



Provincia di Ravenna



Alma Mater Studiorum
Università di Bologna



Fondazione Flaminia
Ravenna

S.P.R.I. - N.T.

p r i n e e
a o c n t r
z v e o w r
i i r v o i
o n c a r t
c a z k t o
i o r i
a n e a
l e e l e

2009

S.P.R.I. - N.T.

S spazio

P provinciale

R ricerca

I innovazione

N network

T territoriale

**Provincia di Ravenna Attività Produttive e Politiche Comunitarie
Servizio Ricerca e Innovazione**

Via della Lirica 21, Ravenna

Tel. 0544 258545

E-mail: mortolani@mail.provincia.ra.it

E-mail: pmontanari@mail.provincia.ra.it

www.provincia.ra.it

**Alma Mater Studiorum Università di Bologna
Polo Scientifico Didattico di Ravenna**

Via Baccarini 27, Ravenna

Tel. 0544 936292

E-mail: polo.ravenna@unibo.it

www.poloravenna.unibo.it

Fondazione Flaminia

Via Baccarini 27, Ravenna

Tel. 0544 34345

E-mail: segreteria@fondazioneflaminia.it

www.fondazioneflaminia.it

Con il contributo della **Camera di Commercio di Ravenna**



Hanno collaborato:

Antonio Penso, Alessandro Buscaroli, Giulia Golfari, Alice Dall'Ara, Giovanni Poglayen, Paola Massi, Daniele Fabbri, Marco Simoni, Daniela Poggiali, Angelica Monaco, Claudio Bonfè, Eleonora Sette, Paolo Montanari, Marna Ortolani.

Coordinamento:

Barbara Bellinelli Fondazione Flaminia

Romina Piazza Università di Bologna - Polo Scientifico Didattico di Ravenna

Copertina di Eleonora Modde

INDICE

- 5** **Premessa**
Antonio Penso
- 7** **FOR-BIOGAS Sperimentazione per la valorizzazione energetico -
agronomica della frazione organica dei rifiuti solidi urbani e dei
fanghi di depurazione**
Alessandro Buscaroli
- 21** **PROGETTO SPERIMENTALE “Ingegnerizzazione di un processo di
(bio)trattamento sostenibile per l’impiego di pollina di ovaiole in
sistemi agronomici a ridotto utilizzo di acqua e fertilizzanti”**
Giulia Golfari, Alice Dall’Ara, Giovanni Poglayen, Paola Massi
- 35** **Sviluppo ed applicazione di nuovi composti
dalla pirolisi catalitica della cellulosa**
Daniele Fabbri
- 49** **I biosensori nella filiera vitivinicola**
Marco Simoni, Alice Dall’Ara
- 57** **In Alternativa
Scelte di quotidianità sostenibile sul tema edilizia sostenibile**
Daniela Poggiali
- 67** **SPINNER 2013: programma della Regione Emilia-Romagna nato
per preparare i giovani negli Ambiti della ricerca e dell’innovazione
tecnologica e per costruire una comunità capace di mettere la
persona al centro dei processi di innovazione per il futuro svilup-
po della società e dell’economia della conoscenza**
Angelica Monaco, Claudio Bonfè, Eleonora Sette

Premessa

Antonio Penso

Direttore Fondazione Flaminia

“L’innovazione per lo sviluppo sostenibile sarà possibile unicamente attraverso la creazione e l’applicazione della nuova conoscenza, di cui le nostre università e organizzazioni pubbliche di ricerca sono una fonte primaria..... Attraverso il rafforzamento del rapporto tra università e settore privato, possiamo accelerare lo sviluppo di nuovi e migliori prodotti, processi e servizi. È quindi essenziale realizzare tutto questo al fine di garantire la nostra continua crescita economica” Janez Potočnik, commissario europeo per la ricerca.

È proprio con questo spirito che nasce nel 2007 il progetto S.P.R.I. - N.T. (Spazio Provinciale Ricerca Innovazione – Network Territoriale) attraverso una convenzione tra la Provincia di Ravenna, l’Università di Bologna – Polo Scientifico Didattico di Ravenna e Fondazione Flaminia. L’obiettivo è quello di favorire la realizzazione di progetti di ricerca, sviluppando servizi e reti di collaborazioni orientate a sostenere l’innovazione e il trasferimento tecnologico, promuovere la cultura della ricerca nel tessuto economico provinciale e incentivare rapporti più stringenti fra Università e Imprese.

Viviamo in un Paese che ai giovani chiede sempre più spesso flessibilità, ma che sempre meno è in grado di premiare merito e competenza con opportunità di adeguata gratificazione; è necessario un nuovo approccio alla valorizzazione del capitale umano, un intervento che i partner di SPRI-NT hanno voluto mettere in atto cercando di coinvolgere giovani studenti le cui tesi di laurea sono divenute parte integranti dei progetti sperimentali di ricerca e i cui risultati possiamo trovarli in questo volumetto.

È quindi necessario promuovere in maniera sistematica la percezione dell’importanza per lo sviluppo futuro del Paese della diffusione della cultura scientifica e della ricerca, a partire dall’attività di stimolo e supporto alla Scuola e al territorio nel suo complesso.

Riprendere la diffusione ad ampio raggio della cultura scientifica e della ricerca richiede umiltà, pazienza e che si ragioni su orizzonti temporali medio-lunghi quindi più faticosi e dagli esiti incerti.

Un percorso lontano dai riflettori che necessita di apertura al dialogo e al confronto, consapevoli delle numerose difficoltà in cui si dibatte il sistema dell’Istruzione in generale e anche dei bisogni che esprime; un cammino che ci deve restituire la pazienza tipica dei cicli agrari, ma anche il senso di interdipendenza propria di ogni fase di lavora-

zione, in cui la raccolta è importante alla stessa stregua della preparazione del terreno e della semina.

Solo la capacità di porre in essere questo sforzo, che non esime i diversi soggetti istituzionali dalla necessità di rendere fruibile in tempi brevi un'ampia gamma di strumenti organizzativi e finanziari, potrà fornire la dimensione della reale capacità di uscire dalle secche in cui ci troviamo sul versante della ricerca e dell'innovazione

E' in questa direzione che la Regione Emilia Romagna si è attivata, attraverso il Fondo Europeo di sviluppo regionale POR FESR che individua in ogni Provincia le strutture dei Tecnopoli per la ricerca industriale e il trasferimento tecnologico.

In specifico nella nostra Provincia vedremo attivi quattro laboratori tematici: Nautica (Piattaforma Meccanica Materiali), Energia (Piattaforma Energia Ambiente), Restauro (Piattaforma Costruzioni) e Materiali avanzati (Piattaforma Meccanica Materiali). L'impatto sul territorio sarà notevole e coinvolgerà molti settori produttivi dalla nautica, all'agricoltura, all'edilizia, alla ceramica tradizionale, alla chimica e farmaceutica, ecc... con l'inserimento di personale dedicato.

Una sfida che non misura solo la capacità di un Paese di rispondere alle sfide inevitabili poste dalla globalizzazione, ma che fornisce la cifra della reale capacità di evitare quella frattura generazionale che il nostro Paese, sempre più a "maglie strette" sta rischiando.

I Intervento

FOR-BIOGAS SPERIMENTAZIONE PER
LA VALORIZZAZIONE ENERGETICO
AGRONOMICA DELLA FRAZIONE
ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI
E DEI FANGHI DI DEPURAZIONE



FOR-BIOGAS Sperimentazione per la valorizzazione energetico - agronomica della frazione organica dei rifiuti solidi urbani e dei fanghi di depurazione

Alessandro Buscaroli

C.I.R.S.A. (Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali)
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, sede di Ravenna,
via Sant'Alberto 163, Ravenna
E-mail: alessandro.buscaroli@unibo.it

Riassunto

Il Progetto FOR-BIOGAS, sul tema della digestione anaerobica di matrici organiche di origine civile ed industriale, è stato recentemente finanziato dalla Provincia di Ravenna e da HERA Ravenna s.r.l. ed è in corso di realizzazione da parte del CIRSA dell'Università di Bologna, in collaborazione con la Società Cooperativa RES di Ravenna. La sperimentazione intende verificare la sostenibilità di un processo di co-digestione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU) e di fanghi di depurazione a fini energetici ed agronomici.

Il raggiungimento di tali obiettivi viene perseguito attraverso un percorso metodologico consolidato, sviluppato nel recente passato ed applicato ad un analogo progetto sperimentale (progetto PREA) dedicato alle biomasse di origine animale e vegetale (Buscaroli, 2008).

Il progetto prevede una fase sperimentale di laboratorio in cui, mediante una batteria di fermentatori, viene valutata la risposta produttiva di diverse miscele di biomasse, opportunamente pretrattate. In un secondo momento, le miscele che hanno fornito le migliori prestazioni, vengono impiegate nell'alimentazione in continuo di un impianto pilota di digestione anaerobica in cui sono impostate due diverse temperature di esercizio.

A tal fine è stato individuato un impianto di depurazione idoneo, sito nel Comune di Bagnacavallo, dal quale provengono i fanghi di depurazione impiegati nella sperimentazione. Nel medesimo comune inoltre vengono di volta in volta raccolte le aliquote di FORSU necessarie al progetto.

Allo stato attuale dei lavori, è stata ultimata la fase di laboratorio, in cui sono state testate, in doppio, tre distinte miscele di biomasse e l'inoculo, sia in condizioni mesofile (circa 35 °C) che termofile (circa 50°C). Inoltre è in pieno svolgimento l'attività di campo con

l'impianto pilota, col quale sono state ultimate le prime due fasi previste ed è in svolgimento la terza ed ultima.

La sperimentazione mesofila, ha mostrato andamenti di sviluppo di biogas assai lineari e con elevata ripetibilità fra le repliche. I migliori risultati, sia in termini di produzione che di resa di biogas, si sono ottenuti dalla fermentazione della sola FORSU pretrattata e sono gradualmente peggiorati all'aumentare della frazione di fango di depurazione inserito all'interno della miscela.

La sperimentazione termofila ha mostrato, come atteso, andamenti di sviluppo di biogas non perfettamente replicabili e soprattutto meno lineari e continui, rispetto alla mesofilia. Anche in questo caso i migliori risultati si sono riscontrati nella coppia di reattori alimentati con sola FORSU pretrattata. Tuttavia, la maggiore temperatura di fermentazione sembra facilitare la fermentazione di matrici caratterizzate da composti organici di difficile digeribilità, come quelli contenuti nei fanghi di depurazione. Infatti, le miscele più ricche in fanghi, tra quelle testate, hanno evidenziato risposte produttive migliori.

La possibilità di utilizzare nella sperimentazione il Fermentatore di Laboratorio della Società Cooperativa RES ha consentito di velocizzare la fase di test preliminare, ottenendo in tempi relativamente brevi indicazioni sulla risposta fornita dalle diverse miscele indagate. I risultati forniti dall'Impianto Pilota di digestione anaerobica, sempre della Società Cooperativa RES, posizionato presso l'impianto di depurazione, consentirà di porre le basi per ottenere indicazioni valide che possono essere utilizzate in caso di trasferimento tecnologico con installazione di un impianto a scala reale.

La sperimentazione intende, inoltre, valutare le caratteristiche del digestato in uscita dall'impianto, in seguito ad una separazione solido/liquido, e la conformità rispetto alla normativa vigente (RER, 2005a).

Ulteriori obiettivi della sperimentazione sono legati alla possibilità di applicare una valutazione LCA (Life Cycle Assessment) all'intero ciclo produttivo, onde valutarne la sostenibilità e le ricadute ambientali.

Keywords: FORSU, fanghi di depurazione, digestione anaerobica, biogas, digestato.

Introduzione

Alcune tematiche di carattere energetico ed ambientale sono divenute di stretta attualità negli ultimi anni e riconducono in maniera congiunta ad aspetti tra loro correlati quali: i) riduzione della produzione di rifiuti; ii) raccolta differenziata, recupero e riciclo di materia; iii) riduzione delle emissioni gas serra; iv) riduzione uso di fonti energetiche fossili e diversificazione delle fonti di approvvigionamento; v) restituzione della componente organica al suolo; vi) salvaguardia dell'ambiente.

In tale contesto che vede un aumento progressivo della produzione di rifiuti (RER-ARPA,

2006) e la necessità di ridurre i conferimenti in discarica, soprattutto delle frazioni biodegradabili (CE, 1999; Repubblica Italiana, 2003), la digestione anaerobica di alcune frazioni risulta essere una tecnologia di grande interesse che può contribuire alla soluzione di questi problemi, apportando nel contempo alcuni benefici.

Mediante la digestione anaerobica è possibile ottenere la produzione di biogas, la stabilizzazione biologica degli scarti organici e la produzione di ammendante che può essere distribuito in campo, evitando il conferimento in discarica, al contempo oneroso e non rispondente agli attuali indirizzi normativi.

Infatti, oltre alla produzione di biogas, dalla separazione meccanica del digestato in uscita dal digestore è possibile ottenere una frazione palabile che, con un idoneo periodo di compostaggio e/o miscelazione con altre biomasse, potrà presentare buone caratteristiche fertilizzanti, rispondenti a quanto previsto dalla normativa regionale (RER, 2005a) ed una frazione liquida reimpiegabile all'interno di un ciclo integrato, contribuendo così al risparmio di risorse idriche.

Oltre ai fanghi di depurazione, storicamente oggetto di digestione anaerobica, si è andata sviluppando nel tempo l'attenzione verso la possibilità di miscelazione con altri substrati, tra cui la frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU).

In questa ottica è stato sviluppato il progetto FOR-BIOGAS - "Sperimentazione per la valorizzazione energetico - agronomica della frazione organica dei rifiuti solidi urbani e dei fanghi di depurazione", all'interno di una convenzione tra la Provincia di Ravenna, HERA Ravenna s.r.l. ed il C.I.R.S.A. (Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali) dell'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, che ha visto la partecipazione della Società Cooperativa RES di Ravenna, da anni impegnata su tali tematiche di ricerca.

Lo scopo della sperimentazione in atto è quello di ottimizzare il processo di digestione e co-digestione anaerobica (un processo biologico per mezzo del quale la sostanza organica viene stabilizzata e nel contempo si realizza la produzione di biogas), attraverso l'individuazione di opportune miscele di biomasse e dei pretrattamenti più appropriati, al fine di massimizzare il risultato produttivo, nella salvaguardia ambientale.

Oltre alla FORSU, raccolta in maniera differenziata in ambito comunale e testata singolarmente, vengono valutate due miscele che prevedono la presenza di fanghi di depurazione, provenienti dall'impianto di depurazione di Bagnacavallo e che, attualmente, vengono conferiti ad una società ravennate, la Sotris S.p.A., per il condizionamento.

La digestione anaerobica nel complesso consente di perseguire diversi obiettivi, sia ambientali che economici: i) l'ottenimento di una fonte energetica alternativa, il biogas; ii) la diminuzione di emissioni clima - alteranti; iii) l'ottenimento, dopo condizionamento, di un prodotto organico stabilizzato con discreto valore agronomico; iv) il recupero e riciclo di acque.

La sperimentazione

La prima fase del progetto ha previsto l'individuazione di un impianto di depurazione di acque reflue che, per dimensioni e caratteristiche fosse idoneo alla sperimentazione. Tale impianto è stato individuato a Bagnacavallo (RA).

Si tratta di un impianto di depurazione che tratta acque reflue, civili ed industriali, provenienti dalla città stessa e da altre piccole frazioni limitrofe, in cui il sistema di raccolta e allontanamento delle acque reflue e meteoriche è costituito da una rete fognaria mista. L'impianto presenta una fase di trattamento meccanico (o primario) seguito dal trattamento a fanghi attivi, di tipo biologico (o secondario).

Il trattamento primario viene realizzato mediante una griglia che garantisce la separazione dei corpi solidi dal liquame, alla quale segue la sedimentazione primaria in cui si ha la rimozione dei solidi sospesi prevalentemente di natura inorganica presenti nel liquame influente, ottenendo il cosiddetto fango o supero primario.

A questa prima parte dell'impianto segue il trattamento secondario a fanghi attivi in cui i liquami giungono nel bacino di denitrificazione, dove vengono messi in contatto con la miscela aerata, ricircolata dal successivo bacino di ossidazione ed in cui si favorisce lo sviluppo di una biomassa in grado di degradare il refluo in ingresso in condizioni aerobiche. Nella vasca sono presenti opportuni sistemi di aerazione ed agitazione per garantire condizioni aerobiche ed evitare la separazione gravitazionale del fango dal liquido. All'interno della vasca di ossidazione si realizza l'ossidazione dei composti azotati in nitrati.

La miscela così ottenuta viene inviata al precedente bacino di denitrificazione in cui i batteri utilizzano l'ossigeno dei nitrati per la propria respirazione, producendo azoto elementare che viene disperso in atmosfera.

La miscela aerata all'uscita dal reattore biologico viene inviata al sedimentatore secondario, dove il fango attivo viene separato dal refluo trattato. Una parte di fango sedimentato viene ricircolato al reattore stesso, per mantenere un'adeguata concentrazione di microrganismi, mentre una parte viene ricircolata alla vasca di denitrificazione.

Da questa vasca si ottiene quindi il refluo depurato, che viene scaricato in un canale adiacente all'impianto.

Poiché la presenza di ossigeno e sostanza organica garantiscono la continua riproduzione dei microrganismi, in alcuni casi si potrebbe superare la concentrazione massima di biomassa. Per ovviare a tale inconveniente, si procede ad allontanare una certa quota di fango, detta di supero, dal sedimentatore secondario, inviandola alla linea fanghi.

In particolare il supero primario e quello secondario sono inviati all'ispessitore, necessario per ridurre il volume dei fanghi di supero che devono poi essere allontanati dall'impianto.

Poiché questi fanghi risultano dalla mescolanza di primari e secondari, vengono detti fanghi misti.

Attualmente questi fanghi vengono disidratati tramite nastropressa (ottenendo una frazione di seguito denominata FD) ed inviati in parte alla discarica ed in parte ad un

impianto ravennate che li stabilizza mediante trattamento con lolla di riso, così da trasformarli in ammendanti agricoli.

L'impianto di Bagnacavallo è predisposto per la defosfatazione chimica con sali di alluminio, che fungono anche da coagulanti (talvolta previsti durante la fase di disidratazione). In realtà tale trattamento potrebbe essere effettuato anche tramite sali di ferro, il che potrebbe rappresentare una interessante alternativa nel caso in cui l'alluminio, presente nel fango misto finale, fosse in concentrazione troppo elevata e tale da ostacolare il funzionamento del digestore anaerobico.

Nel corso del primo sopralluogo ed in momenti successivi sono stati prelevati campioni rappresentativi delle diverse matrici presenti nel depuratore (supero primario e secondario, supero misto, fanghi) oltre che di FORSU, onde procedere ad una caratterizzazione preliminare utile alla definizione delle miscele da testare. In merito alla FORSU, si è proceduto ad effettuare prove di pretrattamento, per verificare la resa del processo ed eventuali problemi correlati. Il trattamento citato ha prodotto una frazione nella quale erano presenti la maggior parte degli inerti e materiali non biodegradabili ed una frazione con elevato contenuto di sostanza organica adatta al trattamento anaerobico, che di seguito viene denominata FORSU-P.

In riferimento alle metodiche analitiche, vista la natura e la consistenza delle matrici e tenuto conto delle raccomandazioni fornite dalla Regione Emilia-Romagna al riguardo (RER, 2005), si è deciso di fare riferimento ai metodi analitici riportati nel quaderno 64 (ANPA, 2001) per l'analisi del compost ed ai metodi analitici proposti dall'IRSA-CNR (2006) per i fanghi. Le metodiche proposte dagli Standard Methods internazionali (APHA, 2005) non sono risultate applicabili alla sperimentazione, in virtù della natura delle matrici da analizzare.

Risultati

Nella prima fase, le analisi hanno riguardato la determinazione dei solidi totali e solidi volatili delle singole matrici (tabella 1). Le analisi, quando ritenuto opportuno, sono state svolte in più repliche, onde ricavare una stima dell'attendibilità del dato. Inoltre, nella fase iniziale le analisi sono state svolte sia presso i laboratori chimici del CIRSA che della Società Cooperativa RES, per verificare la correttezza e riproducibilità interna del dato (Ring test).

Dalla tabella 1 si osserva come i superi abbiano dimostrato una scarsa dotazione in solidi totali per cui sono stati esclusi dalla sperimentazione. I FD sono stati analizzati in un numero maggiore di repliche ed hanno evidenziato un maggiore contenuto in solidi totali. La FORSU-P, come atteso, ha mostrato i maggiori valori in solidi totali e soprattutto in solidi volatili, candidandosi ad essere la matrice con le migliori prospettive nel trattamento anaerobico.

Tabella 1. Solidi totali (S.T.) e solidi volatili (S.V.) delle singole matrici disponibili per la sperimentazione.

Data campionamento	Matrice	Repliche	S.T. (%)	S.V. (% s.s.)
07/08/2008	Supero 1°	1	0,23	50,00
	Supero 2°	1	0,20	50,00
	Supero misto	1	3,04	47,75
	FD	9	19,02	50,22
17/09/2008	FORSU-P (CIRSA)	3	24,57	94,33
	FORSU-P (RES)	3	25,68	94,43

Sulla base dei **risultati analitici** emersi si è giunti alla formulazione della composizione delle matrici da testare all'interno del Fermentatore di Laboratorio RES. Negli otto reattori del fermentatore sono state testate, ognuna in doppio, le seguenti matrici/miscele:

- inoculo
- inoculo+FORSU-P
- inoculo+miscela 1 FORSU-P/FD
- inoculo+miscela 2 FORSU-P/FD.

Le miscele testate presentano rispettivamente un rapporto 2:1 ed 1:1 tra FORSU-P e FD. In figura 1 è visibile la batteria degli otto reattori presenti nel laboratorio RES.

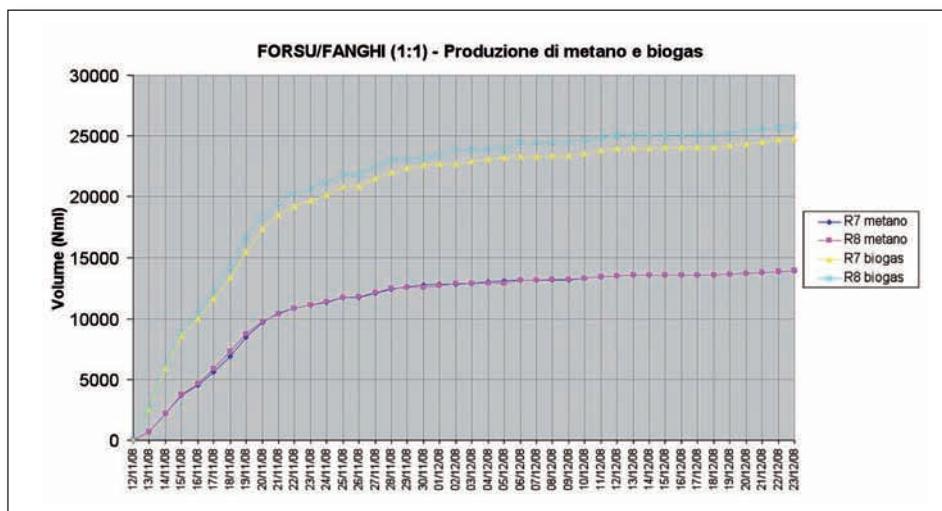


Figura 1. Reattori del Fermentatore di Laboratorio RES utilizzati nella sperimentazione.

I reattori sono realizzati in maniera tale da poter impostare alcuni parametri quali temperatura e tempi di rimescolamento del campione e seguire in tempo reale l'evoluzione di numerosi parametri di processo, monitorando lo stesso e procedendo alla raccolta e memorizzazione dei dati. Questi riguardano lo sviluppo di metano, di biossido di carbonio, di ossigeno, di ammoniaca e di idrogeno solforato.

Uno degli obiettivi della sperimentazione è quello di valutare l'effetto di temperature diverse nei confronti del processo fermentativo. Per tale motivo è stato impostato un primo ciclo di sperimentazione con temperatura mesofila (circa 35°C) che ha preso avvio in data 12/11/2008 e si è concluso il 23/12/2008. In data 08/01/2009 ha preso invece avvio la sperimentazione con temperatura termofila (circa 50°C) che si è conclusa il 20/02/2009. A titolo d'esempio, in figura 2, è riportato il grafico nel quale si osservano gli andamenti di produzione di biogas e di metano nei due reattori con miscela FORSU-P/FD 1:1, mantenuti in mesofilia. In figura 3 viene riportato il grafico analogo, relativo alla medesima miscela, mantenuto in questo caso in termofilia.

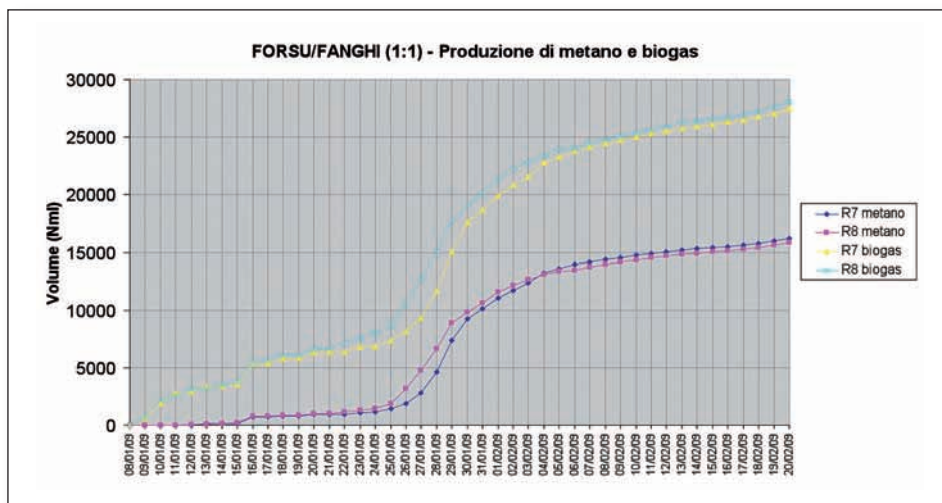
Figura 2. Andamento della produzione cumulativa di biogas e CH₄, espressi come Nml, nei reattori R7 ed R8, alimentati con miscela FORSU-P/FD 1:1, in mesofilia.



Osservando la figura 2 si nota come la produzione di biogas e di metano prenda avvio celermente e presenti un andamento costante e lineare, fino al termine della sperimentazione. Tra le 2 repliche considerate, indicate rispettivamente con R7 ed R8, non si evidenziano particolari divergenze di comportamento. Le produzioni crescono dapprima rapidamente per poi diminuire gradualmente ed assestarsi.

Al contrario, la sperimentazione termofila, osservabile in figura 3, ha mostrato un problema di avvio che si è prolungato per circa una settimana, fino all'intervento di correzione del pH, realizzato in data 15/01/2009. Tale ritardo è stato con buona probabilità provocato dalle caratteristiche dell'inoculo, assai diverse da quelle dell'inoculo impiegato in mesofilia. L'inoculo termofilo infatti è stato prelevato dopo un periodo di inattività della distilleria di provenienza, per cui si presentava più ricco di solidi sospesi e caratterizzato da un'attività batterica assai più ridotta. Una volta avviato, il processo anaerobico termofilo è risultato tuttavia meno lineare e costante del processo mesofilo. Tale caratteristica, per altro attesa, è ben evidenziata dall'andamento delle repliche R7 ed R8, che risultano spesso non sovrapposte. In tabella 2 ed in tabella 3 vengono riportati i dati scaturiti dalla sperimentazione mesofila e termofila realizzata mediante il Fermentatore di Laboratorio RES.

Figura 3. Andamento della produzione cumulativa di biogas e CH₄, espressi come Nml, nei reattori R7 ed R8, alimentati con miscela FORSU-P/FD 1:1, in termofilia.



Dai dati riportati in tabella 2, relativa alla sperimentazione mesofila, si evince come la prova con sola FORSU-P abbia fornito i migliori risultati complessivi, sia in termini di produzione cumulata di biogas che di metano, ma soprattutto in termini di resa in metano per tonnellata di solidi volatili. Al riguardo di quest'ultimo parametro si evidenzia una diminuzione di resa, all'aumentare della frazione di fango inserita nella miscela.

Tabella 2. Esperimento mesofilo. Produzione cumulata di biogas e metano; resa in metano per tonnellata di solidi volatili (S.V.); resa in metano per tonnellata di matrice tal quale; metano in % sviluppato; resa in biogas per tonnellata di matrice tal quale (valori medi delle repliche).

Valori medi delle repliche	Inoculo	FORSU-P	FORSU-P/FD (2:1)	FORSU-P/FD (1:1)
Prod. cum. biogas (Nml)	1450	27981	25649	25310
Prod. cum. CH ₄ (Nml)	234	15385	14379	13960
Resa CH ₄ S.V. (Nm ³ *t _{S.V.} ⁻¹)	20	444	404	382
Resa CH ₄ t.q. (Nm ³ *t _{t.q.} ⁻¹)	0,4	90	68	58
CH ₄ (% vol.)	16,2	55,0	56,1	55,2
Resa biogas t.q. (Nm ³ *t _{t.q.} ⁻¹)	2	164	121	105

I dati della tabella 3, relativa alla sperimentazione termofila, mettono in evidenza valori sempre superiori rispetto a quelli evidenziatisi in mesofilia. Quindi, temperature più elevate favoriscono la produzione di biogas e metano, oltre a determinare un aumento delle rese di produzione. Anche in questo caso si evince come la prova con sola FORSU-P abbia fornito i migliori risultati complessivi, sia in termini di produzione cumulata di biogas che di metano, ma soprattutto in termini di resa in metano per tonnellata di solidi volatili. Al riguardo di quest'ultimo parametro, tuttavia, si evidenzia un aumento di resa all'aumentare della presenza di FD all'interno della miscela. La maggiore

Tabella 3. Esperimento termofilo. Produzione cumulata di biogas e metano; resa in metano per tonnellata di solidi volatili (S.V.); resa in metano per tonnellata di matrice tal quale; metano in % sviluppato; resa in biogas per tonnellata di matrice tal quale (valori medi delle repliche).

Valori medi delle repliche	Inoculo	FORSU-P	FORSU-P/FD (2:1)	FORSU-P/FD (1:1)
Prod. cum. biogas (Nml)	1450	27981	25649	25310
Prod. cum. CH ₄ (Nml)	234	15385	14379	13960
Resa CH ₄ S.V. (Nm ³ *t _{S.V.} ⁻¹)	20	444	404	382
Resa CH ₄ t.q. (Nm ³ *t _{t.q.} ⁻¹)	0,4	90	68	58
CH ₄ (% vol.)	16,2	55,0	56,1	55,2
Resa biogas t.q. (Nm ³ *t _{t.q.} ⁻¹)	2	164	121	105

temperatura di fermentazione sembra facilitare la fermentazione di matrici caratterizzate da solidi volatili di difficile digeribilità, come quelli appunto presenti nei fanghi di depurazione.

Quanto emerso dalla sperimentazione in batch trova riscontro nelle analisi effettuate sulle matrici in ingresso analizzate singolarmente ed in miscela e sui rispettivi digestati finali (tabella 4). Da notare la notevole differenza riscontrata tra i due inoculi impiegati nel trattamento mesofilo ed in quello termofilo. Il processo di digestione anaerobica determina, a scala diversa, una diminuzione dei S.T. e S.V. con un arricchimento in N-NH₃. Alla luce dei risultati scaturiti si sono poste le basi per la sperimentazione in pieno

Tabella 4. Risultati analitici di solidi totali (S.T.), solidi volatili (S.V.), azoto totale Kjeldhal (NTK), azoto ammoniacale (N-NH₃), azoto organico (N org), carbonio organico totale (TOC) con le rispettive deviazioni standard (σ), relative alle matrici singole, alle miscele in ingresso ad ai digestati in uscita dalla sperimentazione mesofila e termofila. (Valori medi relativi a tre determinazioni analitiche).

Fase	Matrice	S.T. %	σ	S.V. % s.s.	σ	NTK % s.s.	σ	N-NH ₃ % s.s.	σ	N org % s.s.	TOC % s.s.	σ
Input	FORSU-P	27,14	0,42	75,10	1,28	2,62	0,32	0,08	0,56	2,55	42,79	0,95
	FD	15,45	0,22	65,02	0,01	5,69	0,20	1,36	0,04	4,34	31,03	1,03
	Inoculo mesofilo	5,59	0,63	44,95	1,26	5,56	1,33	2,31	0,07	3,25	21,94	0,32
	Inoculo termofilo	14,69	1,69	78,52	0,66	0,97	0,11	0,08	0,01	0,89	38,17	1,24
	Miscela 1 (2:1)	22,69	0,15	74,33	0,49	3,19	0,2	0,31	0,01	2,88	39,63	0,62
	Miscela 2 (1:1)	21,24	0,53	71,95	1,33	3,72	0,09	0,42	0,01	3,31	37,38	0,34
Output Digestati Mesofilia	FORSU-P	6,09	0,03	59,25	0,86	5,5	0,46	2,08	0,06	3,43	24,22	2,56
	Miscela 1 (2:1)	6,78	0,09	57,97	0,72	-	-	2,51	0,08	-	23,21	0,58
	Miscela 2 (1:1)	6,58	0,08	57,92	0,61	-	-	2,26	0,09	-	22,59	0,67
	Inoculo	4,68	0,19	52,48	0,76	-	-	1,68	0,03	-	23,27	0,92
Output Digestati Termofilia	FORSU-P	9,55	0,10	73,63	1,58	-	-	0,43	0,02	-	32,62	4,11
	Miscela 1 (2:1)	14,98	0,21	73,00	0,69	-	-	0,61	0,02	-	29,71	1,76
	Miscela 2 (1:1)	11,57	0,14	72,83	0,51	-	-	0,62	0,17	-	29,96	0,74
	Inoculo	8,78	0,44	78,59	0,32	-	-	0,20	0,00	-	38,07	1,68

campo realizzate con l'Impianto Pilota RES. L'impianto è di tipo "plug-flow" orizzontale miscelato, adatto a condurre prove in campo. Esso è alloggiato all'interno di un container coibentato, facilmente movimentabile, ed è stato costruito in modo tale da poter simulare i processi di digestione su scala reale, al fine di effettuare un corretto dimensionamento di questi ultimi sulla base dei risultati ottenuti dalle sperimentazioni.

La peculiarità dell'impianto si evidenzia soprattutto nella gestione di matrici aventi contenuto di acqua inferiore al 90%, le quali diventano progressivamente più viscosi e possono contenere fibre, creando difficoltà di dosaggio e movimentazione all'interno del

reattore. Queste problematiche, nell'Impianto Pilota RES, sono state risolte mediante la realizzazione di un miscelatore appositamente concepito e di idonee pompe di carico e scarico in grado di dosare con continuità il quantitativo voluto di biomassa con la frequenza desiderata. Tale impianto, oltre che delle componenti appena citate, è dotato di un sistema pneumatico per l'azionamento di pompe e valvole, di impianto di termostatazione e di un sistema di automazione e controllo del funzionamento che può avvenire anche in remoto.

L'avvio della sperimentazione con l'Impianto Pilota RES è avvenuto lo scorso aprile, presso il depuratore di Bagnacavallo, dove le attività sono in pieno svolgimento e termineranno entro il prossimo dicembre. Durante questo lasso di tempo sono state testate due delle tre migliori configurazioni scaturite dalla sperimentazione di laboratorio, ed è attualmente in corso la terza ed ultima.

All'inizio l'Impianto Pilota RES è stato alimentato con sola FORSU-P spremuta, in condizioni di mesofilia (circa 35°C), con un tempo di residenza di circa 30 giorni. Terminata questa fase, si è proceduto ad una variazione nell'alimentazione del digestore che è stato alimentato con la miscela FORSU-P/FD in rapporto 1:1, mantenendo stabili le condizioni di temperatura e la durata dell'esperimento. In questo modo si sono poste le basi per confrontare la diversa risposta produttiva associata alle due miscele.

In ultimo si è proceduto ad un innalzamento graduale della temperatura di processo, passando da una condizione mesofila (circa 35°C) ad una termofila (circa 50°C), senza modificare la miscela di alimentazione. In questo modo si intende verificare l'effetto dell'innalzamento della temperatura sull'andamento del processo digestivo.

Durante la sperimentazione, a cadenza regolare, si è proceduto ad effettuare la caratterizzazione chimica delle miscele in ingresso e del digestato in uscita. Inoltre sono state effettuate periodiche determinazioni sul contenuto in acidi grassi volatili (VFA), alcalinità, pH e redox, onde monitorare il corretto andamento del processo digestivo. In aggiunta, periodicamente, campioni di miscele in ingresso e di digestati finali sono stati inviati all'Istituto Zooprofilattico di Lugo per essere sottoposti ad analisi onde verificare l'avvenuto abbattimento della carica microbica e la conseguente sanificazione.

Al termine di ciascuna sperimentazione, un campione di digestato, viene sottoposto a separazione solido/liquido ed analisi chimica delle due frazioni, per verificarne la rispondenza nei confronti della normativa vigente.

Alla data odierna la sperimentazione risulta in pieno svolgimento e, al termine delle attività di campo e di laboratorio è prevista la redazione di una relazione dettagliata sui risultati conseguiti. Inoltre non si esclude la possibilità di effettuare una valutazione del processo mediante analisi LCA (Life Cycle Assessment). Questa rappresenta lo strumento base del "Life Cycle Thinking", l'approccio che consente di valutare il carico energetico ed ambientale di un prodotto o processo secondo l'ottica "dalla culla alla tomba". La metodologia LCA è applicata da tempo e con successo alla gestione integrata dei rifiuti e, nello specifico, apporterebbe indubbi vantaggi alla sperimentazione tra i quali i) l'integrazione degli aspetti ambientali nella fase di sperimentazione e messa a punto del processo; ii) l'individuazione delle eventuali criticità ambientali legate allo stesso.

Bibliografia

ANPA, 2001. *Metodi di analisi del compost*, Manuali e linee guida 3/2001, ANPA - Unita Normativa Tecnica, ANPA, Roma.

APHA, 2005. *Standard Methods for the examination of water and wastewater* - 21st Edition.

IRSA-CNR 2006. *Metodi Analitici per i fanghi* - Parametri tecnologici. Quaderno 64.

Buscaroli A., 2008. "P.R.E.A. - Progetto di ricerca sperimentale per la valorizzazione energetico-agronomica delle matrici organiche di derivazione agro-zootecnica".

In S.P.R.I.- N.T., a cura di Provincia di Ravenna - Servizio Ricerca ed Innovazione, Polo Scientifico Didattico di Ravenna, Fondazione Flaminia. Tipolitografia Scaletta, Ravenna.

CE, 1999. *Inquinamento del suolo e rifiuti solidi*. Direttiva del Consiglio 99/31/CE - G.U.C.E. del 16 luglio 1999, n. L 182.

RER, 2005a. *Rettifica alla deliberazione della Giunta regionale 30/12/2004, n. 2773. Primi indirizzi alle Province per la gestione e l'autorizzazione all'uso dei fanghi di depurazione in agricoltura*. Delibera della Giunta Regionale della RER n. 285 del 14/02/2005.


RER, 2005b. *Orientamenti tecnici inerenti le metodiche di analisi dei fanghi di depurazione utilizzati in agricoltura di cui alla deliberazione G.R. 2773/04 come modificata dalla deliberazione G.R. 14/2/2005, n. 285. RER Bollettino Ufficiale, Parte seconda N. 79, Anno 36 N. 120. Determinazione del Direttore Generale ambiente e difesa del suolo e della costa n. 11046 del 29/7/2005.*

RER-ARPA, 2006. *Rapporto sulla gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna*. A cura di Sezione regionale del catasto rifiuti di Arpa ingegneria ambiente e Servizio rifiuti e bonifica siti della Regione Emilia-Romagna.

Repubblica Italiana, 2003. *Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*. D. Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36., GU n. 59 del 12-3-2003- Suppl. Ordinario n. 40.

Il Intervento

PROGETTO SPERIMENTALE
“INGEGNERIZZAZIONE DI UN PROCESSO
DI (BIO)TRATTAMENTO SOSTENIBILE
PER L’IMPIEGO DI POLLINA DI OVAIOLE
IN SISTEMI AGRONOMICI A RIDOTTO
UTILIZZO DI ACQUA E FERTILIZZANTI”



PROGETTO SPERIMENTALE

“Ingegnerizzazione di un processo di (bio)trattamento sostenibile per l’impiego di pollina di ovaiole in sistemi agronomici a ridotto utilizzo di acqua e fertilizzanti”

Giulia Golfari

Medico veterinario

(tirocinio “la ricerca è di casa” ottobre 08 - marzo 09 e sovvenzione Spinner 2013)

E-mail: giugiugo@libero.it

Alice Dall’Ara

ENEA

(Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile)

Sezione MATING (Ingegnerizzazione di Componenti e Processi)

CR Faenza, via Ravennana 186, 48018 Faenza (RA)

E-mail: alice.dallara@enea.it

Giovanni Poglayen

Alma Mater Studiorum Università di Bologna

Facoltà di Medicina Veterinaria, Via Tolara di Sopra 50, 40064 Ozzano Emilia (BO)

Dipartimento di Sanità Pubblica Veterinaria e Patologia Animale, servizio di prova di Malattie Infettive e Parassitarie

E-mail: giovanni.poglayen@unibo.it

Paola Massi

Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia

e dell’Emilia Romagna “Bruno Umbertini”

(Ente sanitario di diritto pubblico)

Dirigente della sezione di Forlì, via G. Marchini 1, 47100 Forlì (FC)

E-mail: paola.massi@izsler.it

Abstract

Il progetto “Ingegnerizzazione di un processo di (bio)trattamento sostenibile per l’impiego di pollina di ovaiole in sistemi agronomici a ridotto utilizzo di acqua e fertilizzanti” è stato sostenuto dalla Provincia di Ravenna, attraverso l’attivazione del tirocinio “la ricerca è di casa” nel periodo ottobre 2008 - marzo 2009, con *tutor* Marna Ortolani; il progetto è stato promosso da ENEA, Sezione MATING (Ingegnerizzazione di Componenti e Processi) del Centro Ricerche di Faenza e da AMEK S.c.r.l., con la col-

laborazione della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Bologna, dell'Istituto Zooprofilattico della Lombardia e dell'Emilia Romagna sede di Forlì, ARPA Emilia-Romagna, sez. Provinciale di Ravenna. L'attività ha avuto la possibilità di proseguire, con gli stessi partner, cui si sono aggiunte aziende del gruppo Eurovo, per altri 12 mesi grazie all'approvazione del progetto "MIDA" (*Manure hygienisation Development and Application*) da parte del Consorzio SPINNER che con le sovvenzioni di Spinner 2013 sostiene l'attività svolta da Giulia Golfari.

L'attività sviluppata con la sperimentazione intende mettere a punto un processo di igienizzazione delle deiezioni delle galline ovaiole (tecnicamente definite pollina), attraverso l'applicazione di nuove tecnologie biologiche (bio-trattamento), brevettate, al fine di ottenere un prodotto tecnico che non sia più una deiezione da smaltire, ma, in sintonia con la normativa europea (Reg. CE 1774/2002), un fertilizzante organico igienico e sicuro. Il metodo studiato vuole essere di pari efficacia tecnica rispetto al prodotto che si ottiene mantenendo la pollina a 70 °C per almeno un'ora (unica condizione prevista attualmente dalla legge per la commercializzazione della pollina).

Superando la gestione della pollina come deiezione da smaltire non sarà più necessario correlare determinate quantità di pollina a limitate estensioni di suolo agricolo per la sua distribuzione (come prevede il Piano di Utilizzazione Agronomica degli effluenti zootecnici), così la pollina potrà rappresentare una fonte di ricavo. Tale prodotto potrà essere utilizzato in sistemi agronomici a ridotto utilizzo di acqua e fertilizzanti, permettendo un riequilibrio dei suoli e la riduzione di emissioni di anidride carbonica.

Keywords: *pollina, galline ovaiole, igienizzazione, fertilizzante organico, risparmio idrico.*

Introduzione

L'obiettivo generale del progetto è quello di ingegnerizzare le deiezioni e superare la gestione della pollina come materiale da smaltire. Si supera la necessità di disporre di suolo agricolo per la sua distribuzione, attraverso la produzione diretta di un fertilizzante di qualità, con il comportamento di un ammendante, un miglioratore della struttura dei terreni per una loro maggiore fertilità e un recupero dalla predesertificazione, il tutto con un valore commerciale che permette una sua immissione in un circuito di mercato.

Attualmente l'impiego della pollina presenta diverse problematiche, soprattutto in un territorio come quello romagnolo in ragione dell'elevata consistenza degli allevamenti avicoli presenti. Il settore, in Emilia Romagna rappresenta il 12% dell'intera produzione agricola ed il 28% della sola produzione zootecnica. Circa il 35% della filiera nazionale avicola è concentrato in Romagna, ed in particolare nella provincia di Forlì-Cesena, dove è presente uno dei distretti avicoli italiani più importanti, in cui operano alcune delle aziende leader del prodotto finito, con marchi competitivi sui mercati internazionali.

Lo smaltimento della pollina prodotta (come previsto dall'applicazione della direttiva europea sui nitrati 91/676/CEE) costituisce un problema per gli allevatori e le amministrazioni pubbliche preposte al rilascio dell'autorizzazione, a causa della scarsa dispo-

nibilità di terreni idonei allo scopo. Infatti la recente normativa ha introdotto un piano di utilizzazione delle deiezioni, denominato piano di utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici - PUA (D. Lgs. 152/99, D. Lgs. 152/2006 e s. m. i., decreto MIPAF 7 aprile 2006), che correla la produzione di pollina, e quindi il numero di capi presenti in allevamento, all'estensione del terreno necessaria per un corretto spandimento. La normativa prevede una soglia di utilizzo corrispondente a 340 kg di azoto per ettaro, ridotto a 170 kg nei terreni vulnerabili, soglia definita con il programma di azione regionale per le zone vulnerabili ai nitrati da fonti agricole (delibera C.R. Emilia-Romagna n. 96/2007). Alcune province, come quella di Forlì-Cesena, non hanno a disposizione terreni sufficienti per il numero di capi presenti, con il rischio di dover limitare la produzione avicola, mentre il mancato rispetto della normativa può provocare l'inquinamento delle falde acquifere. Nella sola Provincia di Forlì-Cesena si registra un esubero di 80-100.000 t/a di pollina (FIERAVICOLA, 2009), che viene perciò trasferita nelle province limitrofe con un aggravio dei costi. Attualmente in Italia la pollina viene distribuita nei campi e interrata in presemina (in base alla normativa sopra citata). L'azoto (fondamentale elemento per lo sviluppo e la crescita dei vegetali) in essa contenuto, presente prevalentemente in forma ureica, mineralizza in poche settimane; ciò rende la componente azotata prontamente disponibile, ma non utilizzabile dalle piante, a meno che queste non siano caratterizzate da un ciclo vitale breve.

L'impatto ambientale associato agli allevamenti avicoli è legato essenzialmente alla gestione delle deiezioni, sia durante lo stazionamento della pollina negli allevamenti per lunghi periodi, sia a livello del suolo utilizzato in agricoltura. Uno spandimento ed un uso non adeguati della pollina sui terreni può essere infatti esso stesso fonte di inquinamento, provocando:

- a) contaminazione delle falde acquifere da nitrati;
- b) emissioni in atmosfera di odori sgradevoli e sostanze inquinanti, tra cui l'ammoniaca;
- c) eutrofizzazione di acque superficiali da dilavamento (runoff) di composti dell'azoto e del fosforo;
- d) inquinamento delle acque potabili da parte di patogeni.

La legge prevede la commercializzazione della pollina come fertilizzante a seguito di un adeguato processo di igienizzazione: il reg. 1774/2002/CE e s. m. i. prevede il mantenimento della pollina a 70 °C per almeno un'ora, trattamento dispendioso in termini di energia e di difficile attuazione da parte degli allevatori.

Oltre alle problematiche negative correlate allo smaltimento della pollina, esistono fabbisogni agro-ambientali cui il progetto si ispira:

- A) Depauperazione del suolo dovuta a produzioni intensive con impiego di fertilizzanti di sintesi, che riducono la quantità di carbonio presente nel suolo, impaccano i terreni (riduzione della porosità e sua compattazione), e riducono la permeabilità all'acqua con dilavamento del terreno.
- B) I regimi di piovosità mutati dai cambiamenti climatici in corso hanno effetto diretto sulle condizioni di produzione agricola e sui suoli stessi. Tali mutamenti modificano l'intensità e la distribuzione delle precipitazioni atmosferiche nell'arco dell'anno

(periodi caratterizzati da intense e frequenti precipitazioni si susseguono a periodi di siccità), mettendo in crisi le produzioni idroesigenti (mais, frutteti, orticole). Ottimizzare e valorizzare al massimo le proprietà della pollina rendendola sicura dal punto di vista igienico risulta quindi fondamentale, e l'attività descritta si propone come la messa a punto di una tecnologia a basso consumo energetico.

La sperimentazione

La sperimentazione in oggetto è legata al trattamento di stabilizzazione e igienizzazione della pollina di ovaiole, per la produzione di un fertilizzante organico di qualità.

La fase squisitamente sperimentale è stata preceduta da un approfondimento delle caratteristiche qualitative e igieniche della pollina, nonché della legislazione che regola la sua gestione e il suo smaltimento. Sono stati inoltre messi a fuoco i rischi correlati al suo non adeguato utilizzo, e alcuni possibili trattamenti alternativi volti a superare le problematiche correlate alla sua gestione agronomica.

Nella prima parte del progetto sono stati approfonditi gli aspetti relativi all'impatto socio-economico che l'igienizzazione della pollina potrebbe avere sul tessuto agro zootecnico provinciale, e quelli relativi alle leggi che regolamentano il suo utilizzo in ambito agronomico e ne definiscono le modalità di uso.

Gli obiettivi della sperimentazione sono:

- Massimizzare il contenuto di nutrienti (azoto) e carbonio;
- Minimizzare i rischi biologici, legati alla presenza di microrganismi patogeni.

Per raggiungere tali obiettivi, si è scelto di sperimentare sulla pollina una tecnologia innovativa tutta italiana, sviluppata in Italia da Amek s. c. r. l. e CTI s.c.r.l. (Imola), brevettata a livello nazionale ed europeo con il titolo di "Processo di maturazione e stabilizzazione di biomasse con riduzione delle emissioni maleodoranti" (n. EP1314710). Tale brevetto è relativo all'utilizzo di principi attivi vegetali (PAV) costituenti una miscela enzimatica complessa, a base di componenti vegetali, sviluppata con il principale obiettivo di accelerare il processo di stabilizzazione aerobica di biomasse.

Nel dettaglio, la sperimentazione è finalizzata alla valutazione di come l'aggiunta dei PAV possa agire sull'igienizzazione della pollina essiccata con il metodo Manure Drying System (MDS) e maturata in sacconi, definiti "bioreattori", e in cumulo (Fig. 1).

La fase progettuale della sperimentazione ha fatto riferimento ad una metodologia denominata DOE (design of experiments). Si tratta di una metodologia di progettazione statistica di un esperimento che serve per descrivere un processo biologico complesso, come il bio-trattamento della pollina con principi attivi vegetali (PAV) (Fig. 2). Essa consente di ridurre al minimo il numero di prove sperimentali da eseguire all'interno di sistemi complessi caratterizzati da tante variabili che incidono sul processo; nel caso specifico sono stati individuati 2 parametri significativi e controllabili: sostanza secca (SS) iniziale della pollina e tempo (t) di maturazione. Su tale base è stato definito un piano di monitoraggio igienico della pollina.

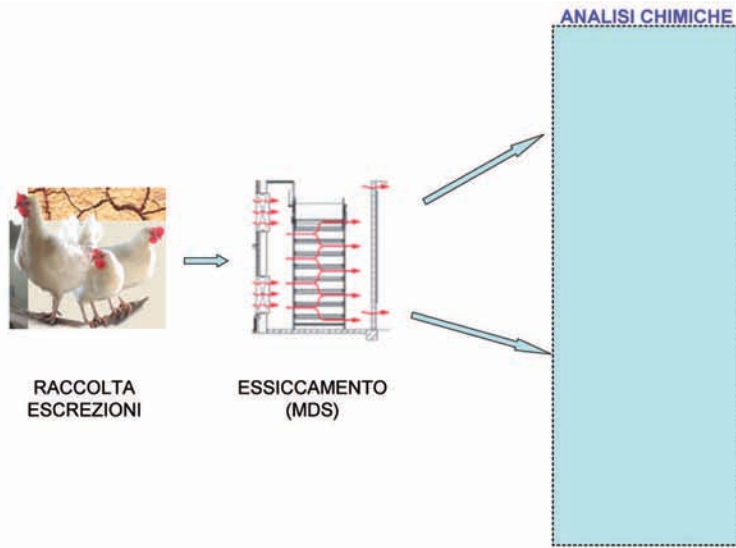


Figura 1. Schema a blocchi del processo di produzione del fertilizzante a partire da pollina essiccata con MDS

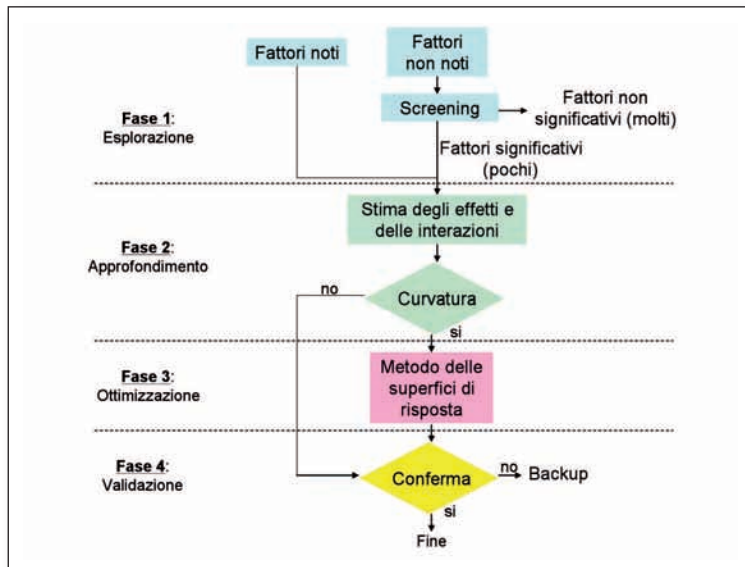


Figura 2. Diagramma di flusso che sintetizza la strategia di progettazione statistica della sperimentazione o *Design Of Experiments* (DOE) (Anderson, Whitcomb, 2008)

In questa fase sono stati eseguiti i campionamenti (Fig. 3-5), prima sulla pollina appena escreta, poi su quella essiccata e infine dopo 40, 80 e 120 giorni dal trattamento. Su tali campioni sono ancora in corso esami di tipo microbiologico, micologico e parassitologico, per individuare come varia nel tempo la presenza di batteri (*Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Salmonella spp.*) virus (*Parvovirus*), miceti e protozoi (coccidi del genere *Eimeria*) questi ultimi scelti per la notevole resistenza delle forme infettanti nell'ambiente.



(a)



(b)

Figura 3. Stoccaggio dei big-bag e apertura per campionamento



Figura 4. Campionamento big-bag



Figura 5. Cumulo e campioni

Impatto socio-economico

Il risultati del progetto avranno impatto sul territorio a livello socioeconomico, in quanto gli allevatori di ovaiole potranno:

- utilizzare le tecniche sostenibili messe a punto dal progetto, semplificate e facilmente gestibili per la produzione di un fertilizzante a base di pollina: essi potranno produrlo con tecniche semplici ed economiche all'interno del loro allevamento in virtù anche alla formazione specifica ricevuta da AMEK;
- dare una prospettiva di impiego della pollina al di fuori del PUA;
- vendere un prodotto commerciale, igienizzato pari a quello ottenuto attraverso il trattamento con il calore imposto dalla normativa vigente, con un notevole risparmio sui costi di energia sostenuti per tale intervento;
- guardare alla pollina come fonte di ricavo ("salvadanaio" per l'azienda).

Gli agricoltori, utilizzatori finali del nuovo prodotto, avranno a disposizione un fertilizzante organico innovativo, economico ed efficace, ricco in nutrienti, in grado di potenziare la capacità dei suoli ammendati con risparmio di acqua durante i periodi di siccità, con la conseguente riduzione della necessità di integrazione con concimi di sintesi. Tutto ciò si concretizza in un migliore rapporto qualità prezzo, con un risparmio nelle spese di produzione, ottenendo nel contempo risultati migliori.

Rispetto all'impatto a livello di governo del territorio, potranno essere superate le limitazioni imposte dal PUA, eliminando di conseguenza la necessità di correlare la produzione di pollina (e quindi il numero di capi presenti in allevamento, e il numero di allevamenti stessi) all'estensione del terreno. Inoltre le amministrazioni regionali e provinciali beneficeranno dei risultati di MIDA per semplificare la normativa vigente per quanto di competenza, in materia di controllo, difesa delle acque e del suolo: gli enti pubblici saranno in grado di gestire più semplicemente l'attività di pianificazione della gestione degli effluenti zootecnici per la salvaguardia e la protezione dell'ambiente e della salute, con un conseguente minor impatto sulla spesa pubblica dovuto ai numerosi controlli in materia.

In relazione all'eco-sostenibilità, il nuovo fertilizzante a base di pollina potrà sviluppare:

- un'azione di potenziamento della ritenzione idrica del suolo riducendo l'uso di acque per irrigazione, in quanto la pollina distribuita sul terreno ha la proprietà di trattenere l'acqua e di rilasciarla lentamente al suolo, in modo da risparmiare acqua con la possibilità di rispondere ad altre richieste idriche durante i periodi di siccità;
 - una riduzione della depauperazione dei suoli agricoli di sostanza organica con il conseguente miglioramento dei terreni, che potranno essere recuperati dalla predesertificazione, e l'uso del suolo come serbatoio (sink) di carbonio;
 - una diminuzione della necessità di integrazione con concimi di sintesi;
 - un ritardo e un rallentamento della mineralizzazione dell'azoto, con riduzione degli inquinamenti da nitrati;
- un risparmio energetico e una diminuzione delle emissioni di anidride carbonica dovuti alla riduzione delle distanze nei trasporti, in quanto la pollina igienizzata può essere

immediatamente utilizzata (introduzione del concetto di filiera corta, superando le difficoltà esistenti legate al fatto che gli allevamenti non sono collocati vicino ai terreni su cui viene effettuato il deposito e lo spandimento).

L'impatto economico a livello del settore zootecnico emiliano-romagnolo risentirà positivamente degli effetti del progetto, in quanto si annullerà il rischio di ridurre gli allevamenti di galline ovaiole. Si potrebbe infatti incorrere in questa eventualità per la scarsità di terreni idonei allo smaltimento della pollina (normativa PUA) .

Si eviterebbe pertanto la delocalizzazione della produzione avicola con le conseguenti perdite economiche sul territorio, in particolare quello romagnolo, dove è presente uno dei distretti avicoli italiani più importanti. Si tutelerebbe inoltre il prodotto uovo, che garantisce alti livelli nutrizionali a basso costo.

Risultati

La ricerca, ancora in corso nella fase "MIDA", sta seguendo un percorso regolare e preciso che mira ad ottenere risultati completi. La progettazione secondo i canoni DOE permette di evitare lacune che sarebbero difficili da colmare al termine del progetto, e che inficerebbero gli esiti dell'eventuale valutazione del prodotto ottenuto da parte di organi europei.

L'attività ha permesso di verificare l'andamento nel tempo all'interno della pollina della carica parassitologica, micologica e batteriologica: dalle analisi sinora elaborate è apparsa una costante riduzione di tale carica, fenomeno che fa supporre la reale possibilità di rientrare nei limiti igienici previsti dalla legge.

I risultati finora pervenuti sono molto incoraggianti: l'azione dei PAV si è dimostrata efficace nei confronti di alcuni dei patogeni individuati dal reg. 1774/2002/CE, e sono ancora in corso di studio alcuni parametri che sembrano essere indicatori di qualità dell'azione dei catalizzatori enzimatici.

Nei prossimi mesi si procederà attraverso l'approfondimento dello studio dei bioindicatori caratteristici della pollina e degli indicatori di processo. Al termine del percorso sarà così possibile formalizzare tecnicamente la metodologia del processo di igienizzazione.

Riconoscimenti

"International Poultry Scientific Forum", evento organizzato da Southern Poultry Science Society, Southern Conference on Avian Diseases, e U.S. Poultry & Egg Association, ha accettato, per la pubblicazione nel volume degli atti, l'abstract contenente le attività di MIDA, che pertanto sono state giudicate coerenti con la "mission" della manifestazione di diffondere l'innovazione nel settore avicolo. L'esposizione di un poster, che sarà presentato da Giulia Golfari, apre le porte a un dialogo internazionale sulla problematica dello smaltimento della pollina, peraltro sentita anche negli Stati Uniti, e induce a confidare in possibili collaborazioni estere per continuare l'attività di ricerca.

La partecipazione a "International Poultry Scientific Forum" è molto importante sia per

Giulia Golfari, in particolare per lo sviluppo delle sue competenze personali e per il miglioramento delle capacità di relazionarsi con aziende e personale straniero, sia per l'azienda AMEK (partner del progetto MIDA), alla quale la dottoressa sarà in grado di trasferire informazioni tecnico - scientifiche ma anche per tutti i partecipanti a questa esperienza di trattamento della pollina.

Formazione

Il progetto sperimentale "Ingegnerizzazione di un processo di (bio)trattamento sostenibile per l'impiego di pollina di ovaiole in sistemi agronomici a ridotto utilizzo di acqua e fertilizzanti" ha permesso, con l'attivazione del tirocinio "La Ricerca è di casa" patrocinato dalla Provincia di Ravenna, l'avvicinamento e l'interazione di un neolaureato in Medicina Veterinaria (Giulia Golfari) con il mondo della ricerca in ambito agro-zootecnico. Le tematiche sviluppate nel corso della ricerca sono state inoltre oggetto di due tesi di laurea (entrambe svolte presso il CR ENEA di Faenza), una presso il Corso di Laurea in Ingegneria Chimica di Bologna, presentata nel dicembre 2008 da Sabrina Petronelli, l'altra presso il Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale di Bologna, discussa da Fabrizio Ballardini nel marzo 2009.

In considerazione della innovatività del progetto, che preconizza importanti risvolti socio-economici, è stata inoltrata, da parte di Giulia Golfari (sostenuta dalla facoltà di Medicina Veterinaria di Bologna, da AMEK S.c.r.l. sede di Imola, ENEA Sezione MATING CR Faenza, Istituto Zooprofilattico della Lombardia e dell'Emilia-Romagna sede di Forlì, Provincia di Ravenna, Gruppo Eurovo), una domanda per accedere alle agevolazioni previste da Spinner 2013 "Interventi per la qualificazione delle risorse umane nel settore della ricerca e della innovazione tecnologica".

Spinner 2013 è il programma della Regione Emilia-Romagna nato per preparare i giovani negli ambiti della ricerca e dell'innovazione tecnologica e per costruire una comunità capace di mettere la persona al centro dei processi di innovazione per il futuro sviluppo della società e dell'economia della conoscenza.

Il consorzio Spinner 2013 nel mese di marzo 2009 ha riconosciuto la validità del progetto, denominato MIDA (Manure hyglenisation Developement and Application): è stato così possibile continuare ad approfondire la tematica dell'igienizzazione della pollina, un materiale dalle grandi potenzialità sia come fertilizzante sia come risorsa energetica (se valorizzato e non considerato come un rifiuto da bruciare per poterlo smaltire).

Collaborazioni

Nel corso della realizzazione del presente progetto si sono attivate efficienti sinergie tra enti pubblici e privati per cercare di dare una collocazione a un sottoprodotto dell'allevamento avicolo il cui smaltimento costituisce una problematica per il territorio romagnolo ed è stato trovato in ENEA un punto di coagulo. L'attività progettuale sviluppata ha contribuito al consolidamento dei rapporti tra diverse istituzioni: Provincia di Ra-

venna, Facoltà di Medicina Veterinaria di Bologna, la sezione MATING del CR ENEA di Faenza, AMEK S.c.r.l. sede Imola, Istituto Zooprofilattico della Lombardia e dell'Emilia-Romagna sede di Forlì, Gruppo Eurovo, Consorzio Spinner. Hanno collaborato altresì ARPA Emilia-Romagna, sez. Provinciale di Ravenna e AssoAVI (l'Associazione Naz.le Produttori e Allevatori Avicunicoli) con sede a Forlì.



III Intervento

SVILUPPO ED APPLICAZIONE
DI NUOVI COMPOSTI
DALLA PIROLISI CATALITICA
DELLA CELLULOSA

Sviluppo ed applicazione di nuovi composti dalla pirolisi catalitica della cellulosa

Daniele Fabbri

C.I.R.S.A. (Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali)
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna,
sede di Ravenna, via Sant'Alberto 163, Ravenna
E-mail: dani.fabbri@unibo.it

INTRODUZIONE

La cellulosa come fonte energetica

I carboidrati o glucidi (spesso chiamati zuccheri) sono una grande famiglia di composti naturali, di cui il *glucosio* è il rappresentante più importante per abbondanza e per essere il combustibile di elezione della biosfera. Il glucosio è presente in forma libera (il *destrosio* degli sciroppi), o combinato con il fruttosio nel *saccarosio* (il comune zucchero da cucina) o con il galattosio nel *lattosio* del latte, oppure legato ad altre molecole di glucosio a formare lunghe catene nei *polisaccaridi* cellulosa e amido. Sebbene siano chimicamente simili, la cellulosa e l'amido hanno proprietà differenti dovute al diverso modo con cui le molecole di glucosio si uniscono le une alle altre. L'amido è una sostanza più reattiva della cellulosa, che invece è più cristallina e recalcitrante. Queste differenze si riflettono nelle diverse funzioni che questi due polisaccaridi svolgono sia in natura che nella società umana. Nel regno vegetale la cellulosa è un materiale di sostegno, mentre l'amido costituisce una riserva energetica. Per le sue proprietà strutturali la cellulosa è il materiale usato nella carta e nei tessuti, mentre per le sue caratteristiche energetiche l'amido è usato come alimento e fonte di combustibili. Infatti, l'amido è convertibile più facilmente della cellulosa in glucosio per via chimica o enzimatica e dalla fermentazione del glucosio si ottiene l'etanolo, o bioetanolo come si dice per distinguerlo dall'etanolo prodotto dal petrolio.

Il contributo della cellulosa come fonte di energia per le attività umane è legato alla combustione della biomassa e dei suoi derivati come il carbone di legna. Infatti, la cellulosa è il costituente principale delle piante vascolari, e quindi viene combusta quando si bruciano legna, paglia o sterpaglie. Anche adesso, può essere considerata un combustibile fondamentale se si pensa che a livello mondiale la biomassa soddisfa circa il 10% della domanda mondiale di energia (lo si confronti con il 13% di tutte le rinnovabili bio-

massa compresa) ma arriva a sostenere il 90% della richiesta energetica in alcuni paesi in via di sviluppo. Quasi il 99% della biomassa per scopi energetici è usata allo stato solido e solo una piccola frazione è convertita in forma liquida.

Sono stati l'amido e il saccarosio a guadagnarsi un posto di rilievo nella produzione mondiale di combustibili liquidi con l'etanolo che da solo contribuisce con circa l'85%. Le perplessità sorte di recente sulla sostenibilità del processo di produzione dei biocombustibili di prima generazione (bioetanolo e biodiesel), hanno dato impulso alla ricerca per l'ottenimento di carburanti liquidi dalla cellulosa. Infatti, la cellulosa è abbondante in tutte le piante, non solo in quelle destinate all'alimentazione, compresi gli scarti forestali e agroindustriali, e su quasi tutta la pianta, non solo su una piccola parte di essa.

Ma lo sfruttamento della cellulosa è ostacolato dal fatto che è una sostanza difficile da trasformare ed è strettamente associata ad altri costituenti recalcitranti, la *lignina* e l'*emicellulosa*, per cui ancora non esiste una produzione industriale di etanolo da cellulosa.

La pirolisi

Oltre ai processi di conversione biologica, la biomassa lignocellulosica può essere trasformata in un liquido attraverso un processo termochimico chiamato *pirolisi*. La pirolisi è un riscaldamento a temperature generalmente comprese tra 300 e 500 °C in assenza di aria (atmosfera inerte). Il vantaggio principale della pirolisi, soprattutto se condotta con riscaldamenti rapidi (*flash/fast pyrolysis*), è quella di convertire con un solo passaggio la biomassa solida in un liquido, il *bio-olio*, un combustibile che per la sua maggiore densità energetica ha il vantaggio di potere essere stoccato e trasportato a costi minori della biomassa di partenza. Oltre ad essere un combustibile, il bio-olio è costituito da una miscela complessa di composti chimici, alcuni dei quali potrebbero avere usi pratici. In questo senso, la pirolisi può svolgere una funzione duplice: trasformare la biomassa in combustibili e prodotti chimici, e per questa ragione è stata proposta come processo di conversione nella *bioraffineria*.

La cellulosa come fonte di prodotti chimici

Abbinare la produzione di composti chimici a quella dei combustibili non è una novità. Le raffinerie e l'industria petrolchimica fanno proprio questo. E dalla sintesi del biodiesel si ottiene anche il glicerolo, il cui mercato è indispensabile per sostenere la produzione del biocombustibile. Anche la pirolisi, nella forma di un lento riscaldamento in carenza d'aria (*carbonizzazione*), è stata un processo industriale importante per ottenere sia un combustibile, il carbone di legna, che prodotti chimici di largo impiego, quali il metanolo, l'acetone e l'acido acetico.

Ma la pirolisi della cellulosa forma composti chimici ben più complessi del metanolo e dell'acetone e con una struttura molecolare impensabile da ottenere facilmente dal petrolio. Fra questi composti, il più importante è il *levoglucosano*. Vale menzionare il fatto che già nella seconda metà dell'Ottocento furono create nuove sostanze dalla tra-

sformazione chimica della cellulosa, quali il nitrato di cellulosa che fu il primo polimero artificiale. La grande sfida della cosiddetta *bio-based economy* è quella di sviluppare sostanze da fonti rinnovabili da utilizzare come intermedi o *building block* per la sintesi di un'ampia varietà di nuovi composti chimici dai molteplici impieghi.

Le caratteristiche strutturali richieste ad una molecola perché possa funzionare come *building block* sono la "semplicità" (non dovrebbe contenere più di 6 atomi di carbonio) e la presenza di *gruppi funzionali*, ovvero unità strutturali in grado di reagire per essere trasformate in una nuove unità chimiche. La Tabella 1 elenca alcuni composti chimici proposti come *building block* da fonti rinnovabili, alcuni dei quali sono prodotti a livello industriale. Sono quasi tutti ottenibili da processi chimici (idrolisi) e biochimici (fermentazione) partendo da zuccheri semplici; solo il levoglucosano si ottiene direttamente dalla pirolisi della cellulosa.

Tabella 1. Alcuni intermedi chimici ottenibili da carboidrati

Intermedio prodotto	Processo	alcuni derivati e loro utilizzi
Acido lattico	Fermentazione	Plastiche biodegradabili/biocompatibili (polilattato); glicole etilenico; acido acrilico; prodotti farmaceutici e per l'igiene personale (acido piruvico)
Acido succinico	Fermentazione	Solventi (tetraidrofurano); pirrolidoni
Acido 3-idrossipropionico	Fermentazione	monomero per fibre e resine in poliestere 1,3-propandiolo; acrilati
Acido itaconico	Fermentazione	Copolimeri con stirene-butadiene, acido acrilico; nuovi polimeri
Furfurale	Idrolisi	Solventi, resine, vitamina C, fragranze (alcol furfurilico); farmaci, pesticidi (furfurilammina); idrossimetilfuraldeide per nuovi polimeri (poliesteri)
Acido levulinico	Idrolisi	Additivi per carburanti (esteri), erbicida (amminoderivato), policarbonati (acido difenolico)
Levoglucosano	Pirolisi	tensioattivi non-ionici; prodotti farmaceutici chirali; substrato nelle fermentazioni; <i>specialties</i>

Pirolisi catalitica della cellulosa. Un nuovo *building block*?

Il levoglucosano è costituito da sei atomi di carbonio e possiede gruppi funzionali, per cui è stato considerato un promettente intermedio chimico per l'ottenimento di prodotti di pregio. La sua produzione però non ha mai raggiunto una scala industriale per le difficoltà di purificarlo dal bio-olio. Esistono altri prodotti di pirolisi della cellulosa studiati come intermedi chimici, ma il loro successo è stato ancora minore. Sebbene studiata da più di un secolo, la pirolisi della cellulosa può riservare ancora qualche sorpresa grazie all'utilizzo di solidi attivi che agiscono da catalizzatori favorendo la formazione di composti chimici difficilmente ottenibili in loro assenza. Negli ultimi anni la tecnologia ha realizzato solidi particolarmente attivi perché caratterizzati da dimensioni nanometriche, nel diametro delle particelle (*nanoparticelle*) o nelle dimensioni dei pori (*mesofasi*).

Nell'ambito delle ricerche svolte dai laboratori di chimica del C.I.R.S.A. è stato scoperto che quando la pirolisi della cellulosa veniva condotta in presenza di *nanoparticelle di alluminio titanato* si formava in quantità apprezzabili un composto che presentava le giuste caratteristiche strutturali per essere un *building block*: costituito da sei atomi di carbonio e almeno due gruppi funzionali (Figura 1). Il nome scientifico di tale composto non è agevole da ricordare, per cui è stato soprannominato semplicemente LAC. La letteratura scientifica presentava un solo studio su questa sostanza in cui veniva proposta per prima volta la sua struttura molecolare. Gli studi successivi, pubblicati dal nostro laboratorio in collaborazione con altri gruppi di ricerca, hanno confermato la struttura di LAC, ma soprattutto hanno dimostrato che essa poteva rappresentare una base di partenza utile per la creazione di nuove molecole con possibili applicazioni nella chimica fine e farmaceutica.

Ad esempio, il polilattato è un materiale biodegradabile ottenuto dall'acido lattico, un prodotto ottenuto dall'amido (Tabella 1). In collaborazione con l'*Accademia delle Scienze della Polonia* è stato sintetizzato un nuovo tipo di polilattato partendo dall'acido lattico e da LAC. Il polimero ottenuto è molto simile al polilattato, ma con caratteristiche aggiuntive, quali l'idrofilicità e la reattività, dovute all'inserimento di LAC nella struttura. Questi primi risultati indicavano come fosse importante proseguire le ricerche in questo settore ancora inesplorato. Ciò è stato possibile grazie al contributo della Provincia di Ravenna nell'ambito di una convenzione con il CIRSA.

Obiettivi del progetto

Il progetto di ricerca aveva i seguenti obiettivi:

- 1) Verificare la possibilità di ottenere LAC da altri substrati oltre che dalla cellulosa;
- 2) Individuare catalizzatori più semplici da manipolare delle nano particelle, ma con un'attività analoga;
- 3) Sviluppare una procedura di isolamento di LAC con un elevato grado di purezza.
- 4) Sintetizzare nuovi composti biomimetici da LAC.

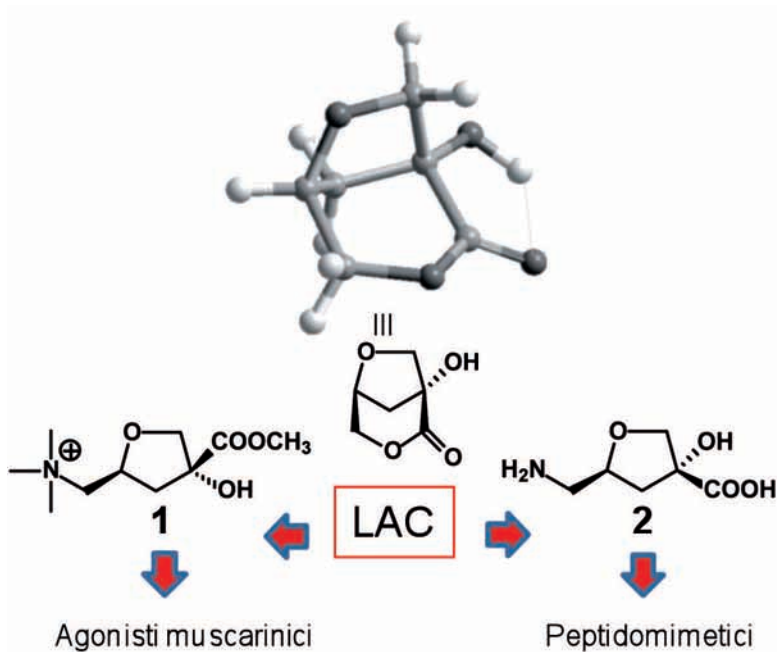


Figura 1. Struttura molecolare di LAC ((1R,5S)-1-hydroxy-3,6-dioxabicyclo[3.2.1]octan-2-one) ottenuto dalla pirolisi catalitica della cellulosa. Struttura del derivato tipo-muscarinico 1 e dell'amminoacido 2 sintetizzati a partire da LAC con l'indicazione delle famiglie di composti con potenziali applicazioni in campo farmaceutico. La struttura tridimensionale di LAC è stata presa da P.Dobrzynski, D.Fabbi, C.Torri, J.Kasperczyk, B.Kaczmarczyk, M.Pastusiak. A Novel Hydroxy Functionalized Polyester Obtained by Ring Opening Copolymerization of L-Lactide with a Pyrolysis Product of Cellulose. Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry 47 (2009) 247.

RISULTATI

Produzione di Lac

Il primo obiettivo del progetto è stato quello di verificare la possibilità di ottenere LAC da substrati diversi dalla cellulosa. Strutturalmente il substrato deve essere un carboidrato, così sono stati investigati alcuni componenti di questa famiglia, fra cui il lattosio, il saccarosio ed il glucosio perché sono prodotti importanti dell'industria agroalimentare. La Figura 2 mostra le rese di LAC ottenute dalla pirolisi con e senza il catalizzatore a base di nanoparticelle di alluminio titanato. Come si vede tutti i carboidrati producono LAC in quantità molto piccole. La presenza del catalizzatore determinava un aumento delle rese del composto, ma un aumento importante si otteneva solo dall'amido e dalla cel-

lulosa. Quest'ultimo substrato è stato selezionato per gli studi successivi mirati all'individuazione di nuovi catalizzatori. A tal fine è stato approfondito lo studio delle mesofasi del tipo MCM-41 in alternativa alle nanopolveri. Le mesofasi MCM-41 sono dei silicati molto porosi e resistenti alle alte temperature. Sono state sintetizzate numerose MCM-41 drogate con vari metalli, fra cui alluminio, titanio, stagno, zirconio per essere testate nella pirolisi analitica della cellulosa. Tutte hanno esibito una discreta attività catalitica, con un incremento delle rese di LAC fino a valori confrontabili con quelli ottenuti con le nanopolveri. Alla fine, la mesofase contenente stagno (Sn-MCM-41) è stata scelta per le pirolisi preparative con il pirolizzatore da banco. Gli esperimenti hanno evidenziato la stabilità termica di Sn-MCM-41, e la possibilità di riciclare il catalizzatore per pirolisi successive, arrivando fino a sei cicli di utilizzo-rigenerazione senza osservare diminuzioni significative delle rese di LAC.

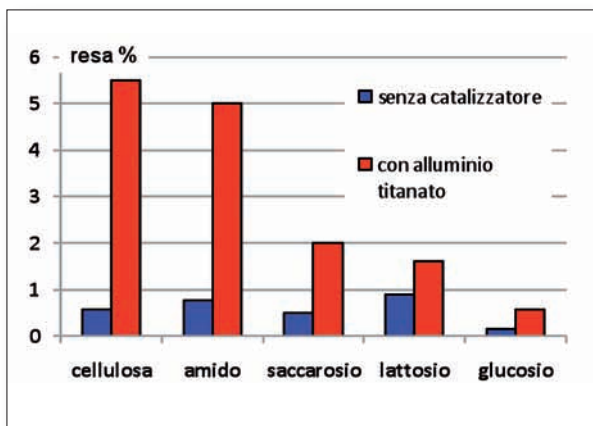


Figura 2. Rese percentuali di LAC dalla pirolisi di vari zuccheri e dalla pirolisi catalitica con nanopolveri di alluminio titanato.

Isolamento di LAC

Il bio-olio ottenuto dalle pirolisi della cellulosa con Sn-MCM-41 è stato sottoposto a numerose prove di separazione al fine di isolare LAC con un buon grado di purezza e di recupero. Le prove hanno confermato le difficoltà di purificare LAC, che è presente a concentrazioni relativamente basse (10%) in una miscela estremamente complessa costituita da centinaia di composti chimici. Dopo innumerevoli tentativi è stata finalmente sviluppata una procedura, schematizzata nella figura 3, che ha permesso di ottenere LAC con una purezza del 99%. La procedura è molto complessa e ricerche future

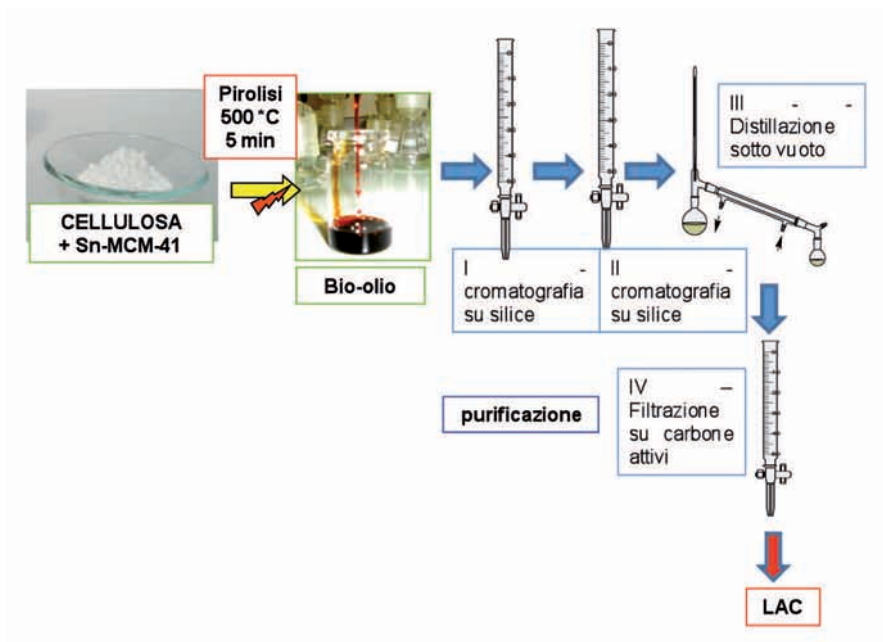


Figura 3. Schema semplificato della procedura messa a punto per ottenere LAC con un elevato grado di purezza (99%).

dovranno essere mirate a semplificarla, diminuendo i passaggi e l'uso di solventi. E' stata comunque fondamentale per ottenere quantità sufficienti di LAC puro da utilizzare nella sintesi dei primi derivati biomimetici.

DERIVATI BIOMIMETICI DI LAC

Derivati della muscarina

LAC è un composto costituito solo da carbonio, idrogeno ed ossigeno, ma con opportune trasformazioni chimiche si può introdurre azoto nella sua struttura molecolare ottenendo così nuovi composti chimici che presentano una certa somiglianza strutturale con prodotti naturali dotati di attività biologica (biomimetici). In particolare, era apparso evidente che i derivati più diretti di LAC contenenti azoto presentavano una somiglianza strutturale con la *muscarina*, una tossina presente in alcune specie di funghi, soprattutto del genere *Inocybe*. La muscarina fu isolata per la prima volta molti anni fa dall'*Amanita muscaria*, il fungo velenoso che si dice essere stato l'ingrediente velenoso preferito da Cesare data la sua somiglianza con l'*Amanita caesarea* che invece è commestibile.

Sembra inoltre che preparati di *A.muscaria* venissero usati come eccitanti da alcune tribù di Vichinghi prima dei combattimenti e come allucinogeni nei riti religiosi di alcune delle tribù della Siberia.

Ma gli effetti psichici dell'*A.muscaria* sono causati ad altri alcaloidi, perché in realtà la muscarina è presente nel fungo a concentrazioni molto basse (< 0.0003%). Le reazioni tipiche dell'intossicazione da funghi ricchi di muscarina, sono ipersalivazione, lacrimazione, sudorazione, coliche, ma anche attacchi asmatici e ipotensione, per fortuna seguiti raramente dalla morte che può essere scongiurata con la somministrazione di un antidoto come l'atropina. Questi appena descritti sono i sintomi caratteristici di una sostanza chimica che agisce come agonista sulle *sinapsi colinergiche* del sistema nervoso periferico parasimpatico. Le sinapsi colinergiche sono le zone di giunzione dei neuroni dove l'impulso nervoso viene trasmesso per mezzo di una sostanza chimica, l'*acetilcolina*. Tale sostanza è un neurotrasmettitore che attiva il neurone legandosi a siti specifici localizzati sulla sua superficie, i recettori colinergici.

Per quanto specifici per l'acetilcolina, i recettori possono interagire con una sostanza diversa ed estranea all'organismo che mima l'effetto dell'acetilcolina stessa e per questo chiamata *agonista*. La muscarina è un agonista che ha una forte affinità per una famiglia di recettori colinergici, chiamati *recettori muscarinici* (un'altra importante famiglia di recettori colinergici è quella attivata dalla *nicotina*). I recettori muscarinici sono largamente diffusi anche nel sistema nervoso centrale, dove sono coinvolti nella regolazione di funzioni molto importanti come l'apprendimento e la memoria. La graduale perdita di capacità intellettive osservate nel *morbo di Alzheimer* è accompagnata da una marcata riduzione dei neuroni colinergici.

Da queste succinte informazioni si comprende l'importanza che ha avuto la muscarina come composto modello nello studio e sviluppo di farmaci. Oltre alla muscarina, esistono altri agonisti muscarinici di origine naturale (Figura 4), come l'arecolina dalle noci di betel (*Areca catechu*, questa pianta è apprezzata da alcune popolazioni asiatiche per il senso di euforia che produce masticandone le foglie) e la pilocarpina, e molti altri sono stati ottenuti artificialmente con la sintesi chimica. Nonostante i numerosi studi effettuati e le molte molecole testate, gli agonisti hanno trovato un uso terapeutico molto limitato (es. trattamento del glaucoma) rispetto alle potenzialità che questa famiglia di farmaci potrebbe manifestare. In particolare, il trattamento del morbo di Alzheimer con gli agonisti muscarinici testati fino ad ora non ha prodotto i risultati sperati.

I derivati di LAC si inseriscono a pieno titolo nel vasto panorama delle molecole sviluppate come possibili agonisti muscarinici perché possiedono caratteristiche strutturali uniche. Per questo motivo abbiamo indirizzato gli sforzi della ricerca verso lo sviluppo di sostanze con potenziale attività muscarinica. La collaborazione è indispensabile negli studi complessi, per cui è stata attivata una convenzione con l'Università di Trento per la sintesi dei derivati di LAC a struttura tipo-muscarina. Il primo passo è stato quello di selezionare, fra i tanti composti possibili, quelli promettenti ed in questo siamo stati guidati da esperti nel settore degli agonisti muscarinici. Dopo numerosi tentativi infruttuosi, i

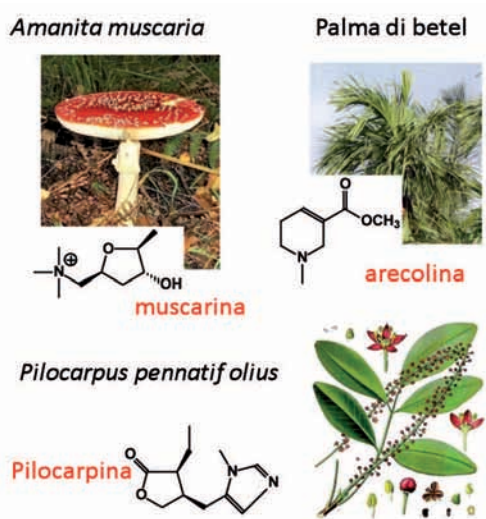


Figura 4. Agonisti muscarinici di origine naturale. La pilocarpina si usa nel trattamento del glaucoma. Notare la somiglianza fra la struttura della muscarina e quella del derivato di LAC 1 di Figura 1. Fonte delle immagini: it.wikipedia.org

composti desiderati, che erano solo strutture molecolari disegnate su un foglio di carta, sono stati finalmente sintetizzati in laboratorio. La struttura di uno di questi è mostrata nella Figura 1. Il passo successivo sarà quello di produrre quantitativi di ciascuna sostanza sufficienti per effettuare i saggi biologici di screening. A tal fine sono stati previsti esperimenti di binding con un agonista e un antagonista marcati con trizio per la determinazione dell'efficacia dei composti sintetizzati e decidere se esistono le condizioni per continuare la ricerca con esperimenti su tessuti biologici ed organi.

Derivati peptidomimetici

Tornando ai nostri funghi velenosi, sottolineiamo che più che per la muscaria (il nome si deve all'attività moschicida), il genere *Amanita* è più tristemente famoso per le specie falloide, verna e virosa. Infatti, questi funghi sono i responsabili principali delle morti per intossicazione da funghi. Le tossine di queste specie, le amanitine, appartengono ad una vasta famiglia di composti chiamati peptidi. I peptidi sono costituiti da due o più amminoacidi legati fra di loro e non sono prodotti solo dai funghi, ma da tutti gli organismi viventi per svolgere una molteplicità di funzioni fisiologiche. Fra i tanti esempi, citiamo i neurotrasmettitori endorfina ed encefalina, gli ormoni somatotropina ed ossitocina. Per le

loro molteplici proprietà biologiche, i peptidi prodotti in natura posseggono una notevole valenza farmacologica e vengono utilizzati come antibiotici (vancomicina), immunodepressori (ciclosporina), ormoni (insulina). A fronte del loro potenziale farmacologico, l'applicazione clinica dei peptidi naturali è ostacolata da una serie di fattori, come l'instabilità nell'ambiente fisiologico. Per aggirare questi ostacoli, la ricerca scientifica produce composti con una struttura simile a quella del peptide naturale, per non perdere l'impronta della funzione biologica, ma modificandola in modo tale da migliorarne le qualità richieste (es. stabilità). Questi composti sono chiamati peptidomimetici. Esistono diversi metodi per ottenere composti peptidomimetici, fra cui quello di sostituire uno amminoacido naturale del peptide con un amminoacido artificiale. L'ingegno umano si è sbizzarrito a trovare strutture nuove che non si trovano in natura, così che la famiglia dei peptidomimetici è molto numerosa. Anche in questo caso, come in quello della muscarina, da LAC si possono ottenere amminoacidi con una struttura insolita ed idonea per costruire nuovi composti peptidomimetici. Il primo amminoacido da LAC è stato ottenuto con successo con una serie di sei passaggi nell'ambito della convenzione con l'Università di Trento (Figura 1) e verrà utilizzato nella sintesi di composti peptidomimetici con attività biologica.

Formazione

L'attività formativa di giovani laureati in Scienze Ambientali di Ravenna ha rappresentato un aspetto importante del progetto. Danilo Malferrari, attualmente dottorando di ricerca in Scienze Ambientali, ha fornito un contributo fondamentale al progetto usufruendo di un contratto di collaborazione alla ricerca. L'attività sulla pirolisi catalitica di carboidrati e la sintesi di catalizzatori è stata svolta anche da Cristian Torri, dottorando di Scienze Ambientali.

Collaborazioni

Questa ricerca è stata svolta in collaborazione con il gruppo di ricerca di Ines Mancini del Laboratorio di Chimica Bioorganica dell'Università di Trento, cui ha partecipato Andrea Defant. Oltre al laboratorio di chimica analitica, altri gruppi di ricerca del CIRSA di Ravenna hanno contribuito al progetto, fra cui il gruppo di chimica organica e il LEBSC. I primi poliesteri utilizzando LAC come monomero sono stati sintetizzati presso l'Institute of Polymer Chemistry della Polish Academy of Science. Per quanto riguarda la pirolisi della biomassa per fini energetici, il CIRSA partecipa insieme ad altri Dipartimenti al Progetto Strategico dell'Università di Bologna dal titolo "Agro Pyro Energy Farm: pirolisi di biomassa e upgrading della frazione liquida per la produzione di combustibili."

Produzione scientifica

- 1) C.Torri, I.G.Lesci, D.Fabbri. Analytical study on the production of a hydroxylactone from catalytic pyrolysis of carbohydrates with nanopowder aluminium titanate. *J.Anal.Appl.Pyrolysis* 84 (2009) 25-30.
- 2) C.Torri, I.Giorgio Lesci, Daniele Fabbri Analytical study on the pyrolytic behaviour of cellulose in the presence of MCM-41 mesoporous materials. *J.Anal.Appl.Pyrolysis* 85 (2009) 192-196.
- 3) D.Malferrari, A.Defant, D.Fabbri, I.Mancini, C.Torri. A novel chiral synthone from biomass. Production of an anhydro isosaccharino- δ -lactone from catalytic pyrolysis of cellulose and its application to the synthesis of bio-mimetic molecules. 8th Green Chemistry Conference, Sept 9-11, Zaragoza, Book of Abstracts, pag.181-182.

Informazioni

Altre informazioni sulla pirolisi e maggiori dettagli sul progetto di ricerca si trovano nel sito web del CIRSA: www.poloravenna.unibo.it.

IV Intervento

I BIOSENSORI NELLA FILIERA VITIVINICOLA

I BIOSENSORI nella filiera vitivinicola

Marco Simoni

ASTRA Innovazione e Sviluppo, via Tebano 45, 48018 Faenza (RA)

E-mail: Marco.Simoni@astrainnovazione.it

Alice Dall'Ara

ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile)

MATING CR Faenza, via Ravegnana 186, 48018 Faenza (RA)

E-mail: alice.dallara@enea.it

La valutazione dell'utilizzo di biosensori per la determinazione di parametri analitici di interesse per il controllo della qualità dei vini è stato oggetto di un progetto di ricerca sviluppato nel periodo 2007-2009. Tale progetto è stato realizzato con finanziamento da parte della Regione Emilia Romagna (L.R. 28/98) e con contributo dalla Provincia di Ravenna (Servizio Ricerca e Innovazione).

Il progetto ha coinvolto i seguenti partner:

- ASTRA - Innovazione e Sviluppo - Faenza
- ENEA MATING - CR Faenza
- ENEA PROTCHIM, CR Casaccia Roma
- Università di Tor Vergata, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche - Roma
- CRIVE Centro ricerche viticole ed enologiche - Università di Bologna
- Provincia di Ravenna

Interesse sulla tematica è stato manifestato anche da parte di Aziende presenti sul territorio.

ASTRA, società nella quale sono presenti grosse realtà regionali della filiera vitivinicola, ha un ruolo di qualificato supporto tecnico alla ricerca, nonché di collegamento con la produzione vitivinicola regionale, per la validazione e per il trasferimento dell'innovazione.

La validità della ricerca è stata garantita dai partner scientifici indicati (ENEA, Università di Tor Vergata, CRIVE), individuati come i più qualificati interlocutori nelle specifiche aree di intervento: ENEA e Università di Tor Vergata per lo sviluppo biosensori, CRIVE per chimica e tecnologia enologica.

La provincia di Ravenna, interessata allo sviluppo della capacità imprenditoriale nel settore vitivinicolo nel proprio territorio, valuta con interesse le sinergie tra il centro tecno-

logico di Tebano-Faenza (di cui ASTRA è parte) ed altri enti e strutture di ricerca di livello nazionale, nonché il rapporto con imprese che intendono sviluppare il settore Hi-tech.

Il progetto

Le considerazioni che hanno portato alla proposta e realizzazione del progetto sono le seguenti :

- *Il controllo del processo produttivo viene sempre più valutato con importanza e interesse.*
- *Sono stati sviluppati negli ultimi anni studi su dispositivi analitici innovativi (biosensori) caratterizzati da elevata precisione, semplicità di uso e costi contenuti*

Il progetto è stato sviluppato sul seguente obiettivo

- *Fornire ai produttori uno strumento innovativo di controllo semplice, oggettivo e veloce, per pilotare i processi al fine del miglioramento qualitativo complessivo (organolettico e nutrizionale)*

Il progetto si poneva la finalità di introdurre innovazione nella filiera vitivinicola, per qualificare la produzione vinicola regionale mediante strumenti innovativi per il controllo del processo e per la valutazione delle proprietà nutraceutiche del prodotto al consumo. L'obiettivo è quindi la realizzazione di dispositivi innovativi (biosensori) caratterizzati da elevata precisione, semplicità di uso e costi contenuti, che possano coadiuvare, in tempo reale, il controllo del processo di vinificazione in tutte le sue varie fasi (dal controllo in campo per la definizione della giusta epoca di raccolta al prodotto finito).

I biosensori

I biosensori rappresentano una nuova classe di strumenti poco costosi e portatili, che permettono di realizzare misure analitiche sofisticate e affidabili anche in luoghi decentrati.

I biosensori rappresentano una nuova classe di strumenti:

- poco costosi
- portatili
- permettono di realizzare misure analitiche sofisticate e affidabili anche in luoghi decentrati.
- senza uso di reagenti
- specifici
- con alta sensibilità, che permette di rilevare anche basse concentrazioni

I biosensori sono sistemi biochimico-fisici costituiti da mediatori biologici, anche viventi, immobilizzati secondo particolari schemi operativi ed accoppiati a idonei trasduttori di segnale capaci di registrare, selettivamente e reversibilmente, la concentrazione o l'attività di analiti diversi presenti nel campione.

Il loro funzionamento si basa fondamentalmente sulla biotrasformazione specifica di substrati che, attraverso reazioni ossido-riduttive, determinano un flusso di elettroni rilevabile mediante un apposito trasduttore di tipo elettrochimico. La risposta del trasduttore viene convertita in un segnale elettronico che è proporzionale alla concentrazione del substrato. Per la costruzione del biosensore possono essere utilizzati diversi tipi di sistemi biologici, quali enzimi, microrganismi, recettori cellulari, immunoproteine, acidi nucleici.

Rispetto ai metodi di analisi classici, i biosensori offrono una serie di vantaggi. Grazie alla loro specificità, rendono superfluo l'utilizzo di reagenti. Di conseguenza l'analisi richiede poco tempo, è più affidabile e più economica. In molti casi l'alta sensibilità permette di rilevare anche basse concentrazioni di una sostanza. Con attrezzature adeguate è possibile sviluppare una gamma di biosensori diversi, come per esempio un formato tascabile da utilizzarsi a casa o all'aperto, biosensori con testa di misura "usa e getta", biosensori a rapida risposta che rispondendo dopo 10-30 secondi, consentono un monitoraggio quasi continuo oppure, mediante collegamento con opportuni sistemi di campionamento, rendono possibile processare centinaia di campioni all'ora a costi molto contenuti.

Nel campo enologico numerosi sono i parametri per i quali è possibile sviluppare sensori, quali gli zuccheri, l'etanolo, i polifenoli, gli acidi malico e lattico, i solfiti. Immunosensori per diverse tossine alimentari possono essere realizzati disponendo dell'adattato anticorpo.

L'opportunità nel campo enologico è quella di realizzare dispositivi usa e getta per la valutazione della qualità dell'uva (maturazione, grado zuccherino, attività antiossidante, assenza di microinquinanti come metalli pesanti, erbicidi e pesticidi), e per il controllo del processo produttivo.

Sviluppo del progetto

Sono state individuate le seguenti aree di studio:

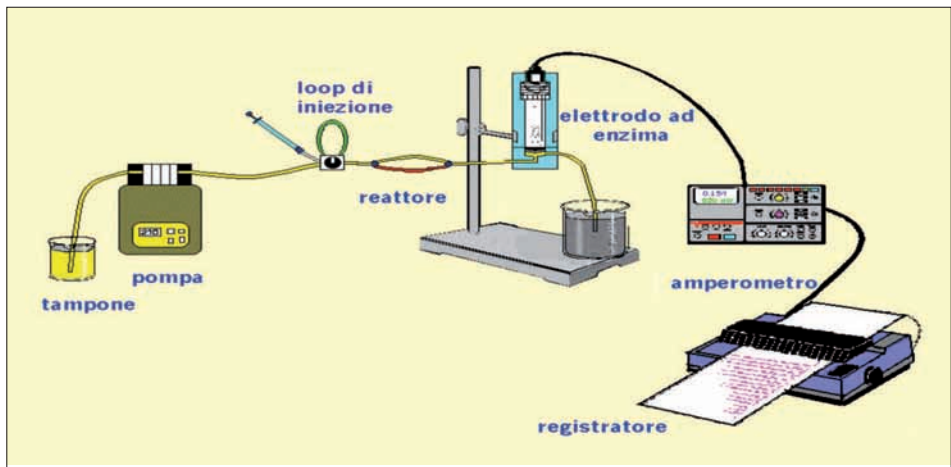
- Determinazione di parametri analitici di caratterizzazione dei processi di fermentazione: glucosio, etanolo, acido malico, acido lattico
- Determinazione di parametri di qualità nutraceutica: polifenoli, potere antiossidante
- Determinazione di parametri igienico sanitari: ocratossina

Si è quindi valutato su quali di questi parametri fosse più agevolmente perseguibile la predisposizione di sensori usa e getta che, associata allo sviluppo della adeguata strumentazione elettronica, portasse allo predisposizione di un biosensore sperimentale in tempi sufficientemente brevi.

Nella prima fase sono stati predisposti i sensori per la determinazione di alcuni parametri

ed è stato approntato un sistema con cella a flusso per le analisi. Le verifiche dei dati rilevati sono state poste a confronto con dati rilevati con metodiche analitiche tradizionali. La strumentazione approntata è stata poi verificata in cantina sperimentale, ed a tal fine ricercatori dell'Università di Tor Vergata sono stati presenti nel corso di più vendemmie presso la cantina di ASTRA per effettuare analisi in contemporanea su campioni di mosto e vino appositamente predisposti.

Schema del sistema FIA (Flow Injection Analysis)

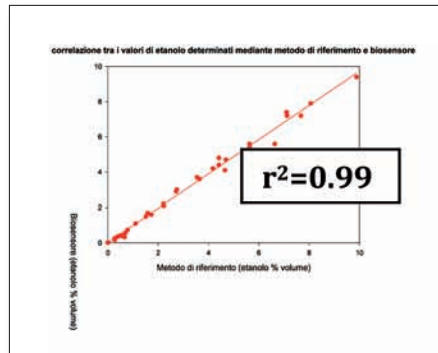


I primi parametri considerati sono stati **glucosio** ed **etanolo**



elettrodo convenzionale sensibile all' H_2O_2
 (elettrodo di Pt polarizzato a + 650 mV vs Ag/AgCl)
 inseriti in un sistema a flusso FIA (Flow Injection Analysis)

Le correlazioni tra i valori rilevati con metodica tradizionale e con biosensori possono essere considerate decisamente interessanti, e verificate su tutto l'ampio range di valori che possono essere ritrovati nel mosto/vino. Si riporta ad esempio la correlazione rilevata per i valori di etanolo.



Verifiche sono state effettuate anche rispetto alla determinazione di polifenoli e/o potere antiossidante. Meno precisa appare la correlazione rispetto alla valutazione di tali parametri.

Un problema rilevato riguarda l'interferenza di elevati tenori di SO₂ libera con la funzionalità degli enzimi ossidasi.

Si sta ora procedendo con approfondimenti per la definizione di reazioni enzimatiche per la determinazione di ulteriori parametri, mentre parallelamente si procede nella messa a punto di un biosensore elettrochimico 'usa e getta', sviluppandolo in fase iniziale per la misura di glucosio.

Sono stati inoltre approfonditi gli aspetti relativi all'effetto matrice (quindi alla diluizione minima richiesta) e alla stabilità del biosensore (può mantenersi stabile per circa 1 anno in idonee condizioni di conservazione).

Conclusioni

Nel corso del progetto sono stati raggiunti interessanti risultati.

- Si è verificata positivamente la possibilità di applicare metodologie di analisi mediante biosensori a parametri compositivi di mosti e vini.
- Si è rilevata buona correlazione tra i valori rilevati con biosensori e valori rilevati con metodologie analitiche tradizionali di riferimento.
- Si è realizzato un dispositivo di misura mediante biosensore completo per la determina-

- zione del glucosio in mosto e vino.
- Il dispositivo di misura proposto, rappresenta un sistema modello per lo sviluppo di ulteriori biosensori da poter impiegare per la misura di altri analiti d'interesse enologico.
 - Lo strumento si presenta semplice e veloce, come da obiettivi prefissi.

Sviluppi

Si intende ora procedere ulteriormente con gli studi per completare le conoscenze necessarie per giungere alla realizzazione industriale di un dispositivo di misura commercializzabile.

Si individuano le seguenti linee di approfondimento.

Fornire alle cantine un sistema completo di determinazioni

Per la gestione dei processi di cantina è utile la conoscenza di vari parametri. Si rende quindi necessario implementare altre determinazioni, quali, ad esempio, completare il dato del contenuto in zuccheri fornendo non solo glucosio ma anche fruttosio, o determinare la frazione azotata ecc. Per alcuni di questi parametri la determinazione si presenta più problematica (ad es necessità di doppia reazione enzimatica).

Possibilità di applicare le stesse determinazioni ad altre filiere

Alcuni composti (zuccheri, acidi ...) sono comuni a diversi prodotti vegetali.

La determinazione mediante biosensori potrebbe presentarsi utile per la valutazione della qualità di succhi e conserve.

Individuazione e messa a punto di un sistema di diluizione

Le misure non possono essere realizzate sulla matrice tal quale, ma occorre inserire un sistema di diluizione, con rapporti di diluizione variabili (da 200 a 1000).

Un dispositivo di diluizione automatizzata consentirebbe di semplificare le attività dell'operatore.

La presenza di un dispositivo automatizzato di diluizione si rende necessario anche nell'ipotesi di sviluppare il biosensore per controlli in linea dei processi di vinificazione, con dispositivo di misura applicato direttamente sugli impianti, completato da un sistema di campionamento rappresentativo nella massa in corso di lavorazione.

V Intervento

IN ALTERNATIVA
SCELTE DI QUOTIDIANITÀ SOSTENIBILE
SUL TEMA EDILIZIA SOSTENIBILE

In Alternativa - Scelte di quotidianità sostenibile sul tema edilizia sostenibile

Daniela Poggiali

Comune di Cervia, Politiche Educative, Corso Mazzini 37, Cervia (RA)

E-mail: poggialid@comune.cervia.it

Introduzione

Il progetto "In Alternativa – Scelte di quotidianità sostenibile" avviato lo scorso anno con un'importante campagna di sensibilizzazione sui temi del risparmio energetico e delle buone pratiche quotidiane, nasce dalla volontà di promuovere conoscenze, valori e comportamenti sostenibili nei confronti dell'ambiente. Il successo ottenuto e la volontà di dare continuità al percorso, hanno portato alla nascita della seconda edizione del progetto, dal titolo "**In Alternativa 2 – Nuove scelte di quotidianità sostenibile per Nuovi territori**", dedicata in modo specifico al tema dell'edilizia sostenibile e del risparmio delle risorse. Il progetto ha mantenuto alcuni fattori vincenti sperimentati nel corso del primo anno, quali il coinvolgimento dei CEA (Centri di educazione ambientale), il dialogo aperto con le aziende sostenibili del territorio e il modello educativo "*young to young*", ai quali si sono affiancati elementi nuovi che hanno conferito al progetto un valore aggiunto, in virtù di una continuità che è fondamentale nei processi di sensibilizzazione e informazione.

Il progetto si inserisce a pieno titolo tra le iniziative promosse dai Comitati Internazionali UNESCO IUS per il 2008, "Anno Internazionale del Pianeta Terra", concentrate in particolare su due grandi temi:

- promuovere attività culturali - educative di divulgazione sociale e di dialogo con i media, sui rischi naturali e sui pericoli di uno sfruttamento non sostenibile delle risorse;
- promuovere iniziative volte al potenziamento della ricerca scientifica su nuove tecnologie, alternative e soft, di sfruttamento energetico.

Il progetto

"In Alternativa 2 – Nuove scelte di quotidianità sostenibile per Nuovi territori", rappresenta il seguito di un'importante campagna di sensibilizzazione sul territorio legata ai temi del **risparmio energetico** e delle **buone pratiche quotidiane** condotta lo scorso anno grazie alla prima edizione del progetto. Forti dell'esperienza passata, i CEA sono rimasti uniti in una rete di conoscenza, divulgazione e promozione di sostenibilità, con l'impegno per il 2008 di implementare il progetto grazie a:

- un **tema specifico nuovo**, la bioedilizia e la casa ecologica, per fornire ai cittadini importanti informazioni da tradurre in buone pratiche quotidiane;
- un **ambito territoriale più ampio**, quello dell'imolese (Bo), grazie all'inserimento nella rete di un nuovo CEA, il Geolab
- **nuovi attori**, grazie alla partecipazione di numerose strutture museali che si occupano di educazione alla sostenibilità

Il progetto, realizzato grazie al contributo della Regione Emilia - Romagna, attraverso il bando Infea CEA, e della Provincia di Ravenna, ha visto coinvolti diversi Centri di Educazione Ambientale (CEA) operanti sul territorio: il Labter del Comune di Cervia, in qualità di capofila, il CEA Fondazione CerviaAmbiente, il CEA Casa Monti del Comune di Alfonsine, il CEA 21 Faenza, il CEA Museo delle Valli di Argenta e il CEA Geol@b di Imola. Hanno inoltre partecipato alla sua realizzazione l'Università di Bologna - ASSA (Associazione Studenti di Scienze Ambientali), la Rocca di Riolo – Museo del Paesaggio dell'Appennino faentino, IDRO – Ecomuseo delle Acque di Ridracoli ed il Museo NatuRA di S. Alberto.

Le finalità

Le principali **finalità** del progetto sono:

- dare continuità a un percorso sperimentato negli anni scorsi e , nel contempo, mirare a un obiettivo di verifica delle azioni di sensibilizzazione svolte
- allargare la RETE territoriale, attraverso il coinvolgimento di due province e di numerosi CEA presenti sul territorio
- coinvolgere un ampio target di destinatari, dagli studenti ai cittadini, creando una rete con gli operatori del settore: educatori ambientali, studiosi, enti pubblici e aziende ecosostenibili
- promuovere conoscenze, valori e comportamenti sostenibili nei confronti dell'ambiente
- favorire l'uso di metodologie innovative nei processi di sensibilizzazione pubblica (cortometraggio)
- promuovere l'attuazione di scelte quotidiane alternative, in particolare nell'ottica di bioedilizia e della casa ecologica
- estendere a livello regionale una buona pratica già realizzata con successo a livello locale, quella dell'insegnamento young to young (dal progetto SEM 2006).

Le azioni

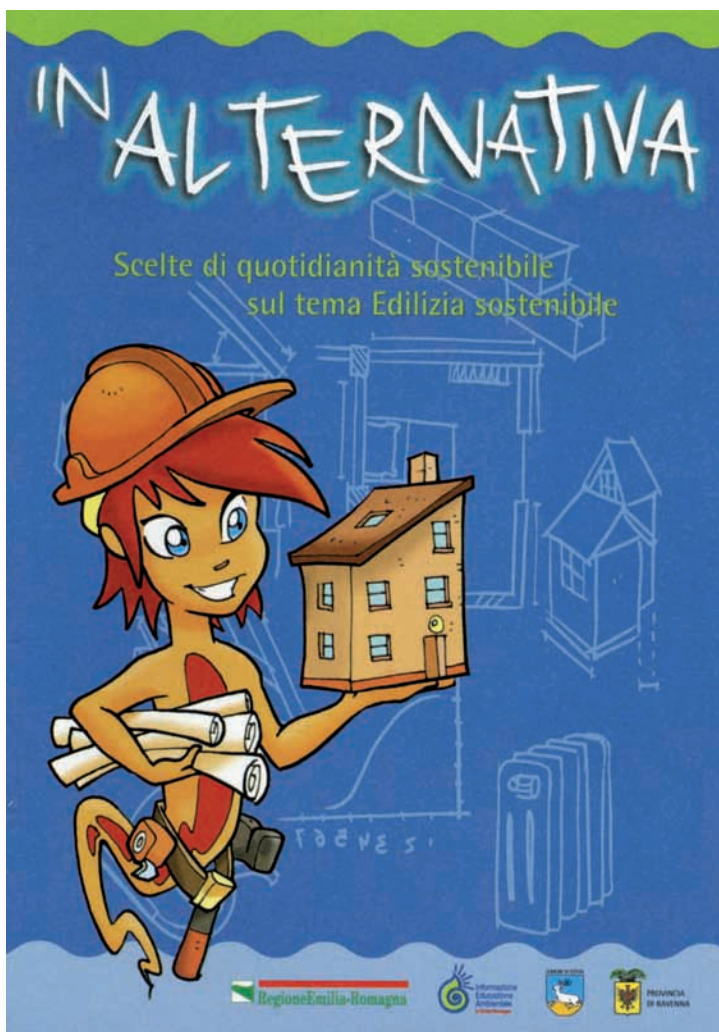
Azione 1 – La sensibilizzazione dei cittadini

Come già lo scorso anno, la prima azione del progetto è stata incentrata su una campagna di comunicazione e di sensibilizzazione rivolta ai cittadini della Provincia di Ravenna, del Comune di Imola e del Comune di Argenta, dedicata nello specifico alle scelte di quotidianità sostenibile sul tema dell'energia e dell'edilizia sostenibile. La campagna di comunicazione prevedeva:

zione del progetto, una introduzione ai principi dell' edilizia sostenibile da parte di architetti del settore e la presentazione di esperti e tecnici del territorio che potessero fornire notizie pratiche per migliorare l'efficienza ecologica all'interno delle abitazioni. Per promuovere gli incontri, informare e coinvolgere la cittadinanza sono stati realizzati un poster e un flyer informativo distribuiti nei territori di competenza dei CEA (Comune di Cervia, Comune di Ravenna, Comune di Faenza e Comune di Argenta) e presso i luoghi di maggior afflusso di pubblico. Sono stati inoltre realizzati spot radiofonici e articoli sui principali quotidiani dei comuni coinvolti.



- **Realizzazione di un Vademecum sul tema dell'Architettura Sostenibile** nel quale i cittadini hanno trovato informazioni utili per compiere scelte di vita consapevoli nel campo dell'edilizia sostenibile risparmiando denaro e al tempo stesso proteggendo l'ambiente. Per la realizzazione si è scelto di trattare nel dettaglio le caratteristiche, le metodologie e le tecnologie a disposizione per la costruzione di edifici ad alte prestazioni energetiche. Il vademecum analizza inizialmente i principi di base dell'edilizia sostenibile (orientamento edificio, forma, tecnologie, coibentazione, ecc.), offrendo anche una breve analisi storica delle tecniche architettoniche. Nella seconda parte affronta gli argomenti legati alla certificazione energetica degli edifici, analizzandone contenuti, disposizioni, normative ed agevolazioni fiscali ed economiche. Il manuale, realizzato in carta riciclata, è stato distribuito durante gli incontri nei CEA e durante gli altri eventi legati al progetto.



- **Creazione di un database** di aziende, professionisti, studi di consulenza e attività commerciali che operano nel settore dell'architettura sostenibile e dell'innovazione tecnologica con soluzioni alternative e d'avanguardia, appartenenti alla Provincia di Ravenna, Comune di Argenta e comuni limitrofi.
L'elenco è stato inserito all'interno del vademecum in modo da poter fornire ai cittadini indicazioni e riferimenti utili sul territorio e i contatti utilizzati per tutte le iniziative del progetto (serate, eventi, documentario).

- **Realizzazione di un Video-Documentario** dal titolo *“In Alternativa: scelte quotidiane di sostenibilità energetica”* dedicato alle buone pratiche quotidiane e al risparmio energetico, volto a mettere in risalto come le azioni quotidiane possano influenzare l'impatto di ognuno sull'ambiente. Il soggetto è stato sviluppato e modellato nella sua sceneggiatura dall'ASSA dell'Università di Ravenna con il contributo di Daniele Di Domenico (Studio Kàiros), che ne ha curato anche la regia. Il video è stato proiettato durante gli incontri organizzati per i cittadini e nelle classi che hanno partecipato al modulo sul risparmio energetico.

Azione 2 – Educazione alla sostenibilità per le scuole

Questa edizione di *“In Alternativa”* ha sviluppato due distinti percorsi didattici che si sono svolti nelle scuole primarie e secondarie di primo grado dei Comuni partecipanti al progetto.

Percorso A:

Nelle scuole dei nuovi Comuni aderenti al progetto (Comuni di Riolo Terme, Casola Valsenio, Brisighella e comprensorio Imolese), è stato svolto un ciclo d'incontri, articolato in due incontri da due ore per classe, **sulle fonti di energia rinnovabili e sul risparmio energetico**, già sviluppati e realizzati nella passata edizione.

I contenuti degli incontri hanno affrontato le tematiche inerenti la produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili e non rinnovabili, pro e contro delle fonti energetiche, inquinamento locale e globale, effetto serra, cambiamenti climatici, risparmio energetico ed efficienza energetica. Gli incontri sono stati condotti utilizzando l'innovativa metodologia *young to young*, sperimentata nel progetto *“FRED - Energia Da Fonti Rinnovabili”*, e utilizzata già lo scorso anno nel progetto *“In Alternativa”*.

Il percorso prevedeva come propedeutico un **corso di Formazione** per i docenti degli Istituti Scolastici dei nuovi Comuni coinvolti nel progetto (Casola Valsenio, Riolo Terme e Brisighella). Il corso di formazione, composto da due incontri, della durata di 4 ore l'uno, ha seguito la medesima metodologia sviluppata e sperimentata nella passata edizione. In aggiunta, durante lo svolgimento del corso, ci si è avvalsi anche della presentazione e dimostrazione dei materiali di supporto e degli esperimenti che sono stati utilizzati lo scorso anno nei percorsi didattici con le scuole.

Gli incontri, dedicati alla tematica delle energie alternative, sono stati condotti dagli studenti di Scienze Ambientali dell'Università di Bologna, sede di Ravenna.

Percorso B:

Nelle Scuole dei Comuni già aderenti alla passata edizione di *“In Alternativa”* (Scuole primarie e Secondarie di I grado di Sant'Alberto, Milano Marittima, Cervia, Castiglione di Ravenna, Alfonsine) è stato progettato e realizzato un percorso didattico dedicato all'etichettatura **energetica dell'edificio scolastico**. L'“etichetta” riporta

la performance energetica dell'edificio in relazione agli standard europei, questa azione, tratta dal progetto INFEA Centri 2006 "SinErgica-Mente" realizzato dai CEA di Rimini, risponde alla finalità del bando di **estendere a livello regionale una buona pratica già realizzata con successo a livello locale.**



La certificazione energetica degli edifici scolastici è stata effettuata con il contributo degli operatori dei CEA, dei docenti e degli studenti delle scuole coinvolte, analizzando i dati relativi ai consumi energetici delle scuole (nel dettaglio: consumi combustibile, consumi energia elettrica, indicazioni di massima su volumetrie e superfici edifici, installazione di tecnologie di produzione di energia da fonti rinnovabili, ecc.) ed elaborandoli con i dati raccolti durante i sopralluoghi effettuati negli edifici scolastici, al fine di valutare direttamente le caratteristiche strutturali dell'edificio e individuarne i punti critici e quelli favorevoli.

Nel corso del percorso didattico specifico sulla certificazione energetica si è cercato, inoltre, di creare una maggior "consapevolezza" sia negli studenti sia negli insegnanti e nel personale non docente sulle metodologie finalizzate al risparmio energetico (spegnere la luce, arieggiare con criterio, regolare i termostati ecc.), individuando i possibili interventi e i consigli pratici, da indicare poi alle amministrazioni al fine migliorare la classificazione energetica del loro edificio. Il risultato finale del processo ha portato alla

redazione per ciascun edificio scolastico di un poster con i dati di consumo e la conseguente classificazione energetica.

I risultati

Le attività di sensibilizzazione e di formazione rivolte ai cittadini e alle scuole, condotte nell'ambito della seconda edizione del progetto "In Alternativa", hanno contribuito ad avvicinare i cittadini ai temi del risparmio energetico e della sostenibilità ambientale, favorendo l'adozione delle cosiddette buone pratiche o "best practices". Il Servizio Ricerca della Provincia di Ravenna ha inteso rafforzare ulteriormente tali iniziative attraverso una convenzione con il Comune di Cervia - CEA LabTer, al fine di portare nell'arco di tre anni tali pratiche in tutte le scuole della provincia.




Coordinamento

In Alternativa è coordinato dalla Cooperativa Atlantide di Cervia, ente gestore del CEA LabTer del Comune, e vede la partecipazione dei CEA di Faenza, Alfonsine, Argenta e Imola, dell'Associazione degli Studenti di Scienze Ambientali dell'Università di Bologna – sede di Ravenna, e della Provincia di Ravenna.

VI Intervento

SPINNER 2013: PROGRAMMA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA NATO PER PREPARARE I GIOVANI NEGLI AMBITI DELLA RICERCA E DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA E PER COSTRUIRE UNA COMUNITÀ CAPACE DI METTERE LA PERSONA AL CENTRO DEI PROCESSI DI INNOVAZIONE PER IL FUTURO SVILUPPO DELLA SOCIETÀ E DELL'ECONOMIA DELLA CONOSCENZA



SPINNER 2013 - programma della Regione Emilia-Romagna dedicato alla qualificazione delle risorse umane negli ambiti della ricerca e dell'innovazione tecnologica per costruire una comunità capace di mettere la persona al centro dei processi di innovazione per il futuro sviluppo della società e dell'economia della conoscenza

Angelica Monaco, Responsabile Spinner Point Area Romagna

Claudio Bonfè, Coordinatore Spinner Point Area Romagna

Eleonora Sette, Junior Spinner Point Ravenna

Spinner Point Area Romagna- Sede di Ravenna

Polo Scientifico Didattico di Ravenna

Via Baccarini, 27 - 48100 Ravenna

Tel. +39 0544 936 205 ; Fax +39 0544 936 264

e-mail: spinner.ro@spinner.it

www.spinner.it

Spinner 2013 rappresenta un punto di riferimento per persone interessate a sviluppare progetti in collaborazione con università, centri di ricerca e imprese, nelle seguenti aree:

- Nuova imprenditorialità innovativa
- Ricerca industriale e trasferimento tecnologico
- Innovazione organizzativa, manageriale e finanziaria
- Riprogrammazione professionale attraverso Progetti di Innovazione in Impresa
- Qualificazione del capitale umano attraverso la partecipazione al Master Inter-universitario di II livello
- Donne, tecnologia e innovazione
- Mobilità internazionale

Spinner 2013 propone un sistema integrato di:

- Agevolazioni finanziarie - borse di ricerca e incentivi economici
- Assistenza nella fase di messa a punto dell'idea progettuale
- Tutoraggio e assistenza tecnica per lo sviluppo del progetto

- Voucher per la partecipazione al Master inter-universitario di II livello
- Percorsi di accompagnamento per la crescita delle competenze
- Servizi di consulenza ad alta specializzazione

Spinner 2013 offre inoltre la possibilità di partecipare a conferenze di livello internazionale sui temi dell'economia e della conoscenza e a seminari di cultura dell'innovazione.

Il Consorzio Spinner

Costituito nel 2000 da ASTER Scienza Tecnologia Impresa, Fondazione Alma Mater e Sviluppo Italia (ora INVITALIA Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa SpA) per l'attuazione della Sovvenzione Globale del POR FSE 2000-2006 dell'Emilia-Romagna, il Consorzio Spinner è l'Organismo Intermediario per la gestione della Sovvenzione Globale Spinner 2013 "Interventi per la qualificazione delle risorse umane nel settore della ricerca e dell'innovazione tecnologica", Asse IV "Capitale Umano" del Programma Operativo della Regione Emilia-Romagna (POR) del Fondo Sociale Europeo (FSE), Obiettivo 2 "Competitività regionale e Occupazione" 2007-2013, promosso dall'Assessorato Scuola, Formazione Professionale, Università, Lavoro, Pari Opportunità della Regione Emilia-Romagna. www.form-azione.it

Risultati della prima annualità 2008/2009

Per diffondere sul territorio le opportunità offerte da Spinner 2013 e per sensibilizzare i potenziali beneficiari sulle tematiche chiave dell'innovazione, sono state organizzati 34 eventi, tra seminari specialistici e conferenze di livello internazionale, che hanno portato ad un totale di 1800 partecipanti, mentre attraverso le attività degli sportelli della rete territoriale (Spinner Point) sono state sensibilizzate e contattate quasi 10.000 persone. Infine il sito Spinner ha registrato un totale 42.500 visite, (circa 34.000 visitatori unici assoluti).

A fronte delle attività di promozione, al 30 giugno 2009 (1° bando, 4 valutazioni) le domande individuali pervenute sono state 570; di queste 323 sono state ammesse alle agevolazioni Spinner, rispettivamente 167 per i percorsi di idee imprenditoriali innovative (45 progetti, circa 4 proponenti ammessi per ogni progetto proposto), 132 per i progetti di ricerca applicata, sviluppo pre-competitivo e trasferimento tecnologico e 24 per i percorsi di innovazione organizzativa e manageriale.

Presso il Polo Scientifico Didattico di Ravenna in via Baccarini n. 27 è operativa dal settembre 2008 una sede dello Spinner Point Area Romagna.

Al 30 giugno 2009, 27 persone domiciliate nella provincia di Ravenna hanno presentato domanda e 20 di queste sono state ammesse alle agevolazioni.

Di seguito si riporta una sintesi di alcuni progetti approvati.

Progetti di sviluppo di idee imprenditoriali innovative e/o ad alto contenuto di conoscenza

NU.M.A.: (NUove Metodologie Applicate) riguarda la creazione di una metodologia applicata ai Beni Culturali, per il rilevamento e l'edizione dei Beni Culturali, volta alla loro fruizione attraverso l'uso dei moderni metodi di comunicazione, destinata ad usi in ambito scientifico e divulgativo, per cui basato su diversi livelli di utilizzo. Il progetto è sostenuto da Fondazione Flaminia e vi prendono parte attiva il Dipartimento di Archeologia dell'Università di Bologna, sede di Ravenna e il *TEMPLA*, Centro di Ricerche Multimediali Applicate all'Archeologia.

I due beneficiari del progetto sono rispettivamente una laureata e un laureando in Conservazione dei Beni Culturali a Ravenna.

Il referente scientifico del progetto è un professore associato confermato del Dipartimento di Archeologia dell'Università di Bologna, sede di Ravenna.

3Dental Laboratory: verte sull'applicazione dello studio dell'usura dentale alla protesica odontoiatrica, prevede l'implementazione di una banca dati virtuale contenente tutte le tipologie dentali in diversi stadi d'usura, il test e il perfezionamento di una metodologia innovativa per riprodurre un'usura personalizzata sia nella ricostruzione sia nella sostituzione di un singolo dente o di un'intera arcata dentale.

Al progetto prende parte attiva il Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali dell'Università di Bologna, sede di Ravenna.

I quattro beneficiari del progetto sono rispettivamente una dottoranda in Scienze Antropologiche presso l'Università di Firenze, una laureanda in Conservazione dei Beni culturali di Ravenna, un dottorato in Biodiversità ed Evoluzione presso l'Università di Bologna e un professore della Facoltà di Conservazione dei Beni Culturali di Ravenna.

Il referente scientifico del progetto è un professore associato confermato del Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali dell'Università di Bologna, sede di Ravenna.

Progetti di ricerca applicata, sviluppo pre-competitivo e trasferimento tecnologico in collaborazione tra università, centri di ricerca, imprese ed enti

New generation of boat: Il progetto riguarda due aziende del ravennate e ha l'obiettivo di evolvere la tecnica produttiva della vetroresina nel settore nautico, da una lavorazione prevalentemente artigianale ad un processo di realizzazione più industriale e tecnico. Uno studio teorico-sperimentale permetterà di definire le condizioni più idonee.

Questo miglioramento consentirebbe sia di adeguare la produzione alle future normative europee sull'ambiente e di sicurezza sul lavoro, sia le esigenze del mercato sempre più attento agli aspetti di prestazioni e qualità.

Al progetto prende parte attiva il Laboratorio MATMEC del Dipartimento di Ingegneria

delle Costruzioni Meccaniche, Nucleari, Aeronautiche e di Metallurgia dell'Università di Bologna.

Il beneficiario è un laureando in Ingegneria aerospaziale di Forlì.

Il referente scientifico del progetto è un ricercatore confermato del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale del Politecnico di Milano.

MIDA: Manure hygienisation Developement and Application è un progetto di ingegnerizzazione di un processo di igienizzazione delle deiezioni (tecnicamente definite pollina) delle galline ovaiole, attraverso l'applicazione di nuove tecnologie biologiche (bio-trattamento). Il prodotto tecnico così ottenuto, che non è più un rifiuto ma un fertilizzante organico igienico e sicuro, sarà utilizzato in sistemi agronomici a ridotto utilizzo di acqua e fertilizzanti. Ciò permette un riequilibrio dei suoli e la riduzione di emissioni di anidride carbonica. Il progetto è sostenuto dalla Provincia di Ravenna. Al progetto prende parte attiva il Dipartimento di Sanità Pubblica Veterinaria e Patologia Animale dell'Università di Bologna.

Il beneficiario è una laureata in Medicina Veterinaria di Bologna.

Il referente scientifico del progetto è un professore ordinario del Dipartimento di Sanità Pubblica Veterinaria e Patologia Animale dell'Università di Bologna.

TT-Frigo: Lo scopo del progetto è fornire ad una azienda forlivese uno strumento simulativo in grado di prevedere la risposta di un impianto frigorifero per il raffrescamento di acqua (per scopi di condizionamento o refrigerazione, civile o industriale) al variare delle richieste dell'utenza e dei componenti dell'impianto stesso. L'approccio innovativo permette una drastica riduzione dei tempi di progetto, la sistematicizzazione di operazioni affidate alla sola sensibilità ed esperienza dei tecnici, e la possibilità di esplorare un ampio spettro di tipologie di soluzioni, altrimenti non praticabile nei normali tempi progettuali. Al progetto prende parte attiva il DIENCA, Dipartimento di Ingegneria Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale dell'Università di Bologna.

Il beneficiario è un laureato in Ingegneria Meccanica di Forlì.

Il referente scientifico del progetto è un ricercatore confermato del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica dell'Università di Bologna, sede di Forlì.

Percorsi di innovazione organizzativa e manageriale a favore di micro, piccole e medie imprese

Sustainable Solutions: Il progetto mira a creare un nuovo servizio aziendale che viene proposto con il fine di rendere più competitivo una qualsiasi tipologia di prodotto/servizio attraverso la reingegnerizzazione dello stesso al fine di migliorarne le performance di sostenibilità ambientale. Questo servizio ha un approccio integrato e consiste nell'analisi del prodotto durante tutto il suo ciclo di vita ("dalla culla alla tomba") allo scopo di individuarne le eventuali criticità per procedere poi alla sua riprogettazione e a specifiche azioni di comunicazione ambientale per concretizzare i risultati ottenuti.

Il beneficiario è un laureato in Scienze Ambientali di Ravenna.

Il referente scientifico del progetto è un professore della facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Bologna.

GREEMS: Lo scopo del progetto GREen Event Management System è di implementare e diversificare il servizio offerto da un'azienda ferrarese, denominato 'Eventi Sostenibili', al fine di realizzare la seconda versione della metodologia per valutare il grado di sostenibilità, progettare e certificare eventi a basso impatto ambientale. Lo sviluppo del GREEMS verterà sull'individuazione dei punti deboli della prima versione della metodologia, integrandoli con strumenti scientifici e standardizzati per ottenere, attraverso l'organismo indipendente Certiquality, la validazione della certificazione.

Al progetto prendono parte attiva il GRGA, Gruppo di Ricerca sulla Gestione Ambientale dell'Università di Bologna, sede di Ravenna e il CIRSA, Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali, dell'Università di Bologna, sede di Ravenna.

Il beneficiario è un laureato in Scienze Ambientali di Ravenna.

Il referente scientifico del progetto è un professore ordinario del Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna, docente presso la sede di Scienze Ambientali di Ravenna.

Biovalore: Messa a punto di un sistema di valorizzazione energetica delle biomasse vegetali di origine agricola derivanti dalle normali pratiche agricole (potatura, abbattimento/rinnovo di impianti, manutenzione verde) secondo criteri di sostenibilità economica, tecnica e ambientale a beneficio di una cooperativa agricola faentina.

Il progetto è sostenuto dalla Provincia di Ravenna.

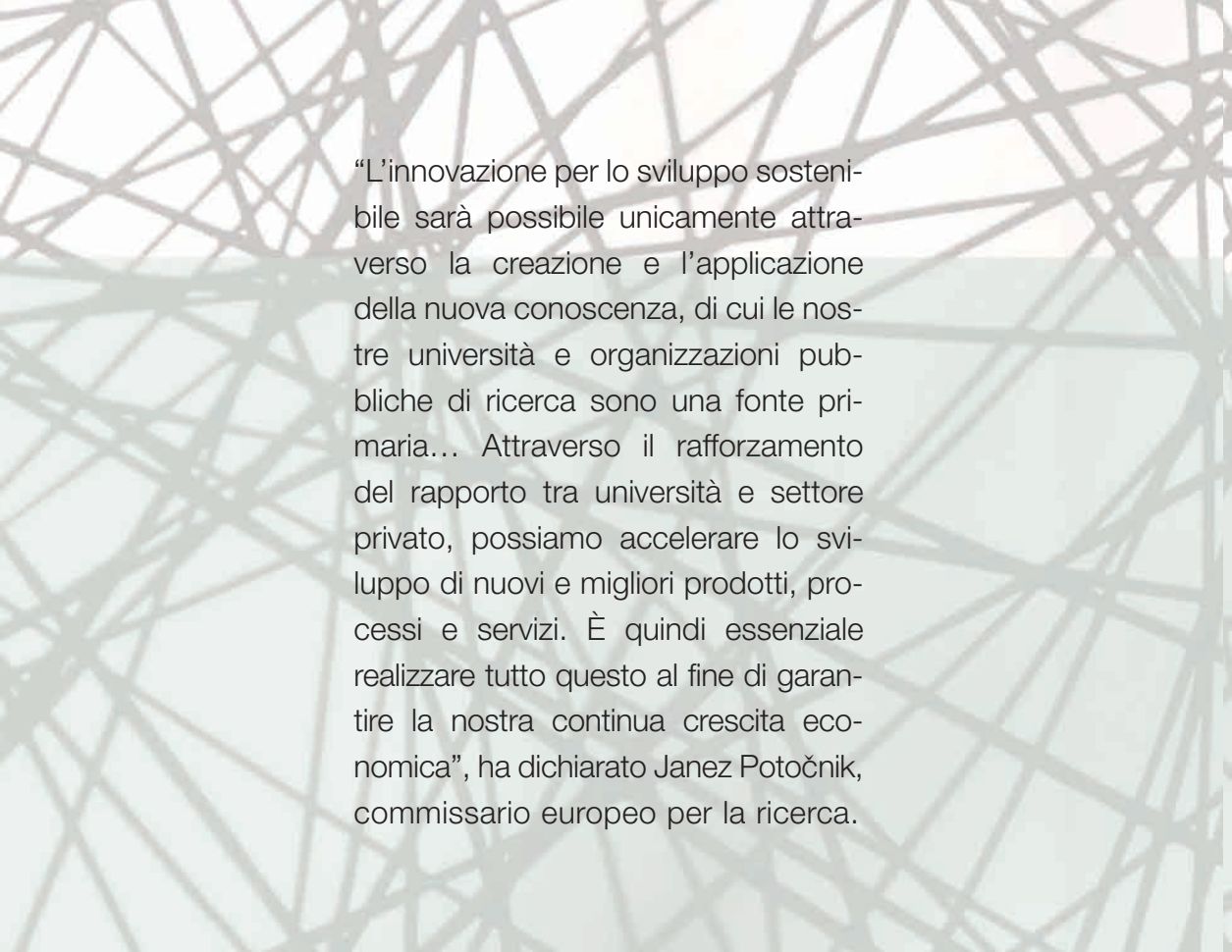
Il beneficiario è un laureato in Ingegneria Meccanica di Forlì.



Finito di stampare nel mese di dicembre 2009
dalla TipoLitografia Scaletta
Via L. Galvani, 10 - 48123 Ravenna

Copertina stampata su: Polyedra_ Cyclus_ Print gr. 250
Pagine interne stampare su: Polyedra_ Cyclus_ Print gr. 135
“Caratteristiche Ecosostenibili”





“L’innovazione per lo sviluppo sostenibile sarà possibile unicamente attraverso la creazione e l’applicazione della nuova conoscenza, di cui le nostre università e organizzazioni pubbliche di ricerca sono una fonte primaria... Attraverso il rafforzamento del rapporto tra università e settore privato, possiamo accelerare lo sviluppo di nuovi e migliori prodotti, processi e servizi. È quindi essenziale realizzare tutto questo al fine di garantire la nostra continua crescita economica”, ha dichiarato Janez Potočnik, commissario europeo per la ricerca.