



Cavitazione vinacce per valorizzazione a fini energetici

Finanziato da  Sviluppo Economico



Luglio 2020

Nicola Labartino, Sergio Piccinini, Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.A., Reggio Emilia

L'Italia produce oltre 5 miliardi di litri di vino all'anno (ISTAT 2018), generando una buona disponibilità di sottoprodotti (vinacce, grapi, vinaccioli). I sottoprodotti dell'industria vitivinicola, sono già in parte avviati a valorizzazione energetica per mezzo di digestione anaerobica, ma data la presenza di matrici fibrose, il loro potenziale energetico è sfruttato solo parzialmente. Il Gruppo Operativo ha testato la tecnologia di pretrattamento della cavitazione idrodinamica per aumentare il potenziale metanigeno delle vinacce, con test di laboratorio e verifica gestionale del sottoprodotto (logistica, stoccaggio, movimentazione ecc...) in un'azienda agricola provvista di un impianto di digestione anaerobica dotato di cavitatore idrodinamico. La finalità è stata quella di valutare l'efficienza/efficacia di questo pretrattamento per l'utilizzo della vinaccia in un impianto di produzione di biogas.

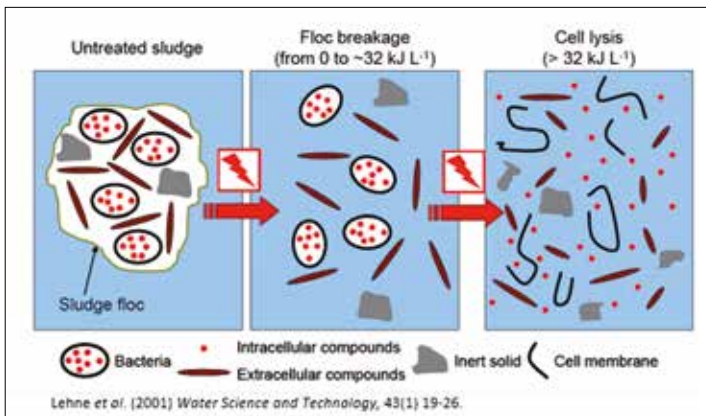
Il pretrattamento interviene sulla componente fibrosa, aumentando la superficie aggredibile dai batteri anaerobici, rende la matrice più omogenea migliorando le operazioni di carico al digestore anaerobico e la miscelazione all'interno dello stesso. Il lavoro sperimentale è stato condotto con un approccio a più livelli, prendendo in considerazione la caratterizzazione delle singole biomasse prima e dopo il trattamento di cavitazione idrodinamica e la loro efficacia durante test di digestione anaerobica in batch e in continuo.

L'idea progettuale

Per aumentare la flessibilità degli impianti di digestione anaerobica, allargare la possibilità di approvvigionamento di sottoprodotti e puntare alla riduzione nell'utilizzo di insilati di cereali in digestione anaerobica, sono utilizzabili diverse tecniche di pretrattamento delle matrici in alimentazione. Tra le tecnologie attualmente disponibili, trovano spazio sistemi che impiegano la cavitazione. La cavitazione idrodinamica è generalmente definita come un fenomeno sequenziale di formazione, crescita e collasso di microbolle all'interno di un liquido. Nel contesto delle tecnologie di pretrattamento, il fenomeno

di cavitazione viene generato in apparati dedicati denominati reattori di cavitazione che si differenziano tra loro per geometrie e modalità di utilizzo; in generale il principio di funzionamento si basa sul raggiungimento di velocità critiche di un fluido tali da determinare abbassamenti localizzati di pressione con conseguente formazione di microbolle di cavitazione che collasano nel momento in cui si determina il ripristino della pressione originaria. Si instaurano così condizioni transitorie di alta temperatura (500-15000 K) e pressione (100-5000 atm) con successiva implosione delle microbolle di cavitazione.

La componente lignocellulosica nelle biomasse



Destrutturazione della matrice all'interno di un fluido cavitato

è costituita principalmente da cellulosa, emicellulosa e lignina e i legami chimici che si instaurano tra queste componenti, rendono la biomassa difficilmente attaccabile dai batteri protagonisti della digestione anaerobica. L'utilizzo dei pretrattamenti è quindi volto alla destrutturazione dei complessi lignocellulosici.

Il Gruppo Operativo è nato per sostenere processi innovativi a favore della produttività, della competitività e della sostenibilità ambientale favorendo integrazioni e sinergie fra imprese del settore agroalimentare col mondo della ricerca e dell'innovazione. Infatti, coinvolge un'azienda agricola con un impianto di biogas per la produ-

zione di energia elettrica rinnovabile (Azienda Agricola Fontana), una cantina vitivinicola che può valorizzare i propri scarti e sottoprodotti a fini energetici (Cantine Riunite&Civ) e il Centro Ricerche Produzioni Animali attivo da oltre 40 anni nel campo della valorizzazione energetica e agronomica dei sottoprodotti agroindustriali. Il Gruppo Operativo si pone come esempio per lo sviluppo di una filiera che veda protagonisti gli stakeholders della produzione vitivinicola, insieme alle aziende agricole, per la produzione di energia rinnovabile dai sottoprodotti in un'ottica di economia circolare, in linea con gli obiettivi di sviluppo di filiere energetiche a bas-

se emissioni di inquinanti, promuovendo l'utilizzo di sottoprodotti agro-industriali. Le vinacce sottoposte al processo di cavitazione sono state raccolte durante tre campagne vitivinicole. Durante le prime due campagne, su un campione rappresentativo di matrice sono state svolte prove di cavitazione con un cavitatore mobile, per poi prenderne un'aliquota per condurre, presso i laboratori di CRPA, test BMP (potenziale biometanigeno) e test di gestione anaerobica in continuo.

In accordo con il partner Cantine Riunite &Civ, nella prima campagna il processo di cavitazione è stato testato su vinaccia rossa, nella seconda campagna su vinaccia bianca. Nella terza campagna vitivinicola, a seguito delle prove di laboratorio svolte e in base all'utilizzo finale del sottoprodotto vinaccia, si è deciso di portare circa 250 tonnellate di vinaccia bianca presso l'impianto di digestione anaerobica dell'Azienda Fontana, per la valorizzazione energetica in digestione anaerobica a scale reale. La vinaccia



Cavitatore mobile utilizzato nelle prove

bianca è un sottoprodotto con scarsi utilizzi che ne favoriscano il recupero, a differenza delle vinaccia rossa che viene utilizzata anche per l'estrazione di coloranti alimentari naturali e che quindi può avere un valore maggiore nel mercato dei sottoprodotti.



Vinaccia bianca insilata sotto uno strato di buccette di pomodoro

Le prove

Nella **prima prova** è stata cavitata la vinaccia di uva rossa per poi testarne il potenziale metanigeno attraverso test di gestione anaerobica in

batch e test in continuo. Per svolgere i test è stato aggiunto del liquame bovino con un rapporto vinaccia/liquame di 40:60 in peso. Il confronto è stato condotto in triplicato sia in batch che in continuo. Analizzando le prove di laboratorio

condotte in batch, ovvero le prove BMP, il dato maggiormente significativo è quello relativo alla produzione specifica di metano ottenuta dopo 27 giorni dall'avvio del test. La vinaccia tal quale ha determinato una produzione specifica di metano pari a $127,9 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$, la vinaccia trattata invece ha conseguito una produzione media pari a $233,7 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$ comportando così una **maggiorazione produttiva dell'82,7%** rispetto al campione non trattato. Il dato relativo alla cinetica, K_{max} , ci indica come il raggiungimento della massima produzione di metano si realizzi in minor tempo per la vinaccia cavitata rispetto a quella non trattata, aspetto da non trascurare nella configurazione di un impianto, per il netto risparmio nei consumi energetici richiesti per il processo. I due diversi andamenti riportati nei

Grafici 1 e 2 evidenziano in modo ancor più netto come l'andamento produttivo e l'andamento cinetico della vinaccia cavitata si distacchino dalla vinaccia tal quale nella produzione.

Per quanto riguarda le prove di digestione anaerobica in continuo sulla vinaccia cavitata e non, la scarsa degradabilità della vinaccia non trattata ha comportato vari impedimenti di miscelazione per stratificazione di vinaccioli, buccette e raspi. Per quanto riguarda la produzione di biometano si evidenzia un andamento simile, ma separato e parallelo tra le due tesi, differenza probabilmente dovuta alla maggiore degradabilità della vinaccia cavitata e quantificato in una **maggiorazione del 47,3%** ($168,7 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$ vs $114,5 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$). Il dato di produzione riscontrato è risultato differente dal dato re-

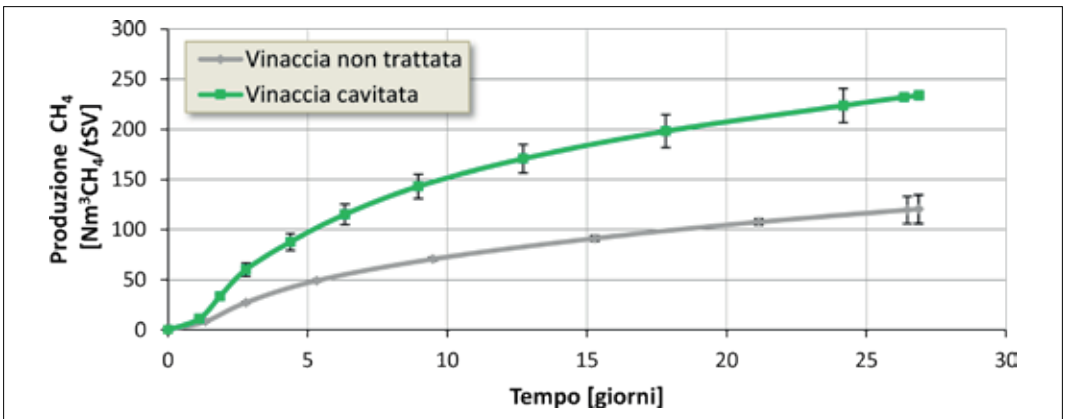


Grafico 1: Produzione cumulata di biometano, test BMP su vinaccia rossa

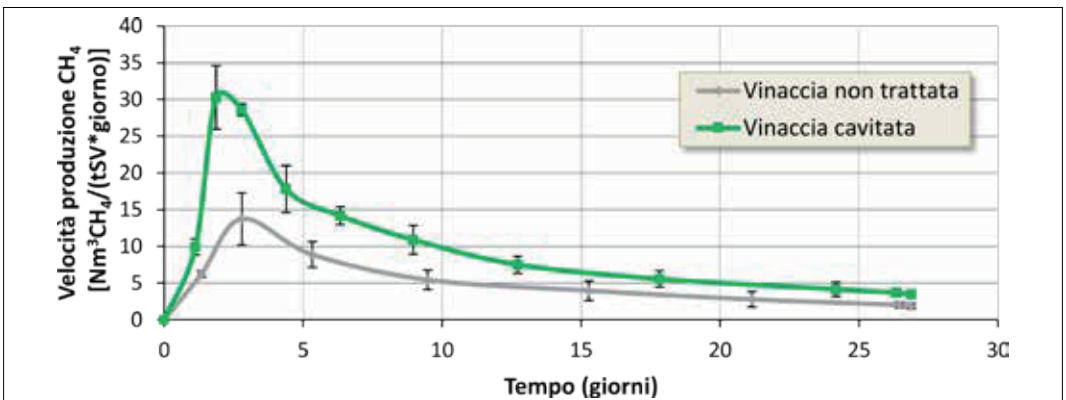


Grafico 2: Velocità di produzione di biometano, test BMP su vinaccia rossa

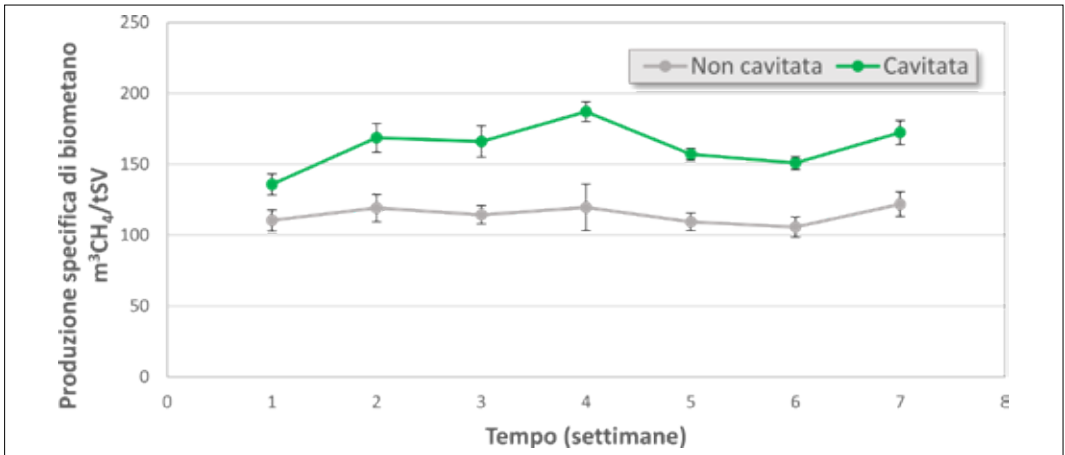


Grafico 3: Test in continuo 1° ciclo: andamento produzione specifica di biometano

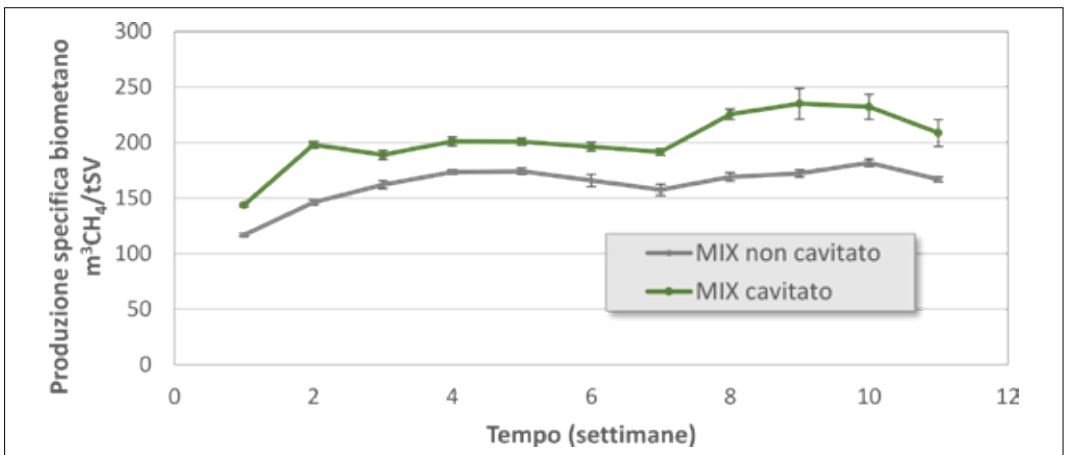


Grafico 4: Test in continuo 2° ciclo: andamento della produzione specifica di biometano

lativo alla prova in batch, che rappresenta un dato riferito alla potenzialità della matrice in condizioni ottimali. La prova in continuo, invece, rappresenta una situazione più assimilabile a ciò che avviene in un impianto in scala reale (Grafico 3).

Nella **seconda prova** il processo di cavitazione idrodinamica controllata è stato applicato su un mix costituito, in peso, per il 73% da liquame suino, il 20% da vinaccia di uva bianca e il 7% da insilato di mais. Per le prove di laboratorio condotte in batch, il dato maggiormente significativo è quello relativo alla produzione specifica di metano ottenuta dopo 27 giorni dall'avvio

del test. Il mix con la vinaccia tal quale ha determinato una produzione specifica di metano pari a $205,0 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$, quello con la vinaccia trattata invece, ha conseguito una produzione media pari a $230,7 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$ comportando così una **maggiorazione produttiva dell'12,5%** rispetto al campione non trattato. Nelle prove in continuo, per quanto riguarda la produzione di biometano, si evidenzia ancora un andamento simile, ma separato e parallelo tra le due tesi, differenza probabilmente dovuta alla maggiore degradabilità della vinaccia cavitata e quantificato in una **maggiorazione di circa il 24%** ($195,8 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$ vs $157,2 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$) (Grafico 4).

Test di digestione anaerobica in batch e in continuo



La misura del potenziale biochimico metanigeno (BMP, in conformità con la norma UNI EN ISO 11734:2004) in batch esprime la quantità di biogas potenzialmente ottenibile dalla degradabilità della sostanza organica. Il risultato di questa analisi è espresso come normal metri cubi di metano per tonnellata di solidi volatili ($\text{Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$), ovvero il rapporto tra la quantità di metano prodotta dalla digestione anaerobica e la quantità di solidi volatili (sostanza organica) caricati in partenza.

Il sistema in batch è costituito da reattori in vetro con un volume utile di 1,6 litri (CRPA Lab dispone di un sistema con 64 reattori), nelle quali sono state inseriti i campioni di vinaccia cavitata e quelli di vinaccia tal quale. Ad entrambe le tesi è stato aggiunto un inoculo, costituito da un digestato proveniente da un impianto di digestione anaerobica, per fornire una popolazione batterica adatta a digerire le matrici in indagine.

L'impianto sperimentale in continuo di CRPA Lab è costituito da 9 digestori in acciaio alimentati giornalmente, di volume di 16 litri di volume utile, miscelati e riscaldati. Il piano di controllo per la funzionalità del processo di digestione anaerobica e il calcolo delle rese specifiche in biogas prevede:



- Analisi quantitativa del biogas prodotto tramite registrazione della pressione generata all'interno del reattore
- Analisi qualitativa del biogas, campionato tramite apposito analizzatore in grado di misurare le percentuali in volume di CH_4 , CO_2 e H_2S
- Caratterizzazione qualitativa in termini di sostanza secca e sostanza organica del digestato scaricato
- Determinazione dei principali parametri biochimici per monitorare la digestione anaerobica.

Le prove di granulometria

L'effetto del pretrattamento di cavitazione idrodinamica controllata è stato riscontrato anche a livello fisico attraverso analisi granulometrica, da cui è emersa una riduzione del diametro dei solidi in digestione. L'analisi permette di caratterizzare le matrici per quanto riguarda le dimensioni particellari delle componenti di cui sono fatte. Attraverso dei vibrosetacci, in ambiente umido, la matrice viene separata per classi dimensionali che vanno da $>$ di 5 mm a $<$ di 0,1 mm. La distribuzione dimensionale nelle varie classi granulometriche ha mostrato la differenza sostanziale del diametro nelle vinacce non trattate rispetto a quelle cavitate. Questo effetto comporta una maggiore area superficiale (rappresentata dalla SSA-Specific Surface Area) attaccabile dai batteri e quindi

una maggiore degradabilità totale del campione stesso, giustificando così una maggior produzione di metano e una più veloce cinetica di produzione.

L'analisi granulometrica ha rivelato una graduale riduzione della lunghezza delle fibre e un graduale aumento dell'area specifica della superficie (SSA) causate dalla cavitazione. Questo effetto è stato maggiore sulla vinaccia anziché sul mix, con un aumento di 5 volte del valore SSA. Questi risultati confermano i notevoli effetti di questa tecnologia sulla rottura delle fibre lunghe, come nei raspi d'uva (*Grafico 5*). Da un punto di vista operativo, sono stati rilevati mancanza di sedimentazione, accumulo e stratificazione del materiale. I substrati cavitati risultarono più omogenei, permettendo una buona miscelazione nei reattori.

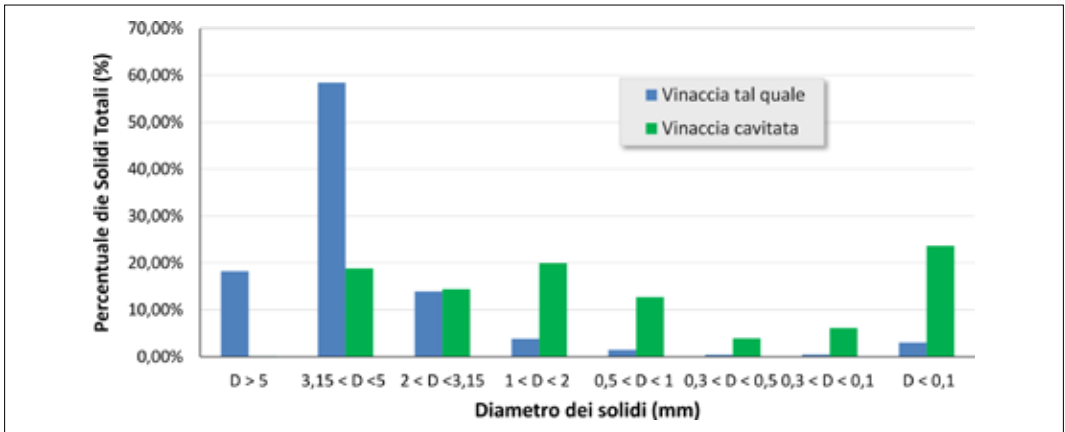


Gráfico 5: Distribuzione dimensionale delle particelle di vinaccia per classi granulometriche

Conclusioni

Spesso il sottoprodotto vinaccia viene inviato in siti lontani dai luoghi di produzione, come le distillerie che sono localizzate solo in alcune zone del Paese. Tra gli scopi del progetto vi è quello di valutare l'invio delle vinacce vergini ad impianti di biogas vicini alle cantine vitivinicole anche di piccole dimensioni, allo scopo di favorire la realizzazione di filiere di riciclo corte in grado di sviluppare un'economia circolare territoriale.

L'effetto ottenuto mediante l'utilizzo della cavitazione idrodinamica controllata sulla vinaccia è molteplice e significativo in diversi aspetti. L'aspetto produttivo, il dato più significativo, è la prova tangibile del suo successo, in quanto conferma una maggiorazione di produzione di biometano, accompagnata da un quantificabile risparmio di materiale. L'uso di una biomassa di scarto pretrattata, con una maggiore accessibilità alla sostanza organica degradabile grazie alla disgregazione della frazione lignocellulosica, permette sia un uso minore di matrici derivanti da colture dedicate che un uso migliore del sottoprodotto stesso. Un altro aspetto da non sottovalutare è l'incremento cinetico conseguente al trattamento,

il quale permette risultati più rapidi rispetto alla vinaccia tal quale. Nondimeno è l'aspetto gestionale, la mancanza di sedimentazione, accumulo e stratificazione del materiale per quanto riguarda la vinaccia cavitata, comporta la non compromissione dell'equilibrio idraulico in scala reale. La vinaccia cavitata, essendo omogenea, ha consentito di avere una buona miscelazione per tutta la durata della prova in laboratorio facendo ipotizzare i medesimi effetti positivi anche in un'applicazione su digestore in scala reale.

È altrettanto vero, però, che l'utilizzo della cavitazione idrodinamica controllata comporta un incremento di consumi elettrici. Quest'ultimo aspetto è compensato, nell'ottica di un sistema sostenibile, dal risparmio di materiale in alimentazione ai reattori anaerobici e dal maggior recupero di energia dovuto all'incremento della produzione di biometano. ***In definitiva, si riesce a generare un processo effettivamente circolare, dove si ha guadagno nella massima valorizzazione energetica della biomassa di scarto (la vinaccia), promuovendo il riciclo, abbassandone il livello di rifiuto e promuovendo un'attività che sia sostenibile a livello locale.***

Coordinatore



Società Agricola
Fontana

CANTINE
RIUNITE & CIV



<http://cavin.crpa.it/>



Programma di
Sviluppo Rurale
dell'Emilia-Romagna
2014 - 2020



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

PARTICIPATING IN



eip-agri
Innovazione e sostenibilità

Funded by



Divulgazione a cura di Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.a. Autorità di Gestione: Direzione Agricoltura, caccia e pesca della Regione Emilia-Romagna. Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020 — Tipo di operazione 16.1.01 — Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: Produttività e sostenibilità dell'agricoltura - Focus Area 5C - Favorire l'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto, residui e altre materie grezze non alimentari ai fini della bioeconomia. Progetto "CaVin - Cavitazione vinacce per valorizzazione a fini energetici".