acidi grassi, l'olio di vinaccioli si caratterizza anche per quantità significative di composti bioattivi quali tocoferoli e tocotrienoli, con un contenuto totale in tocoli sino a 1.208 mg/kg (Beverige *et al.*, 2005; Crews *et al.*, 2006; Fiori *et al.*, 2014).

Ai fini di applicazioni alimentari, risultano di particolare interesse i sottoprodotti di vinificazione da uve biologiche, data la diffusa sensibilità e preferenza dei consumatori verso i prodotti biologici (Laurati *et al.*, 2013, 2014). L'impiego alimentare dei sottoprodotti di vinificazione può servire per la fortificazione (incremento di nutrienti) o l'arricchimento (introduzione nutrienti o componenti normalmente non presenti) di alimenti (Sirò *et al.*, 2008).

Acido tartarico, enocianina (E163) e olio di vinaccioli sono esempi noti di prodotti commerciali ottenuti da sottoprodotti di vinificazione. Inoltre, negli ultimi anni, sono comparsi sul mercato internazionale vinaccioli e bucce d'uva in polvere, promossi come ingredienti ideali per arricchire in fibra, minerali, antiossidanti, colore e aroma farine convenzionali di cereali e prodotti da forno. Per la prima volta Saura-Calixto (1998) propose di potere definire una matrice fibra dietetica antiossidante in presenza di un'attività antiradicalica equivalente di al-

meno 50 mg di vitamina E/g e di un contenuto di fibra dietetica naturale di almeno il 50% su base secca. Le vinacce tal quali, i vinaccioli e le bucce d'uva in genere soddisfano questi requisiti.

Enocianine e fibra dietetica antiossidante d'uva rappresentano, quindi, le due soluzioni base per la reintroduzione dei residui dell'uva nella catena alimentare, comprendendo sia un utilizzo indiretto e parziale come estratti concentrati, sia un uso diretto ed integrale come fibra dietetica antiossidante macinata, essiccata e micronizzata. In entrambi i casi è comunque necessario avviare un nuovo processo produttivo.

La Fig. 1 mostra un diagramma di flusso semplificato per la produzione di fibra dietetica antiossidante da vinacce d'uva. La raccolta delle vinacce dovrebbe seguire una preliminare e attenta selezione delle vinacce migliori per la produzione di ingredienti alimentari sulla base del contenuto in componenti funzionali (fibra, polifenoli e minerali), così come del contenuto in possibili contaminanti (metalli pesanti, residui di pesticidi e micro-

tossine) (Corrales *et al.*, 2010; Solfrizzo *et al.*, 2012). Le operazioni di pulizia e lavaggio potrebbero essere necessarie, pur portando ad una certa perdita di composti fenolici. In funzione del prodotto finale, può avvenire la separazione per vagliatura, prima o dopo essiccamento, di bucce e vinaccioli. La fase di essiccamento è ovviamente indispensabile per ottenere delle polveri finali ma, allo stesso tempo, è il trattamento più comune di stabilizzazione. Le vinacce, infatti, hanno un'umidità molto alta (anche superiore al 60 %) e fermentano molto velocemente. Una fase di conservazione a bassa temperatura può precedere l'essiccamento a seconda di esigenze logistiche e tempistiche di lavorazione. L'essiccamento permette l'inattivazione di attività enzimatiche residue e può essere considerato un processo blando di sanitizzazione, però è un'operazione energeticamente dispendiosa e deve essere condotta con attenzione per minimizzare la degradazione termica dei composti antiossidanti, termolabili, durante il processo. La temperatura di lavoro non dovrebbe superare i 60°C per limitare la degradazione dei composti fenolici (Amendola *et al.*, 2010). Nella produzione di fibra dietetica antiossidante da bucce e semi, questi ultimi possono essere preliminarmente sgrassati per recuperare l'olio e produrre un ingrediente ricco in fibra e con ridotta suscettibilità all'irrancidimento. Nel passaggio finale di molitura la finezza desiderata deve essere regolata in funzione dell'applicazione desiderata. Se le polveri saranno utilizzate per la produzione di un estratto, può essere accettabile una granulometria di 0,5-2 mm, mentre per un impiego diretto in prodotti alimentari (come descritto in seguito) è necessario scendere sotto gli 0,5 mm.



Fig. 1.

Per applicazioni in puree di frutta e prodotti caseari bisognerebbe ottenere granulometrie ancora più fini con conseguenti maggiori consumi energetici in macinazione.

La Fig. 2 mostra un diagramma di flusso semplificato per la produzione di estratti di vinacce, bucce o semi d'uva (Spigno, 2015). Come indicato per la produzione di fibra dietetica antiossidante, le temperature di lavoro dovrebbero rimanere al di sotto dei 60°C, mentre sono possibili diverse tecnologie di estrazione quali l'estrazione convenzionale con solventi compatibili con il consumo umano (Amendola *et al.*, 2010) e altri sistemi che possano permettere un processo più sostenibile. Ad esempio, in letteratura è stata applicata l'estrazione con acqua assistita con ultrasuoni per il recupero di fenoli da vinacce d'uva raggiungendo elevate rese di estrazione con un breve tempo di lavoro (Marinelli *et al.*, 2015). È stato anche proposto l'impiego di estrazione con etanolo/acqua assistita da microonde (Pedroza *et al.*, 2015) o da alte pressioni (Paini *et al.*, 2016), o ancora di soluzioni acquose di acidi organici (Tzima *et al.*, 2015). In generale, tutti questi sistemi si caratterizzano per una bassa selettività e per la co-estrazione di altri composti (quali zuccheri, minerali e acidi organici) dando come prodotto finale un estratto grezzo. Ai fini di un'applicazione alimentare si può pensare di omettere la purificazione dell'estratto che porterebbe ad un incremento dei costi produttivi. L'estratto grezzo può, quindi, venire semplicemente concentrato, dando un estratto liquido, oppure disidratato per ottenere un estratto in polvere. In quest'ultimo caso, è possibile aggiungere dei materiali carrier idonei (ad esempio malto-destrine) che permettano di aumentare e/o modificare la solubilità dei composti fenolici per ottimizzarne

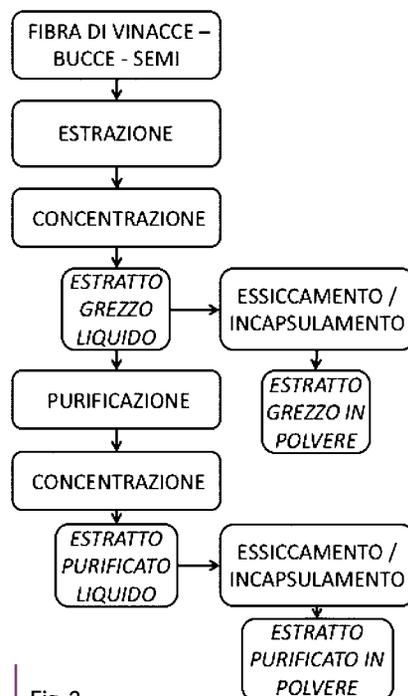


Fig. 2.

l'impiego in diverse categorie di alimenti (Spigno *et al.*, 2013; Lavelli *et al.*, 2016b).

Se invece si vogliono ottenere degli estratti con un'elevata purezza in termini di contenuto tota-

le in composti fenolici o di specifici composti fenolici, è necessaria un'operazione di purificazione. I sistemi di purificazione più comunemente utilizzati e studiati sfruttano il passaggio su resine adsorbenti (Soto *et al.*, 2011) e sistemi di filtrazione con membrane (Zagklis e Paraskeva, 2015). È possibile trovare in letteratura anche altri approcci non convenzionali di purificazione, come l'impiego di gas afrom colloidali (Spigno *et al.*, 2015). In ogni caso, un passaggio di microfiltrazione consente di stabilizzare microbiologicamente a freddo l'estratto.

Indipendentemente dal processo impiegato per ottenere dalle vinacce fibra dietetica antiossidante, estratti fenolici o olio di vinaccioli, questo studio dello stato dell'arte riporta alcuni esempi di letteratura relativi a loro applicazioni alimentari innovative in diverse categorie di prodotti (carne, pesce, pasta, prodotti a base di frutta, da forno e caseari), evidenziando il tipo di ingrediente recuperato, il dosaggio utilizzato ed i principali risultati ottenuti.

## 2. Utilizzo di estratti fenolici e fibra dietetica antiossidante recuperati da bucce e semi d'uva come ingredienti di alimenti innovativi

### 2.1 Effetti funzionali

I nuovi ingredienti ottenuti da sottoprodotti hanno la potenzialità di essere utilizzati in diversi alimenti per aumentarne il valore salustico (Saura-Calixto, 1998; Teixeira *et al.*, 2014). Inoltre, come descritto nei paragrafi successivi e sinteticamente illustrato nelle Tab. 1

e 2, questi ingredienti recuperati sono multifunzionali, potendo essere usati come antiossidanti, coloranti, antimicrobici e miglioratori della *texture*.

#### 2.1.1 Prodotti a base carne

L'interesse crescente per i convenience foods o alimenti ready-to-use ha generato una serie di

prodotti nuovi nel settore delle carni, a base di carne disidratata, congelata e precotta. La qualità di questi prodotti dipende in modo determinante dal rallentamento dei processi ossidativi a carico della frazione lipidica, che influenzano il colore, il *flavour*, l'odore, la *texture* e il valore nutrizionale (Fernandez *et al.*, 1997). Oltre all'ossidazione, la crescita microbica è un altro rilevante fattore che condiziona la conservabilità dei prodotti a base carne (Ahn *et al.*, 2007).

Diverse ricerche hanno studiato l'utilizzo dei sottoprodotti di vinificazione nei prodotti a base carne per prevenire la perossidazione lipidica durante le fasi di precottura e di stoccaggio in condizioni refrigerate, in alternativa all'uso di antiossidanti sintetici, mentre le applicazioni di questi sottoprodotti come agenti antimicrobici sono ancora limitate.

Relativamente alla carne di pollo disidratata, l'aggiunta di estratto disidratato di buccia uva rossa a un livello di 1 g/kg di carne ha rallentato la formazione di esanale e dei prodotti secondari di ossidazione, sia durante il processo di essiccamento, che durante lo stoccaggio a 22°C in aria. Tuttavia l'efficacia è risultata minore rispetto a quella dell'estratto di rosmarino e di antiossidanti sintetici (Nissen *et al.*, 2000). Anche la fibra dietetica antiossidante ottenuta da vinaccia di uva rossa, con una granulometria <0,5 mm (fibra dietetica totale: 782 g/kg; fenoli solubili: 49,3 g/kg) è stata utilizzata alla concentrazione 5-20 g/kg per la produzione di hamburger di pollo, dimostrando che anche questo ingrediente rallenta il processo ossidativo (Sayago-Ayerdi *et al.*, 2009). Infine, è stato dimostrato l'effetto antiossidante dell'estratto ottenuto da vinacce di uva rossa nella carne di pollo cruda e dopo cot-

Tabella 1 - Impieghi alimentari della fibra antiossidante ottenuta da vinaccia, semi o bucce d'uva.

Quantità aggiunta	Prodotto	Principali effetti
5-20 g/kg di prodotto	carne	Rallentamento della formazione di prodotti di ossidazione durante il processo e la conservazione Fortificazione con fibra e polifenoli
20-40 g/kg di prodotto	pesce	Rallentamento della formazione di prodotti di ossidazione durante il processo e la conservazione Fortificazione con fibra e polifenoli
30 g/kg di prodotto	purea di frutta	Effetto anti-glicante Modificazione della <i>texture</i> Fortificazione con fibra e polifenoli
63 g/kg di miscela	caramelle di gelatina	Modificazione della <i>texture</i> Riduzione del tempo di disidratazione Fortificazione con fibra e polifenoli
25-75 g/kg di semola	pasta	Aumento della perdita in amido in cottura Fortificazione con fibra e polifenoli
25-100 g/kg di farina	pane	Diminuzione del volume del pane Inibizione di enzimi amilolitici Fortificazione con fibra e polifenoli
150 a 300 g/kg di farina	biscotti	Intensificazione del colore Fortificazione con fibra e polifenoli

tura, ad una concentrazione di 60 mg fenoli/kg di carne (Selani *et al.*, 2011).

Riguardo alla carne di maiale, l'estratto di buccia rossa è risultato un antiossidante efficace alla concentrazione di 0,2 g/kg, inferiore a quella utilizzata per la carne di pollo, ma superiore alla concentrazione dell'estratto di rosmarino necessaria per lo stesso effetto (Nissen *et al.*, 2004). Al contrario, l'estratto di semi d'uva ha manifestato l'effetto antiossidante in piccole quantità, pari a 0,05-0,2 g/kg di carne, manifestando maggior efficacia rispetto sia all'estratto di rosmarino che all'estratto di origano

(Rojas e Brewer, 2007; Carpenter *et al.*, 2007).

Per la carne di manzo è stato proposto l'uso di estratto di semi d'uva in polvere alla concentrazione di 0,5-1 g/kg, risultato più efficace dell'acido ascorbico (Kulkarni *et al.*, 2011). Su questa matrice sono state anche studiate le proprietà antimicrobiche dell'estratto di semi, durante la conservazione in condizioni refrigerate nei confronti di *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* e *Aeromonas hydrophila*, durante la conservazione in condizioni refrigerate, utilizzando tuttavia concentrazioni pari

Tabella 2 - Impieghi alimentari degli estratti ottenuti da vinaccia, semi o bucce d'uva.

Quantità aggiunta	Prodotto	Principali effetti
0,05-1 g/kg di prodotto	carne	Rallentamento della formazione di prodotti di ossidazione durante il processo e la conservazione Fortificazione con fibra e polifenoli
10 g/kg prodotto	carne	Inibizione della crescita di <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> e <i>Aeromonas hydrophila</i> durante la conservazione
20 g/kg di prodotto	pesce	Rallentamento della formazione di prodotti di ossidazione durante il processo e la conservazione
0,01 g/kg di prodotto	succo di frutta arricchito in probiotici	Miglioramento della stabilità dei batteri probiotici <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Bifidobacterium lactis</i> , e <i>Lactobacillus paracasei</i> durante la conservazione
20 - 100 g/kg di prodotto	succo di frutta	Attività antifungina nei confronti di <i>Zygosaccharomyces rouxii</i> e <i>Z. bailii</i>
8 g/kg di miscela	caramelle di gelatina	Effetto colorante Fortificazione con polifenoli
250,6 - 2 g/kg di farina	pane	Fortificazione con polifenoli
0,6 g/kg di impasto	biscotti	Fortificazione con polifenoli

a 10 g/kg di carne, molto superiori rispetto a quelle richieste per l'effetto antiossidante (Ahn *et al.*, 2007).

### 2.1.2 Prodotti a base pesce

Il pesce ha un elevato contenuto di acidi grassi poliinsaturi (PUFA), che sono facilmente soggetti ad auto-ossidazione. L'utilizzo di antiossidanti naturali è una strategia sostenibile per aumentare la stabilità di questi prodotti sia durante lo stoccaggio del prodotto fresco refrigerato, che durante la trasformazione, che durante la conservazione del prodotto pre-cotto.

I composti fenolici delle vinacce sono stati frazionati e sperimentati

come antiossidanti per la carne fresca di pesce (*Scomber scombrus*), ad una concentrazione di 0,1 g/kg di pesce. Tutte le frazioni antiossidanti ottenute dalle vinacce hanno aumentato il periodo di induzione del processo di formazione dei perossidi e di aldeidi nel pesce; la massima protezione si è ottenuta utilizzando la frazione di proantocianidine con elevati gradi di polimerizzazione e di esterificazione con acido gallico (Pazos *et al.*, 2005). Analogamente, l'estratto non frazionato di semi d'uva ha mostrato efficacia antiossidante nel pesce (Ozen *et al.*, 2011).

Alternativamente è stata usata la fibra dietetica antiossidante ot-

tenuta dalle vinacce di uva bianca (fibra dietetica totale: 760 g/kg; fenoli solubili: 78 g/kg), avente una granulometria < 0,25 mm ad una concentrazione di 20-40 g/kg di pesce (Sanchez-Alonso *et al.*, 2008). Con un approccio simile è stata utilizzata la fibra dietetica antiossidante della sola buccia d'uva (fibra dietetica totale: 820g/kg; fenoli solubili: 42 g/kg), avente una granulometria <1 mm, ad una concentrazione di 30 g/kg di pesce, osservando sia l'effetto antiossidante che l'effetto antimicrobico (Ribeiro *et al.*, 2013).

### 2.1.3 Prodotti da forno e pasta

Il pane è stato considerato come un alimento da fortificare con i sottoprodotti di vinificazione per migliorare l'apporto di fibra e/o antiossidanti della dieta. L'estratto di semi d'uva è stato aggiunto a una concentrazione di 0,6-2 g/kg di pane, osservando un aumento dell'attività antiossidante del prodotto finale nonostante la perdita di composti fenolici durante la panificazione. L'aggiunta dell'estratto di semi d'uva ha tuttavia intensificato il colore bruno del pane (Peng *et al.*, 2010). In un altro approccio è stata ottenuta la fibra dietetica antiossidante dai semi (con contenuto di fibra, dietetica, fenoli non specificati e granulometria <0,150 mm). Tuttavia, dopo l'aggiunta di questo ingrediente alla concentrazione di 25-100 g/kg farina, si è osservata una diminuzione del volume del pane (Hoye e Ross, 2011). Quest'effetto è presumibilmente dovuto all'inibizione delle amilasi della farina, che causa un inadeguato rilascio di maltosio necessario al lievito (Mildner-Szkudlarz *et al.*, 2011). Considerato che i fenoli possono anche inibire gli enzimi  $\alpha$ -glucosidasi e  $\alpha$ -amilasi dell'uomo, la fibra dietetica antiossidante

di bucce di uva bianca con una granulometria <0,250 mm (e fenoli solubili pari a 20,0 g/kg) è stata aggiunta ad un livello di 100 g/kg di farina per la produzione di un pane non fermentato per soggetti diabetici (Lavelli *et al.*, 2016a).

L'uso della fibra dietetica di vinaccia di uva rossa (fibra dietetica totale 593 g/kg; fenoli solubili 58,9 g/kg) è stato anche sperimentato in un pane di grano tenero e avena ottenuto mediante fermentazione acida; anche in questo caso tuttavia si è avuto un peggioramento della *texture* rispetto al prodotto non addizionato (Mildner-Szkudlarz *et al.*, 2011).

Nei biscotti secchi la fortificazione dei livelli di fibra dietetica e fenoli con l'aggiunta di fibra antiossidante di vinaccia di uva rossa con una granulometria <0,589 mm, alla concentrazione di 150-250 g/kg farina non ha peggiorato le proprietà reologiche, probabilmente per la presenza della frazione di grasso (Walker *et al.*, 2014). Il peggioramento si è tuttavia osservato con aggiunte pari a 300 g/kg di farina (Mildner-Szkudlarz *et al.*, 2013). L'aggiunta ai biscotti di fenoli da semi d'uva (2,1 g/L) incapsulati con polisaccaridi e/o proteine è risultata un'efficace strategia per mascherare la colorazione bruna (Davidov-Pardo *et al.*, 2012). Al contrario, l'aggiunta ai biscotti dell'estratto grezzo di bucce di uva rossa, ad una concentrazione di 450 mL/kg di farina, ha determinato una colorazione intensa e un profilo aromatico particolare (Pascualone *et al.*, 2014).

La fortificazione della pasta, con i prodotti di vinificazione, è altrettanto promettente. La fibra dietetica da vinaccia di uva rossa (fibra dietetica totale pari a 689,5 g/kg, contenuto fenolico non specificato) con diametro medio <0,811 mm

alla concentrazione di 25-75 g/kg di farina consente un miglioramento nutrizionale ma nello stesso tempo causa un leggero aumento della perdita in cottura ai più alti livelli di aggiunta. Questo effetto è stato attribuito a una modificazione del network glutinico causata dalle fibre d'uva, con un conseguente indebolimento della struttura della pasta (Sant'Anna *et al.*, 2014).

Tuttavia, l'aggiunta nella pasta del solo estratto di bucce d'uva rossa (fenoli solubili 4,43 g/kg) comporta non solo l'atteso miglioramento nutrizionale, ma anche una diminuzione delle perdite in cottura. È stato ipotizzato che i composti fenolici si leghino ai granuli di amido ostacolando un eccessivo rigonfiamento e la diffusione dell'amilosio (Marinelli *et al.*, 2015).

#### 2.1.4 Prodotti a base frutta

La sostituzione di additivi sintetici con composti naturali è un trend crescente nell'industria di trasformazione della frutta. Aggiungendo l'estratto fenolico di uva rossa (fenoli solubili 30 g/kg) a un gel modello a base frutta, a una concentrazione pari a 8,2 g/kg di miscela (prima della concentrazione) si è osservato un notevole aumento delle proprietà antiossidanti del prodotto, nonostante la matrice frutta sia naturalmente ricca di questi composti. La frazione di antocianine è risultata relativamente stabile durante la conservazione per 24 settimane, probabilmente a causa di un'associazione intermolecolare con le pectine (Maier *et al.*, 2009a). La formulazione di 0,01 g/kg succo di bucce di uva bianca (concentrazione fenolica non specificata) in un succo di frutta modello inoculato con *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium*

*lactis* e *Lactobacillus paracasei* ha migliorato la stabilità dei batteri probiotici durante la conservazione (Shah *et al.*, 2010). Gli estratti di uva rossa e bianca (fenoli solubili: 75-280 g/kg) sono anche stati addizionati a un succo di mela e arancia per raggiungere una concentrazione di 20-100 g/kg, succo di fenoli ed è stato osservato un effetto antimicrobico verso i batteri contaminanti, quali *Zygosaccharomyces rouxii* e *Z. bailii* (Sagdic *et al.*, 2011). Oltre agli estratti sono state sviluppate applicazioni della fibra dietetica antiossidante. Dalla buccia di uva bianca si è ottenuta una fibra dietetica antiossidante con granulometria nell'intervallo 0,125-0,5 mm (fibra dietetica totale: 505 g/kg; fenoli solubili: 30 g/kg; fenoli insolubili: 139 g/kg) con diverse potenzialità d'uso. Infatti, l'aggiunta a una purea di pomodoro in concentrazione pari a 30 g/kg ha conferito proprietà anti-glicanti, cioè la capacità di limitare i danni dovuti all'iperglicemia (Lavelli *et al.*, 2014; Torri *et al.*, 2015). Inoltre, questa aggiunta ha aumentato il livello di fibra, migliorando alcuni indici quali la consistenza di Bostwick, il modulo viscoso ed elastico e la viscosità complessa, fornendo quindi un metodo per modulare la *texture* del prodotto (Lavelli *et al.*, 2015b). Con un approccio analogo è stata utilizzata la fibra dietetica antiossidante di uva rossa con granulometria nell'intervallo 0,125-0,5 mm (fibra dietetica totale: 600 g/kg; fenoli solubili: 26 g/kg), ad un livello di 63 g/kg in una miscela per una gelatina di frutta a base mela, con l'effetto di ottenere una struttura più forte che richiede una maggiore energia di taglio; come vantaggio conseguente lo step di disidratazione ha potuto essere ridotto (Cappa *et al.*, 2015).

### 2.1.5 Prodotti lattiero-caseari

L'aggiunta di polifenoli di origine vegetale agli alimenti ha avuto un notevole incremento negli ultimi anni in relazione all'interesse dei consumatori verso i cibi funzionali (O'Connell e Fox, 2001). Nel caso dei prodotti lattiero-caseari l'aggiunta di componenti polifenolici oltre ad aumentarne il valore nutrizionale ne incrementa la stabilità ai trattamenti termici e quella della schiuma (O'Connell e Fox, 2001). Purtroppo molti componenti polifenolici sono amari ed astringenti (Vidal *et al.*, 2004) e quindi vengono istintivamente rifiutati dai consumatori (Drewnoski e Gomez-Carneros, 2000). I composti polifenolici interagiscono inoltre con le proteine con legami sia idrofobici che idrofilici, ma queste interazioni dipendono dal pH, dal rapporto molare e dalle strutture molecolari dei polifenoli (Felix da Silva *et al.*, 2015).

Han e coll. (2011 a,b) hanno studiato l'effetto dell'aggiunta di singoli composti fenolici (catechina, epigallocatechina, acido tannico, esperetina e flavoni) nonché di estratti naturali quali l'estratto di vinaccia, l'estratto di tè verde e la polvere di mirtillo rosso americano quali ingredienti in formaggi al livello 0,5 mg di polifenoli totali/mL di latte. Nello studio sono stati considerati tre parametri strutturali del gel, ossia il  $T_{lag}$  (il tempo di coagulazione), la  $V_{max}$  (la velocità di rassodamento) e la  $TV_{max}$  (tempo di rassodamento). I risultati hanno evidenziato che l'aggiunta di polifenoli influisce su tutti i parametri considerati ed in particolare che il cambiamento di pH determina una coagulazione più rapida soprattutto nei lattici addizionati con polifenoli singoli piuttosto che con estratti. Inoltre l'aggiunta dei componenti polifenolici aumenta l'attività antiossi-

dante dei prodotti lattiero-caseari. In particolare, la maggiore attività antiradicalica è stata evidenziata dagli estratti di vinaccia in relazione alla loro elevata ritenzione nella cagliata e questo rappresenta un risultato molto promettente in relazione ad un utilizzo delle vinacce stesse.

Marchiani e coll. (2015) hanno utilizzato le polveri ottenute dalle vinacce essiccate di tre vitigni (Barbera, Chardonnay pre-distillazione e Chardonnay post-distillazione) con granulometria inferiore a 0,25 mm ed un contenuto in polifenoli solubili compreso fra 3,64 e 16,0 g/kg nella produzione di formaggi semi-duri e duri quali Cheddar ed un formaggio tipo Toma piemontese. Le polveri sono state aggiunte a due differenti concentrazioni (8 e 16 g/kg di formaggio) ed i risultati ottenuti hanno evidenziato che la quantità e la tipologia di polvere non modifica significativamente i parametri chimico-fisici dei formaggi ad eccezione del pH. I formaggi addizionati di polvere di vinaccia di Chardonnay pre-distillazione evidenziano però i maggiori contenuti polifenolici ed una maggiore attività antiossidante al termine della stagionatura. Proteolisi e parametri microbiologici non evidenziano invece differenze fra i formaggi fortificati e quelli testimone.

Tseng e Zhao (2013) hanno utilizzato la polvere di vinaccia essicata con una granulometria inferiore a 0,18 mm, un contenuto in fibra di 613,2 g/kg e di polifenoli di 67 g/kg nella produzione di yogurt (da 10 a 30 g/kg) e di un dressing per insalata (da 5 a 10 g/kg) al fine di aumentarne il valore nutrizionale e la conservabilità. Gli Autori hanno dimostrato che queste polveri aumentano il potere antiossidante ed il contenuto in fibre degli alimenti

considerati e riducono l'ossidazione dei lipidi nel corso della shelf-life. Tuttavia il contenuto di polifenoli e l'attività antiossidante degli yogurt addizionati di vinaccia diminuisce durante la conservazione a causa delle interazioni fra i polifenoli e la componente proteica. Di conseguenza sono necessari ulteriori studi per determinare il meccanismo di mantenimento del contenuto polifenolico e dell'attività antiossidante in questi alimenti nel corso della shelf-life.

Chouchouli e coll. (2013) hanno utilizzato gli estratti di due varietà di uva per funzionalizzare yogurt interi e magri e portarli ad un contenuto polifenolico da 50 a 100 mg/kg di yogurt. L'aggiunta degli estratti non ha modificato né il pH né la carica in batteri lattici mentre il contenuto in polifenoli e l'attività antiossidante è risultata più elevata rispetto al prodotto testimone anche dopo 3-4 settimane di conservazione. Anche in questo caso si è evidenziato comunque un decremento dell'attività antiossidante e del contenuto polifenolico durante la conservazione.

Lo yogurt è stato infine funzionalizzato anche da Marchiani e coll. (2016) mediante l'aggiunta di polvere di vinaccia bianca e rossa con granulometria inferiore a 0,250 mm ed un contenuto in fibre totali compreso fra 345 e 481 g/kg sino ad un contenuto di 60 g/kg di yogurt. In questo caso il contenuto in polifenoli totali non ha evidenziato decrementi nel corso della conservazione a differenza dell'attività antiossidante. Nessuna modificazione si è nuovamente registrata per la carica in batteri lattici.

Anche il latte UHT magro è stato addizionato di estratti di vinaccioli di differenti varietà di uva al fine di ottenere un contenuto in polifenoli totali nel prodotto finale

di 2 g/L di latte e che rappresenta la quantità di polifenoli ingerita consumando una mela fresca (Axten *et al.*, 2008).

## 2.2 Effetti sensoriali

La comprensione dell'impatto di nuovi ingredienti sulla percezione dei consumatori è considerata una fase cruciale nello sviluppo di nuovi prodotti (Verbeke, 2006; Tuorila, 2007). Quindi, includere nel processo di innovazione di un prodotto un approccio sensoriale e di valutazione con i consumatori risulta strategico per definire le proprietà che hanno un effetto sulle preferenze dei consumatori e per individuare gli attributi che guidano l'ottimizzazione di prodotto (Torri *et al.*, 2016).

### 2.2.1 Prodotti carnei

Gli effetti sensoriali dei sottoprodotti enologici aggiunti ai prodotti carnei sono stati a fondo studiati in letteratura. Per la carne di pollo, gli estratti di bucce d'uva aggiunti a prodotti disidratati (1 g/kg di carne) hanno evitato modifiche sensoriali dovute all'ossidazione (lavaggio a caldo, pollo bollito, grasso sottocutaneo e rancidità), con un'efficacia comparabile agli antiossidanti di sintesi ed altri antiossidanti naturali, quali rosmarino, caffè e tè (Nissen *et al.*, 2000). L'utilizzo di fibra antiossidante da vinacce di uva rossa in hamburger di pollo (5-20 g/kg di carne) ha aumentato la stabilità lipidica durante 5 giorni di stoccaggio, senza influenzare l'appetibilità di odore, *flavour*, e tenerezza. Solamente il colore è stato modificato dall'aggiunta di estratto di buccia d'uva (15-20 g/kg di carne), senza però che questa modifica influenzasse l'accettabilità dei campioni. Test sensoriali che confrontavano l'effetto di quat-

tro differenti livelli di aggiunta hanno rivelato che i consumatori hanno preferito gli hamburger con il più alto contenuto di estratto (15-20 g/kg di carne) (Sayago-Ayedi *et al.*, 2009). Anche l'incorporazione di estratti di bucce d'uva in hamburger di pollo crudi e cotti (60 mg di fenoli/kg di carne) ha fornito risultati interessanti durante lo stoccaggio in condizioni di congelamento in termini di odore e *flavour*, risultati non differenti da quelli osservati impiegando antiossidanti sintetici (Selani *et al.*, 2011).

Per quanto riguarda la carne suina, l'aggiunta di estratto di buccia d'uva (0,2 g/kg di carne) a hamburger cotti non è stata sufficiente a ridurre l'intensità dell'odore e del *flavour* di rancido e di semi di lino, attributi correlati agli indici di ossidazione (contenuto di prodotti di ossidazione secondaria e esanale); quindi, non è stata garantita l'accettabilità sensoriale per il consumo (Nissen *et al.*, 2004). Tuttavia, è stato dimostrato che gli estratti di semi d'uva (0,1-0,2 g/kg di carne) hanno avuto un effetto positivo su hamburger sia bovini che suini, con un'efficacia superiore a quella ottenuta da oleoresine di rosmarino e estratti acquosi di origano. Infatti, la valutazione sensoriale effettuata durante otto giorni di stoccaggio a 4°C, ha dimostrato l'efficacia di estratti di semi d'uva nel controllare lo sviluppo di diverse caratteristiche sensoriali negative associate al *flavour* di riscaldato, quali odori di rancido, cartone umido (per gli hamburger bovini) ed erbaceo (per gli hamburger sia bovini che suini) (Rojas e Brewer, 2007). Similmente, l'aggiunta di estratti di semi d'uva (0,05-1 g/kg di carne) non ha significativamente influenzato i punteggi medi ottenuti per gli hamburger suini cotti per nessun parametro qualitativo valutato (odore, *fla-*

*vour*, *texture*, succosità e *off-flavour*) durante quattro giorni di stoccaggio a 4°C in atmosfera protettiva (Carpenter *et al.*, 2007).

L'estratto di semi d'uva (0,1-0,2 g/kg di carne) ha portato a una decolorazione della componente visiva verde degli hamburger bovini (Rojas e Brewer, 2007). Questo effetto è stato osservato anche in salsicce bovine precotte contenenti estratto di semi d'uva (0,3-0,5 g/kg di carne). Inoltre, l'estratto di semi d'uva ha migliorato la persistenza dell'odore e del *flavour* di carne fresca cotta (rispetto al campione di controllo) e ha evitato la formazione dell'odore di rancido durante lo stoccaggio in prodotti fortificati (Kulkarni *et al.*, 2011).

### 2.2.2 Prodotti ittici

Poche informazioni sono disponibili sull'effetto sensoriale dei sottoprodotti enologici aggiunti in prodotti ittici. Infatti, solo un articolo di quelli citati in questa recensione include una valutazione sensoriale di salsicce di pesce fortificate. La descrizione sensoriale di questo prodotto ha mostrato che i campioni contenenti fibra alimentare antiossidante ottenuta da bucce d'uva (30 g/kg di pesce) erano significativamente più scuri, meno elastici, tenaci, succosi e oleosi e possedevano una consistenza e un *flavour* più sgradevole del campione di controllo. Gli sgradevoli odori e *flavour* sono stati descritti con una nota acida. Tuttavia, dopo 98 giorni di stoccaggio a temperatura refrigerata non si sono sviluppati odori e *flavour* di rancido (Ribeiro *et al.*, 2013).

### 2.2.3 Prodotti da forno e pasta

Tra le categorie alimentari considerate in questa recensione, i prodotti cerealicoli sono quelli più comunemente indagati dal punto di

vista sensoriale. Aggiungendo differenti quantità di estratti di semi d'uva al pane bianco (0,6-2 g/kg di pane), non sono state rilevate alterazioni significative degli attributi qualitativi (dolcezza, porosità, astringenza e adesività) (Peng *et al.*, 2010). La sostituzione ottimale di farina con fibra alimentare antiossidante da buccia d'uva è di 50 g/kg di farina. Al di sopra di questa soglia, è stata osservata una bassa accettabilità dell'astringenza, della dolcezza, dell'amarezza e del gradimento complessivo (Hoye e Ross, 2011). In modo simile, l'accettabilità complessiva per pane di segale prodotto con pasta acida e con un contenuto di fibra alimentare antiossidante da vinacce d'uva rossa, variabile da 40 a 100 g/kg di farina, ha indicato che per preparare prodotti accettabili si può usare una quantità massima di 60 g/kg di farina. Livelli superiori erano infatti associati ad una diminuzione del volume, della porosità e dell'aroma tipico del pane fresco e ad un aumento della durezza, dell'acidità e delle note pungenti, alcoliche e fruttate (Mildner-Szkudlarz *et al.*, 2011).

La fortificazione di *brownie* con quantità di fibra alimentare antiossidante da bucce d'uva bianca e rossa superiori a quelle accettabili per il pane, fino a 150 g/kg di farina, non ha influenzato le proprietà sensoriali e l'accettabilità dei prodotti (Walker *et al.*, 2014). Anche l'accettabilità di biscotti arricchiti con fibra alimentare antiossidante da bucce d'uva bianca dipende dai livelli di aggiunta: l'incorporazione di 100 g/kg di farina nella farina bianca è risultata adeguata, mentre concentrazioni di 200 o 300 g/kg di farina ha indotto la percezione di una nota acidica-fruttata e di un colore marrone intenso sgradito ai consumatori (Mild-

ner-Szkudlarz *et al.*, 2013). Tuttavia, la microincapsulazione di estratti di semi d'uva ha evitato una diminuzione dei punteggi di gradimento da parte dei consumatori (Davidov-Pardo *et al.*, 2012). Biscotti arricchiti con un estratto di vinacce d'uva rossa (450 mL/kg di semola) sono stati descritti da un panel di assaggiatori addestrati con un colore, un odore fruttato e un gusto acido più intenso e una minore friabilità rispetto ai campioni di controllo. Inoltre, i consumatori sono stati in grado di discriminare tra i campioni di biscotti in funzione del colore e del gusto. Tuttavia, né le modificazioni dei profili sensoriali né le differenze percepite durante i test affettivi hanno influenzato l'accettabilità e la disponibilità all'acquisto dei consumatori verso biscotti arricchiti di antocianine. Per quanto riguarda il colore e il gusto, il numero di consumatori che ha preferito i biscotti arricchiti non è stato significativamente diverso da quello dei consumatori che hanno preferito i biscotti di controllo (Pasqualone *et al.*, 2013).

Il gradimento complessivo e l'accettabilità dell'aspetto, dell'aroma, del *flavour* e dell'*aftertaste* di campioni di pasta (formato fettuccine) è diminuito rispetto al controllo, indipendentemente dalla concentrazione della fibra alimentare antiossidante con bucce d'uva rossa aggiunta (Sant'Anna *et al.*, 2014). Tuttavia, le proprietà sensoriali di spaghetti pastorizzati e essiccati fortificati sono risultati accettabili come i prodotti di controllo (Marinelli *et al.*, 2015).

#### 2.2.4 Prodotti a base frutta

Le informazioni relative all'effetto dei sottoprodotti enologici sulle proprietà sensoriali dei prodotti frutticoli sono scarse. L'incorporazione di frazioni di bucce d'u-

va di diversa granulometria in passata di pomodoro vellutata o rustica (30 g/kg di passata) ha indotto un netto aumento della percezione degli attributi di *texture* (croccantezza e granulosità), una diminuzione dell'omogeneità percepita e una variazione nelle note olfattive vegetali (speziato, fieno). L'intensità di questi effetti è risultata dipendere dalla granulometria delle frazioni aggiunte, la quale ha influenzato anche le preferenze dei consumatori. È stato individuato un gruppo di soggetti che ha significativamente preferito la frazione più piccola (<0,125 mm), in particolare quando abbinata alla passata di pomodoro vellutata, mentre un altro gruppo di consumatori ha mostrato preferenze opposte, preferendo la frazione più grande (0,250-0,500 mm) e la passata di pomodoro rustica (Lavello *et al.*, 2014; Torri *et al.*, 2015).

#### 2.2.5 Prodotti lattiero-caseari

È stato studiato un numero limitato di applicazioni delle vinacce al settore caseario, specialmente in termini di valutazione degli effetti sensoriali; tuttavia, sono stati indagati yogurt fortificati con sottoprodotti del processo di vinificazione. La fortificazione con quantità di estratti di semi d'uva corrispondenti a contenuti di 50-100 mg di fenoli totali/kg di yogurt non ha indotto nessuna comparsa di difetti delle proprietà sensoriali (colore, *flavour* e consistenza) rispetto al controllo (Chouchouli *et al.*, 2013). Al contrario, livelli di aggiunta superiori hanno modificato fortemente le caratteristiche sensoriali dello yogurt, il quale è stato percepito troppo acido dai consumatori, con un *flavour* sgradevole e una consistenza granulosa/sabbiosa. Tuttavia, sono state osservate differenze significative di gradimento quando sono stati impiegati sottopro-

dotti di diverse varietà di uva, indicando lo Chardonnay come più adatto alla fortificazione rispetto al Pinot nero e al Moscato (Marchiani *et al.*, 2016). La fortificazione dello yogurt con vinacce di uva rossa nell'intervallo di 10-20 g/kg di yogurt ha fornito responsi di gradimento complessivo soddisfacenti. Tuttavia, inferiori punteggi di gradimento per *flavour* e *texture* sono stati osservati per il campione con più alta concentrazione di vinacce (Tseng e Zhao, 2013). L'aggiunta di fibra alimentare antiossidante da vinacce d'uva rossa a condimenti per insalata in quantità pari a 10 g/kg di miscela ha ottenuto la migliore risposta edonica da parte dei consumatori (Tseng e Zhao, 2013). La fortificazione con fibra alimentare antiossidante da bucce d'uva ha influenzato notevolmente le proprietà sensoriali di formag-

gi vaccini tipo Robiola, specialmente in termini di aspetto e consistenza. In particolare, l'aspetto marmorizzato, la granulosità, la sabbiosità, l'acidità e l'astringenza (dovute alla presenza di fibra e polifenoli derivanti dalle bucce d'uva) ha influenzato negativamente il gradimento complessivo del formaggio quando la quantità di bucce di Barbera e Chardonnay era rispettivamente superiore a 8 e 16 g/kg di cagliata (Torri *et al.*, 2016). L'aggiunta di estratti di semi d'uva a latte UHT parzialmente scremato ha avuto un forte impatto sulle caratteristiche sensoriali del prodotto, tendendo a sopprimere la dolcezza e l'odore e il *flavour* tipico del latte UHT e ad aumentare la percezione di amaro, acido, astringente, odori e *flavour* (uvetta fresca, miele, cenere, tabacco) e di gessosità (Axten *et al.*, 2008).

guita a temperatura ambiente. Sfortunatamente, l'estrazione meccanica non consente, in generale, un'alta resa di estrazione di olio. Questo vale in particolare per i semi d'uva, la cui consistenza legnosa li rende meccanicamente resistenti e, aspetto ancora più importante, il cui contenuto in olio è piuttosto limitato: 4-17% in peso (Fernandes *et al.*, 2013; Fiori *et al.*, 2014). Per aumentare il recupero dell'olio, l'estrazione meccanica può essere eseguita ad una temperatura più elevata: tuttavia, a temperature di estrazione maggiori, alcuni costituenti nobili dell'olio, che sono termicamente instabili, tendono a degradare.

Un solvente emergente di utilizzo nell'industria alimentare è l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) ad alta pressione, più precisamente detta CO<sub>2</sub> supercritica (SC-CO<sub>2</sub>) (Duba e Fiori, 2015a). Un fluido viene definito supercritico quando si trova ad una temperatura e ad una pressione che siano rispettivamente più alte della sua temperatura critica (T<sub>c</sub>) e pressione critica (P<sub>c</sub>). Per la CO<sub>2</sub>, T<sub>c</sub> e P<sub>c</sub> sono pari rispettivamente a 31°C e 73 bar. Pertanto, l'utilizzo di CO<sub>2</sub> supercritica prevede di operare a temperature solo leggermente superiori alla temperatura ambiente, il che rende la SC-CO<sub>2</sub> particolarmente interessante per estrarre composti termicamente instabili, quali sono quelli che spesso si trovano nel settore alimentare e nell'olio di vinacciolo in particolare (Ben Mohamed *et al.*, 2016).

Un vantaggio importante dell'uso di fluidi supercritici come solventi è l'estrema facilità di separazione, dopo estrazione, tra solvente e soluto: la separazione avviene per semplice depressurizzazione. Quando si utilizza la SC-CO<sub>2</sub> per estrarre l'olio di vi-

### 3. Estrazione di olio di vinacciolo con tecnologie verdi

L'estrazione di olio di vinacciolo può essere effettuata in parallelo al recupero di fibre dietetiche ed estratti fenolici con proprietà antiossidanti da bucce d'uva e vinaccioli disoleati, rendendo la strategia globale di recupero più sostenibile e conforme agli obiettivi di un'economia circolare. Recenti innovazioni tecnologiche consentono oggi di utilizzare "tecnologie verdi" per sostituire il tradizionale recupero di olio via solventi chimici.

Il recupero dell'olio di vinacciolo richiede la preliminare separazione dei semi dagli altri costituenti della vinaccia, quali bucce e raspi. La separazione avviene per via meccanica, di solito dopo essiccamento della vinaccia.

L'estrazione convenzionale con solventi "non verdi" consente un recupero quasi completo dell'olio contenuto nei vinaccioli. Per l'estrazione dell'olio vengono utilizzati solventi non polari, quali ad esempio il n-esano e l'etere di petrolio, comunemente usati anche in ragione del loro basso costo. Dopo l'estrazione, l'olio deve essere separato dal solvente in cui si trova disciolto, e il solvente può essere riciclato. La separazione si ottiene facendo evaporare il solvente. Nel caso del n-esano, l'evaporazione avviene a 69°C (punto di ebollizione del n-esano a pressione ambiente).

Olio di alta qualità viene ottenuto per estrazione meccanica ese-

nacciolo, dopo aver fatto fluire la SC-CO<sub>2</sub> attraverso un letto fisso di semi d'uva macinati, il flusso monofase costituito da SC-CO<sub>2</sub> e l'olio di vinacciolo estratto e disciolto viene espanso attraverso una valvola di contropressione. Dopo l'espansione, la CO<sub>2</sub> gassosa a bassa pressione si separa dall'olio di vinacciolo, che viene pertanto recuperato privo di solvente. Anche i semi d'uva sgrassati e privi di solventi possono essere recuperati e utilizzati per ulteriori applicazioni alimentari (Lavelli *et al.*, 2015a). Il processo completo e l'impiantistica necessaria a scala industriale per l'estrazione con SC-CO<sub>2</sub> di olio di vinacciolo sono stati riportati in letteratura in maniera dettagliata (Fiori, 2010; Freitas *et al.* 2013). L'effetto dei parametri di processo sulla cinetica di estrazione e sulla resa di estrazione di olio di vinacciolo operando con SC-CO<sub>2</sub> sono stati analizzati e discussi recentemente (Duba e Fiori, 2015b). Altri evidenti vantaggi dell'utilizzo di SC-CO<sub>2</sub> nel settore alimentare sono rappresentati dalle caratteristiche peculiari della CO<sub>2</sub>, che non è tossica, non è infiammabile ed è poco costosa.

Sfortunatamente, il processo di estrazione con CO<sub>2</sub> supercritica presenta svantaggi di natura economica.

La solubilità dell'olio di vinacciolo in SC-CO<sub>2</sub> è inferiore a 10 g di olio/kg di CO<sub>2</sub> laddove la pressione sia inferiore a 350 bar (Duba e Fiori, 2016). Per ottenere valori accettabili di solubilità di olio in SC-CO<sub>2</sub>, l'estrattore deve operare a non meno di 400 bar, preferibilmente a 500-600 bar, il che si traduce in elevati costi di investimento a livello di impiantistica, la quale deve prevedere estrattori e pompe per CO<sub>2</sub> che operino ad alta pressione (Fiori, 2010).

## 4. Conclusioni

Gli studi riportati dimostrano un crescente interesse riguardo alle possibili applicazioni alimentari dei sottoprodotti di vinificazione e delinano un nuovo scenario di produzione per i vinificatori.

I sottoprodotti di vinificazione possono infatti essere trasformati in diversi ingredienti alimentari, inclusa la fibra dietetica antiossidante, l'estratto fenolico grezzo e l'estratto incapsulato, per poi essere utilizzati in diversi alimenti. L'olio di vinacciolo può essere recuperato mediante estrazione con anidride carbonica supercritica. Esistono tuttavia fattori economici e regolamentari che ostacolano lo sviluppo di queste applicazioni su vasta scala. Come prima criticità queste applicazioni prevedono la nascita di nuove filiere produttive che uniscano la filiera della vinificazione con altre filiere alimentari. L'implementazione di queste connessioni richiede una miglior organizzazione logistica, incluso l'uso di appropriate tecnologie di raccolta, conservazione, trasporto e trasformazione della vinaccia, con costi di investimento relativamente alti. In secondo luogo, anche se la politica comunitaria promuove fortemente il riciclo dei sottoprodotti, la strategia di recupero si può scontrare con la stessa normativa: alcune applicazioni proposte rientrano nella categoria dei "novel foods" e la loro implementazione industriale è subordinata ad un processo di autorizzazione. Infine, la fortificazione di alimenti con livelli adeguati di fibra dietetica antiossidante dai sottoprodotti di vinificazione permette di riportare in etichetta la dicitura "ricco in fibra", mentre per gli altri benefici studiati non è attualmente possibile alcuna dichiarazione che renda evidente al consumatore il valore aggiunto dell'alimento. In con-

clusione, sono necessari investimenti per lo sviluppo di una bioraffineria alimentata con i sottoprodotti di vinificazione.

## Ringraziamenti

La ricerca è stata finanziata da AGER (progetto *Valorvitis 2.0.*).

*Il presente lavoro è stato tradotto dall'articolo pubblicato sulla rivista Italian Journal of Food Science nr. 4-2016*

## Bibliografia

- Ahn J., Grun I.U. and Mustapha A. 2007. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiol.* 24:7.
- Amendola D., De Faveri D.M. and Spigno G. 2010. Grape marc phenolics: extraction kinetics, quality and stability of extracts. *J. Food Eng.* 97:384.
- Axten L.G., Wohlers M.W. and Wegrzyn T. 2008. Using phytochemicals to enhance health benefits of milk: Impact of polyphenols on flavor profile. *J. Food Sci.* 73: H122.
- Battista F., Tomasi D., Porro D., Caicci F., Giacosa S. and Rolle L. 2015. Winegrape berry skin thickness determination: comparison between histological observation and texture analysis determination. *Ital. J. Food Sci.* 27: 136.
- Ben Mohamed H., Duba K.S., Fiori L., Abdelgawed H., Tlili I., Tounekti T. e Zrig A. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvent. *LWT - Food Sci. Technol.* 74: 557.
- Beverige T.H.J., Girard B., Kopp T. and Drover J.C.G. 2005. Yield and composition of grape seed oil extracted by supercritical carbon dioxide and petroleum ether: varietal effects. *J. Agric. Food. Chem.* 53: 1799.
- Bordiga M. 2015. Valorization of wine making by-products. p.365. CRC Press.
- Cappa C., Lavelli V. and Mariotti M. 2015. Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties. *LWT - Food Sci. Technol.* 62: 569.
- Carpenter R., O'Grady M.N., O'Callaghan Y.C., O'Brien N.M. and Kerry, J.P. 2007. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. *Meat Sci.* 76: 604.

- Chouchouli V., Kalogeropoulos N., Konteles S.J., Karvela E., Makris D.P. and Karathanos V.T. 2013. Fortification of yoghurts with grape (*Vitisvinifera*) seed extracts. *LWT - Food Sci. Technol.* 53: 522.
- Corrales M., Fernandez A., Vizoso Pinto M.G., Butz P., Franz C.M.A.P., Schuele E. and Tauscher B. 2010. Characterization of phenolic content, in vitro biological activity, and pesticide loads of extracts from white grape skins from organic and conventional cultivars. *Food Chem.Toxicol.* 48: 3476.
- Crews C., Hough P., Godward J., Brereton P., Lees M., Guiet S. and Winkelmann W. 2006. Quantitation of the main constituents of some authentic grape seed oils of different origin. *J. Agric. Food Chem.* 54: 6261.
- Davidov-Pardo G., Moreno M., Arozarena I., Marin-Arroyo M.R., Bleibaum R.N. and Bruhn C.M. 2012. Sensory and consumer perception of the addition of grape seed extracts in cookies. *J. Food Sci.* 77: S430.
- Drewnowski A. and Gomez-Carneros C. 2000. Bitter taste, phytonutrients and the consumer: a review. *Am. J. Clin. Nutr.* 72:1424.
- Duba S.K. and Fiori L. 2015a. Extraction of bioactives from food processing residues using techniques performed at high pressure. *Curr Opin Food Sci.* 5:14.
- Duba S.K. and Fiori L. 2015b. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of grape seed oil: Effect of process parameters on the extraction kinetics. *J. Supercrit. Fluids* 98: 33.
- Felix da Silva D., Matumoto-Pintro P.T., Bazinet L., Couillard C. and Britten M. 2015. Effect of commercial grape extracts on the cheese-making properties of milk. *J. Dairy Sci.* 98:1552.
- Fernandez J., Perej-Alvarez J.A. and Fernandez-Lopez J.A. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chem.* 59: 345.
- Fernandes L., Casal S., Cruz R., Pereira J.A. and Ramalhosa E. 2013. Seed oils of ten traditional Portuguese grape varieties with interesting chemicals and antioxidant properties. *Food Res. Int.* 50: 161.
- Fiori L. 2010. Supercritical extraction of grape seed oil at industrial-scale: Plant and process design, modeling, economic feasibility. *Chem. Eng.Proc.* 49: 866.
- Fiori L., Lavelli V., Duba K.S., Sri Harsha P.S.C., Mohamed H. Ben and Guella G. 2014. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil from seeds of six grape cultivars: modeling of mass transfer kinetics and evaluation of lipid profiles and tocol contents. *J. Supercrit. Fluids* 94: 71.
- Freitas L.D.S, Dariva C., Jacques R.A. and Caramao E.B. 2013. Effect of experimental parameters in the pressurized liquid extraction of Brazilian grape seed oil. *Sep. Purif. Technol.* 116: 313.
- Han J., Britten M., St-Gelais D., Champagne C. P., Fustier, P. Salmieri, S. and Lacroix M. 2011a. Effect of polyphenolic ingredients on physical characteristics of cheese. *Food Res. Int.* 44:494.
- Han J., Britten M., St-Gelais D., Champagne C.P., Fustier P., Salmieri S., and Lacroix M. 2011b.. Polyphenolic compounds as functional ingredients in cheese. *Food Chem.* 124:1589.
- Hanganu A., Todașcă M.-C., Chira N.A., Maganu M. and Roșca S. 2012. The compositional characterization of Romanian grape seed oils using spectroscopic methods. *Food Chem.* 134: 2453.
- Hoye C. and Ross C.F. 2011. Total phenolic content, consumer acceptance, and instrumental analysis of bread made with grape seed flour. *J. Food Sci.* 76: S428.
- Kammerer D., Claus A., Carle R. and Schieber A. 2004. Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. *J. Agric. Food Chem.* 52: 4360.
- Kulkarni S., De Santos F.A., Kattamuri S., Rossi S.J. and Brewer M.S. 2011. Effect of grape seed extract on oxidative, color and sensory stability of a pre-cooked, frozen, re-heated beef sausage model system. *Meat Sci.* 88: 139.
- Laureati M., Gaeta D. and Pagliarini E. 2014. Qualitative and sensory evaluation of Sangiovese red wine obtained from organically and conventionally grown grapes. *Ital. J. Food Sci.* 26: 355.
- Laureati M., Jabes D., Russo V. and Pagliarini E. 2013. Sustainability and organic production: how information influences consumer's expectation and preference for yogurt. *Food Qual. Pref.* 30: 1.
- Lavelli V., Sri Harsha P.S.C., Ferranti P., Scarafoni A. and Iametti S. 2016a. Grape skin phenolics as inhibitors of mammalian  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase - Effect of food matrix and processing on efficacy. *Food Func.* 7:1655.
- Lavelli V., Sri Harsha, P. S. C. and Spigno, G. 2016b. Modelling the stability of maltodextrin-encapsulated grape skin phenolics used as a new ingredient in apple puree *Food Chem.* 209: 323.
- Lavelli V., Sri Harsha P.S.C. and Fiori L. 2015a. Screening grape seeds recovered from winemaking byproducts as sources of reducing agents and mammalian  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase inhibitors. *Int. J. Food Sci. Technol.* 50: 1182.
- Lavelli V., Sri Harsha, P.S.C., Mariotti, M., Marinoni, L. and Cabassi G. 2015b. Tuning physical properties of tomato puree by fortification with grape skin antioxidant dietary fibre. *Food Bioprocess Technol.* 8:1668.
- Lavelli V., Sri Harsha P.S.C., Torri L. and Zeppa G. 2014. Use of winemaking by-products as an ingredient for tomato puree: The effect of particle size on product quality. *Food Chem.* 152: 162.
- Maier T., Fromm M., Schieber A., Kammerer D.R. and Carle R. 2009a. Process and storage stability of anthocyanins and non-anthocyanin phenolics in pectin and gelatin gels enriched with grape pomace extracts. *Eur. Food Res.Technol.* 229: 949.
- Maier T., Schieber A., Kammerer D.R. and Carle R. 2009b. Residues of grape (*Vitis vinifera*) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chem.* 112: 551.
- Marchiani R., Bertolino M., Ghirardello D., McSweeney P.L.H. and Zeppa G. 2015a. Physicochemical and nutritional qualities of grape pomace powder-fortified semi-hard cheeses. *J. Food Sci. Technol.* 53:1585.
- Marchiani R., Bertolino M., Belviso S., Giordano M., Ghirardello D., Torri L., Piochi M. and Zeppa G. 2015b. Yogurt enrichment with grape pomace: effect of grape cultivar on physicochemical, microbiological and sensory properties. *J. Food Qual.* 39: 77.
- Marinelli V., Padalino L., Nardiello D., Del Nobile M.A. and Conte A. 2015. New approach to enrich pasta with polyphenols from grape marc. *J. Chem.* 2015:1.
- Mildner-Szkudlarz S., Bajerska J., Zawirska-Wojtasiak R. and Górecka D. 2013. White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits. *J. Sci. Food Agric.* 93: 389.
- Mildner-Szkudlarz S., Zawirska-Wojtasiak R., Szwengiel A. and Pacyński M. 2011. Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 1485.
- Nissen L.R., Byrne D. V., Bertelsen G. and Skibsted L.H. 2004. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Sci.* 68: 485.
- Nissen L.R., Månsson L., Bertelsen G., Huynh-Ba T. and Skibsted L.H. 2000. Protection of dehydrated chicken meat by natural antioxidants as evaluated by electron spin resonance spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 48: 5548.
- O'Connell J.E. and Fox P.F. 2001. Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *Int. Dairy J.* 11:103.
- Otles, S., Despoudi, S., Bucatariu, C., Kartal, C. 2015. Food waste management, valorization, and sustainability in the food industry. In: *Food Waste Recovery -Processing Technologies and Industrial Techniques*, Galanakis, C. M. (Ed), Academic Press, Elsevier.

- Ozen B.O., Eren M., Pala A., Ozmen I. and Soyer A. 2011. Effect of plant extracts on lipid oxidation during frozen storage of minced fish muscle. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46:724.
- Painsi M., Casazza A.A., Aliakbarian B., Perego P., Binello A. and Cravotto G. 2016. Influence of ethanol/water ratio in ultrasound and high-pressure/high-temperature phenolic compound extraction from agri-food waste. *Int. J. Food Sci. Technol.* 51:349.
- Pasqualone A., Bianco A.M. and Paradiso V.M. 2013. Production trials to improve the nutritional quality of biscuits and to enrich them with natural anthocyanins. *CyTA - J. Food* 11: 301.
- Pasqualone A., Bianco A.M., Paradiso V.M., Summo C., Gambacorta G. and Caponio F. 2014. Physico-chemical, sensory and volatile profiles of biscuits enriched with grape marc extract. *Food Res. Int.* 65:385.
- Pazos M., Gallardo J.M., Torres J.L. and Medina I. 2005. Activity of grape polyphenols as inhibitors of the oxidation of fish lipids and frozen fish muscle. *Food Chem.* 92:547.
- Pedroza M.A., Amendola D., Maggi L., Zalacain A., De Faveri D.M. and Spigno G. 2015. Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from dried waste grape skins. *Int. J. Food Eng.* 11:359.
- Peng X., Ma J., Cheng K.-W., Jiang Y., Chen F. and Wang M. 2010. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chem.* 119: 49.
- Ribeiro B., Cardoso C., Silva H.A., Serrano C., Ramos C., Santos P.C. Santos P. C. and Mendes R. 2013. Effect of grape dietary fibre on the storage stability of innovative functional seafood products made from farmed meagre (*Argyrosomus regius*). *Int. J. Food Sci. Technol.* 48: 10.
- Rojas M.C. and Brewer M.S. 2007. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. *J. Food Sci.* 72: 282.
- Sagdic O., Ozturk I., Ozkan G., Yetim H., Ekiçil. and Yilmaz M. T. 2011. RP-HPLC-DAD analysis of phenolic compounds in pomace extracts from five grape cultivars: Evaluation of their antioxidant, antiradical and anti-fungal activities in orange and apple juices. *Food Chem.* 126:1749.
- Sanchez-Alonso I., Jimenez-Escrig A., Saura-Calixto F. and Borderias A.J. 2008. Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. *LWT - Food Sci. Technol.* 41:42.
- Sant'Anna V., Christiano F.D.P., Marczak L.D.F., Tessaro I.C. and Thys R.C.S. 2014. The effect of the incorporation of grape marc powder in fettuccini pasta properties. *LWT - Food Sci. Technol.* 58: 497.
- Saura-Calixto F. 1998. Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient. *J. Agric. Food Chem.* 46:4303.
- Sáyago-Ayerdi S.G., Brenes A. and Goñi I. 2009. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. *LWT - Food Sci. Technol.* 42: 971.
- Scoma A., Rebecchi S., Bertin L. and Fava F. 2016. High impact biowastes from South European agro industries as feedstock for second-generation biorefineries. *Crit. Rev. Biotechnol.* 36: 175.
- Selani M.M., Contreras-Castillo C.J., Shirahigue L.D., Gallo C.R., Plata-Oviedo M. and Montes-Villanueva N.D. 2011. Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. *Meat Sci.* 88: 397.
- Shah N.P., Ding W.K., Fallourd M.J., and Leyer G. 2010. Improving the stability of probiotic bacteria in model fruit juices using vitamins and antioxidants. *J. Food Sci.* 75:M278.
- Siró I., Kápolna E., Kápolna B., and Lugasi A. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance - A review. *Appetite* 51: 456.
- Solfrizzo M., Piemontese L., Gambacorta L., Zivoli R. and Longobardi F. 2012. Food coloring agents and plant food supplements derived from *Vitis vinifera*: a new source of human exposure to ochratoxin A. *J. Agric. Food Chem.* 63:3614.
- Soto M.L., Moure A., Domínguez H. and Parajó J.C. 2011. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. *J. Food Eng.* 105:1.
- Spigno G., Donsi F., Amendola D., Sessa M., Ferrari G. and De Faveri D.M. 2013. Nanocapsulation systems to improve solubility and antioxidant efficiency of a grape marc extract into hazelnut paste. *J. Food Eng.* 114:207.
- Spigno G. 2015. Recupero ed utilizzazione dei sottoprodotti enologici. In: "La nuova viticoltura - Innovazioni tecniche per modelli produttivi efficienti e sostenibili". Palliotti, A., Poni, S., Silvestroni, O. (Eds.), pp 393-404. Edagricole, Milano.
- Spigno G., Amendola D., Dahmoune F. and Jauregi P. 2015. Colloidal gas apheresis based separation process for the purification and fractionation of natural phenolic extracts. *Food Bioprocess Technol.* 94:434.
- Sri Harsha P.S.C., Gardana C., Simonetti, P., Spigno G. and Lavelli V. 2013. Characterization of phenolics, in vitro reducing capacity and anti-glycation activity of red grape skins recovered from winemaking by-products. *Bioresour. Technol.* 140:263.
- Sri Harsha P.S.C., Lavelli V. and Scarafoni A. 2014. Protective ability of phenolics from white grape vinification by-products against structural damage of bovine serum albumin induced by glycation. *Food Chem.* 15:220.
- Teixeira A., Baenas N., Dominguez-Perles R., Barros A., Rosa E., Moreno D.A. and Garcia-Viguera C. 2014. Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: A review. *Int. J. Mol. Sci.* 15:15638.
- Torri L., Piochi M., Lavelli V. and Monteleone E. 2015. Descriptive sensory analysis and consumers' preference for dietary fibre- and polyphenol-enriched tomato purees obtained using winery by-products. *LWT - Food Sci. Technol.* 62:294.
- Torri L., Piochi M., Marchiani R., Zeppa G., Dinnella C. and Monteleone E. 2016. A sensory- and consumer-based approach to optimize cheese enrichment with grape skin powders. *J. Dairy Sci.* 99: 194.
- Travaglia F., Bordiga M., Locatelli M., Coisson J.D. and Arlorio M. 2011. Polymeric proanthocyanidins in skins and seeds of 37 *Vitis vinifera* L. cultivars: A methodological comparative study. *J. Food Sci.* 76:C742.
- Tseng A. and Zhao Y. 2013. Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chem.* 138:356.
- Tuorila H. 2007. Sensory perception as a basis for food acceptance and consumption. In "Consumer-led food product development" Mac Fie (Ed.), p. 34. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Tzima K., Kallithraka S., Kotseridis Y. and Makris D.P. 2015. A comparative evaluation of aqueous natural organic acid media for the efficient recovery of flavonoids from red grape (*Vitis vinifera*) pomace. *Waste Biomass Valorization* 6:391.
- Verbeke W. 2006. Functional foods: Consumer willingness to compromise on taste for health? *Food Qual. Prefer.* 17:126.
- Vidal S., Francis L., Noble A., Kwiatkowski M., Cheynier V. and Waters E. 2004. Taste and mouth-feel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine. *Anal. Chim. Acta* 513:57.
- Walker R., Tseng A., Cavender G., Ross A. and Zhao Y. 2014. Physicochemical, nutritional, and sensory qualities of wine grape pomace fortified baked goods. *J. Food Sci.* 79:S1811.
- Yu J. and Ahmedna M. 2013. Functional components of grape pomace: Their composition, biological properties and potential applications. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48:221.
- Zagklis, D.P. and Paraskeva C.A. 2015. Purification of grape marc phenolic compounds through solvent extraction, membrane filtration and resin adsorption/desorption. *Sep. Purif. Technol.* 156:328.