

# Analisi di immagini a colori per la caratterizzazione di prodotti alimentari

## Una foto per analizzare il campione

IMMAGINI DIGITALI

COLORE NEGLI ALIMENTI

CONTROLLO QUALITA'

ANALISI DATI

Le comuni fotografie digitali a colori o le immagini (RGB) acquisite da uno scanner da scrivania possono essere elaborate al fine di estrarre "informazione" sulle caratteristiche del campione. Tali caratteristiche possono riguardare la composizione chimica del campione, qualora sia legata al suo colore, la presenza di eventuali difetti o aspetti qualitativi di varia natura.

In questo ambito sono state realizzate con successo diverse ricerche, tra cui:

- classificazione di campioni di pesto alla genovese di diverse marche
- predizione del contenuto di pigmenti in campioni di pesto alla genovese
- identificazione del difetto "cotenna rossa" in cosce suine
- identificazione della varietà e del grado di maturazione di uve lambrusco
- predizione del grado di tostatura del caffè macinato

Settori applicativi

INDUSTRIE ALIMENTARI; INDUSTRIA DELLE BEVANDE

Piattaforma

Agroalimentare

Scanner modificato per l'acquisizione di immagini di caffè



Laboratorio BIOGEST-SITEIA



Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

Contatti

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)  
Giorgia Foca, [giorgia.foca@unimore.it](mailto:giorgia.foca@unimore.it)

## DESCRIZIONE PRODOTTO

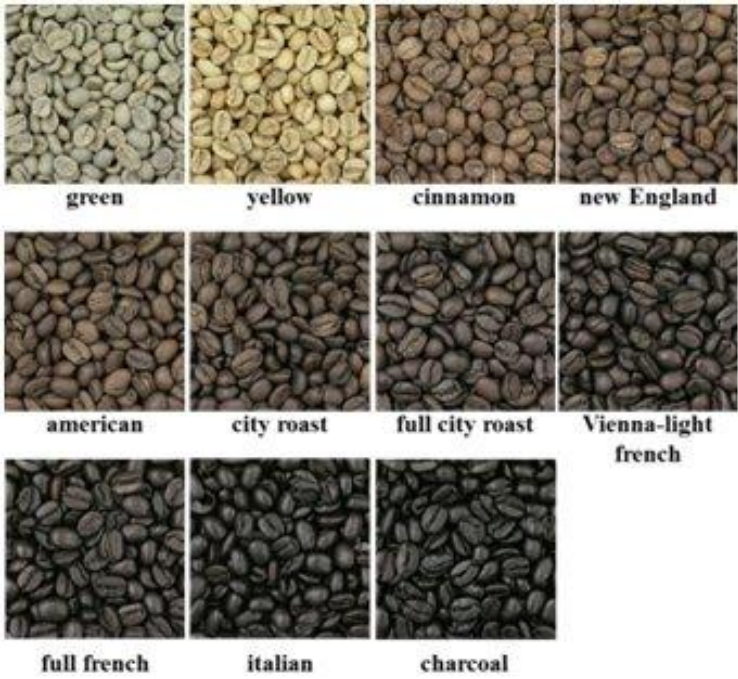
Il colore è sicuramente un attributo fondamentale del caffè perché, oltre a influenzare la scelta del consumatore, è un indicatore del processo di tostatura. I metodi di misurazione del colore impiegati nell'industria si basano generalmente sull'uso di strumenti dedicati, come i colorimetri. Tali strumenti analizzano una piccola area del campione, cosa che potrebbe portare a errori nella misurazione del colore, soprattutto nel caso di campioni disomogenei. In questa applicazione, quindi, il colore del caffè tostato è stato misurato in maniera oggettiva e riproducibile semplicemente acquisendo l'immagine del campione (corrispondente all'area di acquisizione detto scanner) attraverso uno scanner piano ed elaborando tale immagine con appositi algoritmi di calcolo.

## ASPETTI INNOVATIVI

Il metodo di elaborazione delle immagini prevede di convertire le comuni immagini RGB in segnali monodimensionali (colorigrammi) che mantengono simultaneamente l'informazione spaziale e l'informazione relativa al colore. Questo approccio consente di analizzare molte immagini in tempi ristretti richiedendo un limitato sforzo di calcolo, cosa che favorisce l'implementazione di sistemi automatizzati.

## POTENZIALI APPLICAZIONI

- Applicabile a tutti gli alimenti:
- estrazione di informazione chimica, fisica, reologica e sensoriale dalle immagini di alimenti;
  - costruzione di modelli predittivi per la differenziazione rapida dei prodotti in classi qualitative;
  - costruzione di modelli predittivi per quantificare diverse proprietà dei prodotti, inclusi i difetti;
  - possibilità di automatizzare i sistemi di controllo basati sulle immagini RGB.



Grado di tostatura del caffè

# Analisi di immagini a colori per la caratterizzazione di prodotti alimentari

## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Misurazione del grado di tostatura del caffè macinato

## DESCRIZIONE APPLICAZIONE

Ogni ricetta ha un indice di colore atteso, ovvero un valore di indice di colore che ci si aspetta per una specifica miscela di differenti caffè sottoposta ad un determinato protocollo di tostatura. La conformità alle specifiche aziendali è soddisfatta nel caso in cui il valore di indice di colore misurato sul campione dopo macinatura sia compreso nell'intervallo pari al valore dell'indice di colore atteso  $\pm 4$  unità. In questo lavoro è stato implementato un sistema di valutazione del colore che può essere utilizzato dall'azienda in un'applicazione "da banco", rapida ed economica, che non necessita di strumenti dedicati o di personale specializzato.

## PARTNER COINVOLTI

Azienda leader nella tostatura del caffè

## TEMPI DI REALIZZAZIONE

6 mesi

## RISULTATI OTTENUTI

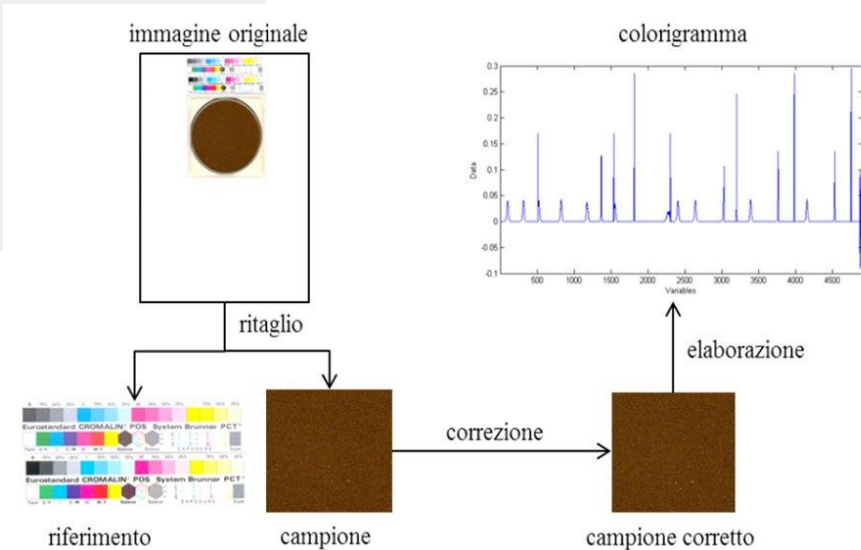
I risultati ottenuti dall'applicazione di questo approccio ai campioni di caffè macinato sono stati ottimi: l'errore commesso dal modello di calibrazione ottenuto è più basso rispetto alle tolleranze aziendali e potrebbe essere abbassato ulteriormente implementando il modello con nuovi campioni.

## VALORIZZAZIONE

Possibili sviluppi futuri di questo approccio nell'ambito del controllo qualità del caffè comprendono:

- l'estensione della sua applicazione alla valutazione di altri parametri qualitativi, come ad esempio il grado di omogeneità;
- l'archiviazione in formato elettronico delle immagini e dei risultati per la costruzione di un database di dati storici aziendali;
- la possibilità di implementare un sistema automatizzato di controllo on-line.

Acquisizione ed elaborazione delle immagini





## REFERENZE

Il gruppo di ricerca CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA collabora da oltre 10 anni con diverse aziende alimentari per lo sviluppo e la validazione di metodi rapidi e automatizzati per il monitoraggio di processo e il controllo di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.

## DESCRIZIONE LABORATORIO

Biogest Siteia è il centro di ricerca interdipartimentale per il miglioramento e la valorizzazione delle risorse biologiche agro-alimentari dell'università di Modena e Reggio Emilia. Offre alle imprese servizi di ricerca industriale e applicata nell'ambito della filiera agro-alimentare. In particolare le attività del CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA sono principalmente rivolte allo sviluppo di metodi rapidi e non distruttivi per l'analisi di alimenti. Le competenze del laboratorio riguardano:

- sviluppo e applicazione di algoritmi chemiometrici per la caratterizzazione di alimenti e materie prime
- ottimizzazione di prodotti e processi mediante tecniche di disegno sperimentale
- caratterizzazione di matrici alimentari mediante spettroscopia NIR
- elaborazione di immagini digitali per la quantificazione del colore e per l'identificazione di difetti di alimenti e materie prime
- mappatura chimica e identificazione precoce di difetti di campioni alimentari mediante immagini iperspettrali

Dipartimento di Scienze  
della Vita a Reggio Emilia



[www.biogest-siteia.unimore.it](http://www.biogest-siteia.unimore.it)

## Contatti

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)



# Biofertilizzanti innovativi per la sostenibilità del pomodoro da industria

## Biofertilizzanti ed ecosostenibilità in agricoltura

**Biofertilizzanti**

## Pomodoro da industria

**Digestato**

**Microrganismi benefici**

Biofertilizzanti innovativi da noi sviluppati nel rispetto del nuovo Regolamento Fertilizzanti sono stati testati.

Le prove sperimentali su pomodoro da industria hanno dimostrato incrementi produttivi e qualitativi del 50% in media. L'effetto è stato provato sia in regime biologico che in integrato con effetti simili nei due sistemi di coltivazione.

Nelle prove abbiamo testato digestato in fase solida o liquida, microrganismi ad effetto benefico sulla pianta (batteri e funghi micorrizici) da soli o in consorzio.

Tra i biofertilizzanti in particolare il digestato proveniente da impianti biogas ha fornito i migliori risultati permettendo la completa sostituzione della concimazione minerale "classica".

**Area di Specializzazione**

**Sistema Agroalimentare - Agricoltura sostenibile, di precisione ed integrata nella filiera**  
**Sistema Agroalimentare - Altro**

**Piattaforma e sezione catalogo**

**Agroalimentare**  
**Qualità delle materie prime**  
**Ottimizzazione e innovazione di processo/prodotto**

**Miglioramento della resa e della sostenibilità della coltura**



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro per il Miglioramento  
e la Valorizzazione delle Risorse Biologiche  
Agroalimentari - BIOGEST-SITEIA

**BIOGEST-SITEIA**

**Contatti**

Enrico Francia, [enrico.francia@unimore.it](mailto:enrico.francia@unimore.it)  
Justyna Anna Milc, [justynaanna.milc@unimore.it](mailto:justynaanna.milc@unimore.it)

# Biofertilizzanti innovativi per la sostenibilità del pomodoro da industria

## DESCRIZIONE PRODOTTO

Vista l'importanza del pomodoro da industria, e considerato che questa coltura rappresenta un pilastro strategico per il nostro Paese, numerose e continue sono le richieste di miglioramento sostenibile della produttività in campo. Infatti, innumerevoli sono gli sforzi condotti delle ditte sementiere per sviluppare e offrire genotipi sempre più competitivi e capaci di rispondere alle esigenze del mercato ed ai cambiamenti climatici così come l'ampliamento dell'offerta di interventi tecnici a supporto della nutrizione e difesa delle piante. Questo vale sia per i sistemi di coltivazione convenzionale sia per quelli a basso input, in particolare per il biologico.

Soprattutto l'aspetto climatico con l'aumento delle temperature, il cambiamento del regime delle precipitazioni e le variazioni di frequenza e intensità degli eventi estremi, sta pesantemente influenzando lo sviluppo e la produttività del pomodoro da industria.

Per rispondere a tali problematiche, occorre agire sulla combinazione di genotipi adatti alle nuove condizioni con tecniche di coltivazione ad hoc. C'è grande interesse per i prodotti che stimolano i processi nutrizionali per migliorare l'efficienza d'uso degli elementi, la tolleranza agli stress, le caratteristiche qualitative, la disponibilità nutrienti di suolo/rizosfera.

Il prodotto risponde in modo specifico a queste esigenze.

## ASPETTI INNOVATIVI

Il microbiota di pomodoro è una comunità chiusa, non tutti i microbi possono proliferare allo stesso modo sulla radice e nella rizosfera.

L'applicazione di diversi fertilizzanti azotati porta ad una regolazione fine della sua composizione così da ottimizzare la nutrizione delle piante e migliorare la produzione.

E' stato testato digestato solido (granulare o pellettato) o liquido, microrganismi (batteri e micorizze) da soli o in consorzio.

Il digestato da impianti biogas ha fornito i migliori risultati tra i biofertilizzanti permettendo la sostituzione della concimazione minerale classica.

## POTENZIALI APPLICAZIONI

Gli aspetti di stimolazione e di miglioramento della performance agronomica sono stati dimostrati sia in integrato che in biologico. Il nostro approccio può essere ampliato su scala commerciale con l'aiuto di diversi partner della filiera.

Il laboratorio è in grado di sviluppare un protocollo specifico adattabile ad altre specie agrarie.

Il servizio è rivolto alle aziende attive nel campo della nutrizione vegetale e fertilizzazione sostenibile, al settore vivaistico e produttivo per l'ottenimento di materiali vegetali inoculati.



**Biofertilizzante innovativo  
sviluppato**

# Biofertilizzanti innovativi per la sostenibilità del pomodoro da industria

## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

### Applicazione alla coltura del pomodoro da industria nel distretto Nord Italia

## DESCRIZIONE APPLICAZIONE E RISULTATI

Vista la specificità della coltura del pomodoro da industria i target di applicazione possono essere molteplici. In particolare i biofertilizzanti sono stati testati sia in ambiente controllato che in pieno campo. Nel primo caso l'obiettivo è stato quello di stimolare la crescita delle piantine di pomodoro nella fase di vivaio che normalmente interessando la germinazione e produzione di piantine che verranno vendute agli agricoltori per il trapianto in campo. Nella seconda tipologia di applicazione i biofertilizzanti innovativi sono applicati direttamente alla coltura per incrementarne la sostenibilità.

Il prodotto più interessante fra quelli sviluppati consiste in un biofertilizzante derivato da digestato solido di impianto biogas arricchito in elementi minerali e pellettato per una migliore efficacia della conservazione a magazzino e distribuzione alla coltura in campo.

Tra i risultati ottenuti, quelli più evidenti hanno consentito di migliorare la fase di produzione delle piantine in vivaio (azione brachizzante) e di incrementare la produttività quantitativa di bacche in campo (mediamente del 50%) con un'ottima tenuta della qualità del prodotto ottenuto, intesa come solidi solubili totali (grado Brix).

## PARTNER COINVOLTI

SCAM Spa, Cooperativa Agroenergetica Territoriale Sca, ISI Sementi Spa, Mutti industria conserve alimentari Spa, CREA-GB Fiorenzuola

## TEMPI DI REALIZZAZIONE

24 mesi

## LIVELLO MATURITA' TECNOLOGICA

TRL 5 - tecnologia validata in ambiente rilevante

## VALORIZZAZIONE

Avendo già convalidato in ambito sperimentale biofertilizzanti capaci di migliorare la produzione sostenibile del pomodoro da industria sia in integrato che in biologico, siamo alla ricerca di partner/investitori sia pubblici che privati con cui convalidare le tecnologie in ambienti industrialmente rilevanti.

Aumento della resa con il trattamento innovativo





**UNIMORE**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro per il Miglioramento  
e la Valorizzazione delle Risorse Biologiche  
Agroalimentari - BIOGEST-SITEIA

## REFERENZE

SCAM SpA  
Cooperativa Agroenergetica  
Territoriale Sca  
ISI Sementi SpA  
Mutti industria conserve alimentari  
SpA

Biogest-Siteia presso il  
Tecnopolo di Reggio  
Emilia



# BIOGEST-SITEIA

## DESCRIZIONE LABORATORIO

BIOGEST - SITEIA, con sede a Reggio Emilia presso le ex Reggiane, è un laboratorio per la ricerca industriale e il trasferimento tecnologico che appartiene alla Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna.

Il gruppo di Crop Production dell'Area Scienza, Tecnologie e Protezione delle materie prime si occupa del potenziamento del trasferimento tecnologico nei confronti delle industrie sementiere, agroalimentari e dei costitutori varietali. Sono stati sviluppati protocolli e kit molecolari per la tracciabilità, il riconoscimento specifico e varietale, ed il miglioramento assistito e i protocolli innovativi per miglioramento della resa e della sostenibilità della coltura in campo e in serra.

Vengono sviluppati (su richiesta delle imprese) programmi di breeding sia tradizionale che assistita da marcatori molecolari ed è stato reso disponibile un database (CEREALAB database) di dati molecolari e fenotipici di caratteri agronomicamente utili per alcune specie cerealicole. Vengono inoltre sviluppati su richiesta i protocolli di percorsi agronomici innovativi.

<http://www.biogest-siteia.unimore.it>

## Contatti

Enrico Francia, [enrico.francia@unimore.it](mailto:enrico.francia@unimore.it)

# SOSTINNOVI - Device for detecting grapes phenolic ripeness by smartphone

Are the grapes ripe?  
Real time analysis  
in the vineyard

precision agriculture

phenolic ripening  
of grapes

in-field analysis

Internet of Things

The grape ripening degree at harvest is one of the main factors influencing the quality of wine. The parameters most frequently used to monitor the ripening degree of grapes are sugar content, pH, acidity, and phenolic composition. The latter is determined by means of analyses that require expensive equipments and qualified personnel. Alternatively, the winemaker performs a visual assessment of the colour; indeed, grapes colour is due to anthocyanins, which are the vegetable pigments whose content increases with the progress of maturation. However, visual evaluation is intrinsically subjective and therefore poorly reliable and reproducible. In this context we developed a smartphone-based device to acquire RGB images of grape samples which are automatically elaborated in real time, in order to provide an objective, rapid and low-cost measurement of the parameters related to grape ripening.

Specialization AREA

Agrifood - Sustainable and integrated agriculture in the supply chain  
Agrifood - Smart agro-industry

Platform and catalogue section

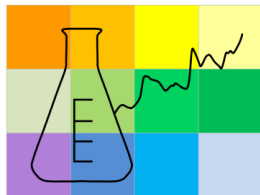
Agroalimentare  
New methods for food quality and safety  
Quality of raw materials

CAMERA DI ACQUISIZIONE A  
ILLUMINAZIONE CONTROLLATA

Device operating scheme



CHIMSLAB



Chemometrics Imaging  
and Spectroscopy Lab

BIOGEST-SITEIA

Contacts

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)  
Giorgia Foca, [giorgia.foca@unimore.it](mailto:giorgia.foca@unimore.it)  
Rosalba Calvini, [rosalba.calvini@unimore.it](mailto:rosalba.calvini@unimore.it)

# SOSTINNOVI - Device for detecting grapes phenolic ripeness by smartphone

## PRODUCT DESCRIPTION

The device allows to acquire, by means of a smartphone, colour images of grape samples inside a closed chamber. This chamber has been designed to guarantee the acquisition of images under controlled lighting conditions. Differences in the colour of different samples must in fact be attributed only to real differences in composition between samples, and not to differences in the conditions in which the images were acquired.

The geolocated images are then sent to a server, using a dedicated app. Here the storage and processing of images takes place: an algorithm correlates the colour of the sample with the corresponding physico-chemical properties of interest.

The results obtained from the processing on the server are then sent back to the smartphone and displayed in real time. This objective, rapid and low-cost system allows to measure various parameters indicative of phenolic maturation (e.g., content of the main anthocyanins, colour index, tonality, etc.).

Moreover, it is also possible to examine the acquired data using a dedicated web interface allowing e.g. to analyze the trend of the parameters of interest during time, or to highlight differences between different areas of the vineyard.

## INNOVATIVE ASPECTS

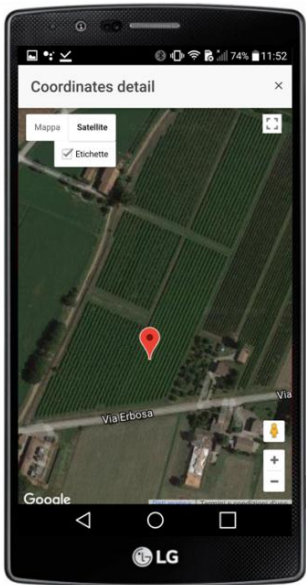
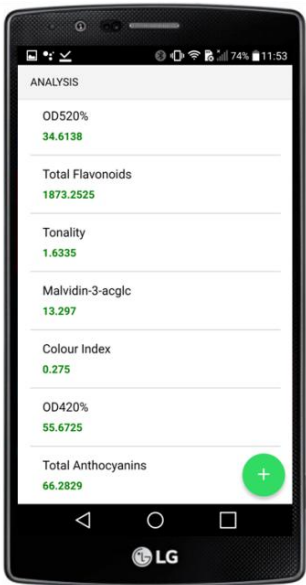
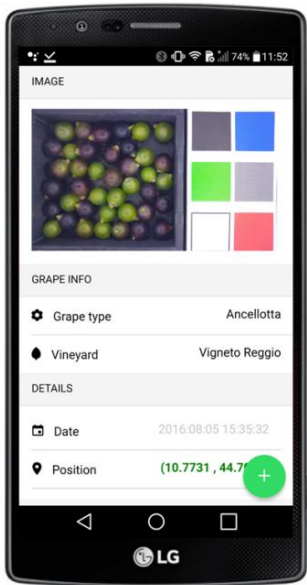
The determination of parameters related to phenolic ripening of grapes is currently carried out using classical analytical procedures that require expensive equipment and qualified personnel. The innovative and advantageous aspects of the developed device can be summarized as follows:

- Low-cost, speed and ease of use;
- Real-time results: it is possible to quantify about 15 analytical parameters in a few seconds, directly in the vineyard;
- Reduced costs for consulting at external laboratories;
- Less hours dedicated to analyses and less use of chemical reagents.

## POTENTIAL APPLICATIONS

- Analysis in vineyard in real time of different chemical-physical parameters indicative of the phenolic ripeness of the grapes;
- Elaboration and visualization of maps and curves of maturation; the simplicity of execution allows to increase the frequency and the number of measurements, without requiring specific technical skills;
- Storage of historical data (with date/time, GPS coordinates, colour parameter values) and possibility of data sharing;
- Useful information for selective harvest in different areas of the vineyard .

Screenshots of the smartphone app



# SOSTINNOVI - Device for detecting grapes phenolic ripeness by smartphone

## APPLICATION EXAMPLE

### In-field determination of parameters indicative of the phenolic ripeness of Ancellotta and Lambrusco Salamino grapes

#### APPLICATION DESCRIPTION AND RESULTS

The device, developed as part of the POR-FESR SOSTINNOVI project, was used to collect images of red grapes samples of two different varieties of regional interest (Ancellotta and Lambrusco Salamino) at different stages of maturation during vintages 2016 and 2017. The same samples were analysed in the laboratory to obtain the reference values of various parameters indicative of the phenolic maturation such as, for example, color index, tonality, total polyphenol content, total anthocyanins, and different types of anthocyanins.

The images were processed to develop a mathematical model that elaborates the information related to the colour of the grape samples. This model was implemented in a specific app that allows viewing in real time the parameters of maturation of the sample. In addition, a desktop application has been developed to perform the analysis of all the image data through a web interface, to export the data and to evaluate in real-time the phenolic maturation trend by displaying maps and curves of maturation. The obtained results demonstrate that the error associated to the prediction of the parameters of interest made by the device is completely compatible with the operational requirements.

## INVOLVED PARTNERS

BIOGEST-SITEIA  
Emilia Wine Sca  
Kode srl

## IMPEMENTATION TIMES

18 months/person

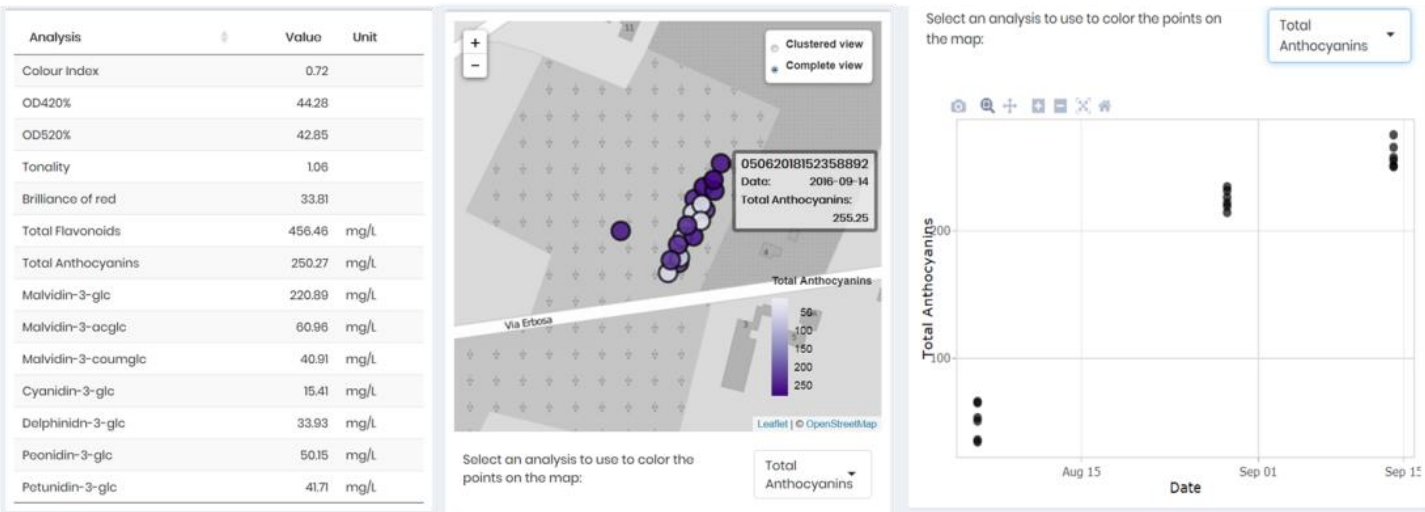
## TECHNOLOGY READINESS LEVEL

TRL7 - System prototype demonstration in operational environment

## EXPLOITATION

It is necessary to expand the study with the construction and validation of calibration models for other red grape varieties, as well as to improve the robustness of the calibration models with samples coming from different harvesting years. In addition, the design of the device should be refined, adapting the image acquisition chamber to different smartphone models.

### Screenshot of the web interface





**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro Interdipartimentale per il  
Miglioramento e la Valorizzazione  
delle Risorse Biologiche Agro-alimentari  
BIOGEST-SITEIA

## REFERENCES

BIOGEST-SITEIA

Kode srl

Freeray S.r.l.

Musa S.r.l.

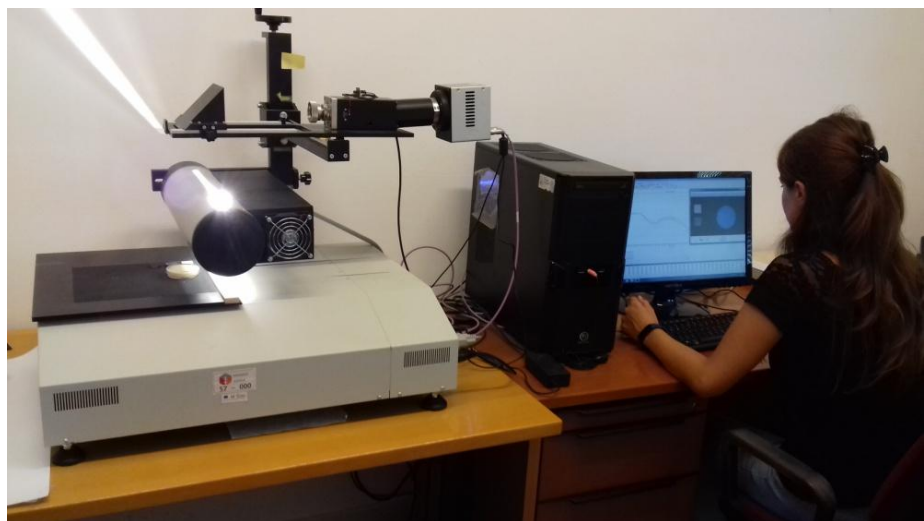
# BIOGEST-SITEIA

## LABORATORY DESCRIPTION

BIOGEST - SITEIA, located in Reggio Emilia, is a laboratory for industrial research and technology transfer that belongs to the Emilia-Romagna High Technology Network. The laboratory staff has a long experience in industrial research and technology transfer, including aspects concerning primary plant-derived productions and the wine sector. The activities of the CHIMSLAB research unit of BIOGEST-SITEIA are aimed at developing rapid and non-destructive analytical methods for the characterization of agri-food matrices:

- Implementation and application of chemometric algorithms for rapid characterization of chemical and sensory properties of food and raw materials;
- Product and process optimization through experimental design;
- Food characterization by NIR spectroscopy;
- Processing of RGB and hyperspectral images for color analysis and for the chemical characterization of food and raw materials.

Hyperspectral image analysis  
at CHIMSLAB laboratory



<http://www.biogest-siteia.unimore.it/site/home/offerta-di-ricerca/individuazione-metodi-analitici-non-distruttivi.html>

## Contacts

Domenico Pietro Lo Fiego,  
lofiego.domenicopietro@unimore.it

# Development of molecular markers associated with desirable agronomic traits for assisted selection of new processing tomato genotypes

## The evolution of agriculture passes through the DNA

Processing tomato

## Marker Assisted Selection

Tolerance to low temperatures

Earliness

Development of a 24 SNP (Single Nucleotide Polymorphism) markers set for the parallel analyses of multiple of molecular markers associated with earliness and resistance to low temperatures in tomato. SNP-based markers are based on single DNA base differences, and are among the most widely used tools for molecular characterization of plants. The genotyping platform used (Fluidigm EP-1), thanks to its capacity to process a great number of sample at the same time ( up to two chips of 192 DNA x 24 markers can be analysed each day), allows to increase the efficiency of assisted selection programs enabling the analysis of large breeding populations.

## Specialization AREA

**Agrifood - Sustainable and integrated agriculture in the supply chain**

**Agrifood - Innovative industrial technologies and biotechnology for the food industry**

**Agroalimentare**

**Innovation and optimization of process/ product**

**Food quality and typical food products**

## Platform and catalogue section

Fluidigm EP-1 genotyping platform



**BIOGEST-SITEIA**



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro Interdipartimentale per il  
Miglioramento e la Valorizzazione  
delle Risorse Biologiche Agro-alimentari  
BIOGEST-SITEIA

## Contacts

Enrico Francia, [enrico.francia@unimore.it](mailto:enrico.francia@unimore.it)  
Matteo Buti, [Matteo.butì@unimore.it](mailto:Matteo.butì@unimore.it)

# Development of molecular markers associated with desirable agronomic traits for assisted selection of new processing tomato genotypes

## PRODUCT DESCRIPTION

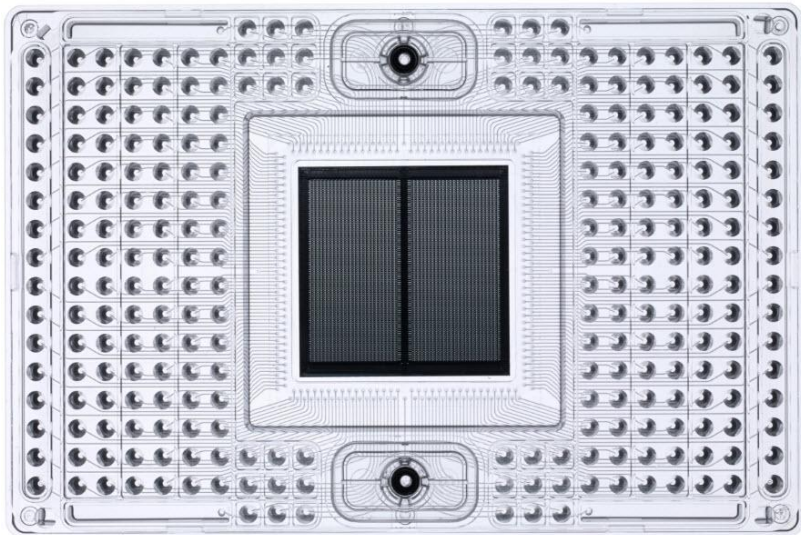
Knowledge of genes associated with important traits, together with the effects of their allelic forms, are nowadays essential information for genetic improvement of crops. BIOGEST-SITEIA developed a set of 24 locus-specific and co-dominant SNP markers associated with cold tolerance and earliness traits in processing tomato for a fast genotyping of a large number of samples. Fluidigm EP-1 integrated system uses 192 DNA x 24 SNP chips, and is able to analyse 4608 samples at the same time, providing reliable and reproducible results.

## INNOVATIVE ASPECTS

SNP markers are evenly distributed in the genomes, and represent the most frequent type of genetic variation. Their most important advantage is given by the presence of only 2 allelic variants and the high transferability of analysis protocols between labs and experiments. Fluidigm EP-1 platform can be used in the agro-food industry and allows us to offer to seed companies and breeders a fast and cheap service of genotyping and marker-assisted genetic selection.

## POTENTIAL APPLICATIONS

The developed chip of 24 molecular markers set can be used for assisted selection, development of new cultivars and molecular characterization of genotypes collections. On request, the lab is also able to develop molecular markers sets correlated to other traits in processing tomato (e.g. tolerance to blossom-end rot) or other crops upon request, providing genotyping and assisted selection services for seed companies and breeders.



The Fluidigm EP-1 chip

# Development of molecular markers associated with desirable agronomic traits for assisted selection of new processing tomato

## APPLICATION EXAMPLE

Genetic characterization of a processing tomato genotypes collection using a set of molecular markers associated with earliness and tolerance to low temperatures for assisted selection of new cultivars

## APPLICATION DESCRIPTION AND RESULTS

A set of 24-markers has been developed under a frame of a POR-FESR project aiming to characterize a processing tomato collection of genotypes aimed at studying the "earliness" and "tolerance to low temperatures" traits. Study consisted in a bibliographic research for detecting the genes influencing the traits, a genotyping-by-sequencing of a panel of tomato cultivars and a bioinformatic analysis aimed at detection of the genetic polymorphisms and alleles that are putatively positive for the studied traits. After an optimization process aimed to select the most suitable markers, we obtained a set of 24 specific and co-dominant SNPs usable for the chip.

## INVOLVED PARTNERS

ISI Sementi - Fidenza (PR), ITALY  
Mutti Industria Conserve Alimentari - Parma, ITALY

## IMPLEMENTATION TIMES

24 months

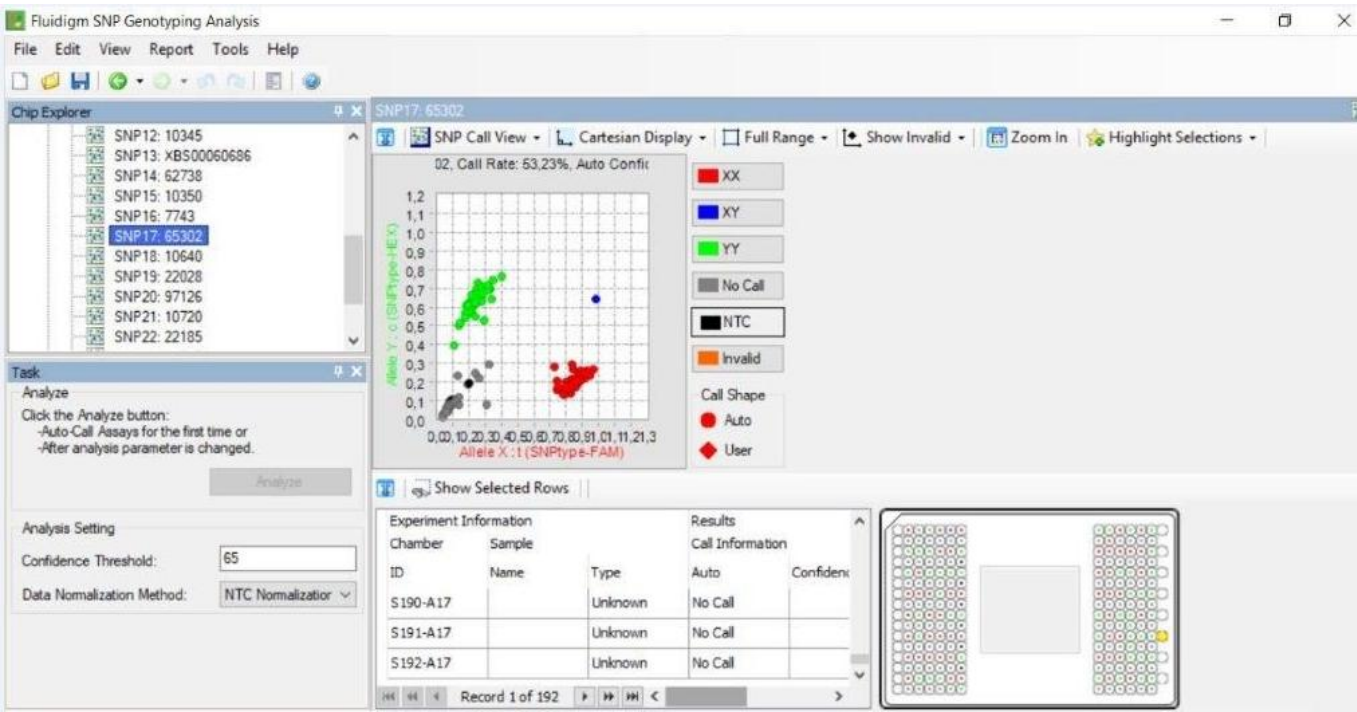
## TECHNOLOGY READINESS LEVEL

TRL5 - Technology validated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)

## EXPLOITATION

Data derived from SNPs and detailed phenotypic evaluations allowed the identification of accessions carrying the desired traits "earliness" and "tolerance to low temperatures" for the production of processing tomato.

Result for the genotyping of a set of markers





**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro Interdipartimentale per il  
Miglioramento e la Valorizzazione  
delle Risorse Biologiche Agro-alimentari  
BIOGEST-SITEIA

## REFERENCES

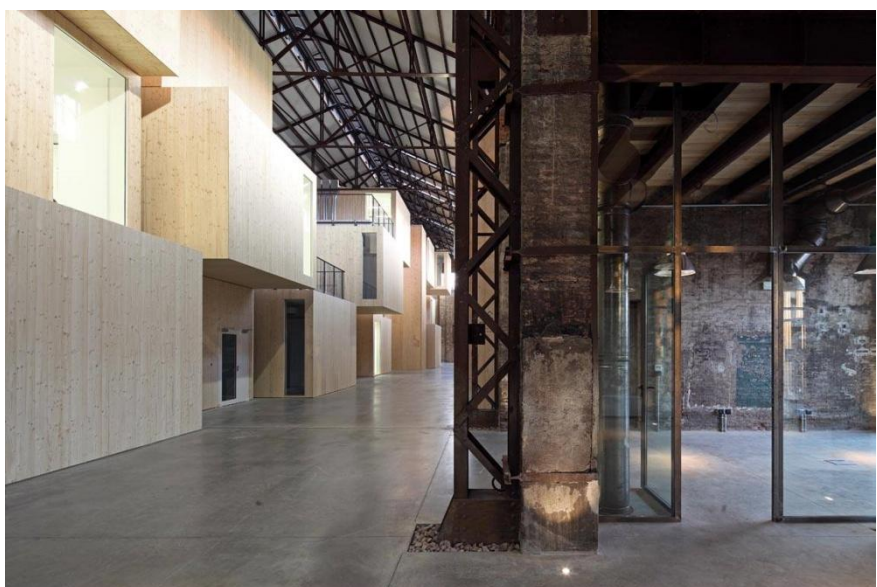
PSB- Syngenta  
Società Italiana Sementi  
Tomatocolors  
ISI Sementi  
Barilla  
Conase

Biogest-Siteia c/ o Tecnopolo -  
Reggio Emilia, ITALY

# BIOGEST-SITEIA

## LABORATORY DESCRIPTION

BIOGEST-SITEIA, based in Reggio Emilia at the former Reggiane, is a laboratory for industrial research and technology transfer belonging to the Emilia-Romagna High Technology Network. The "Sciences, Technologies and Protection of Raw Materials" area deals with the strengthening of the technological transfer towards the seed and food industries and breeders. Molecular protocols and kits have been developed for the varietal recognition and assisted selection. Breeding programs using both traditional and molecular methods can also be developed at the request of companies.



<http://www.biogest-siteia.unimore.it>

**Contacts** Enrico Francia, [enrico.francia@unimore.it](mailto:enrico.francia@unimore.it)

# Planning, design and analysis of 24 molecular markers for assisted selection for “low toxicity gluten” character

**From genes toward  
future plants: low-  
toxicity gluten**

**gluten**

**molecular markers**

**assisted selection**

Development of a set of 24 SNP markers (single nucleotide polymorphism) dedicated to the parallel analysis of 192 samples to test genes / markers associated with characters of interest, such as quality and low-toxicity gluten.

SNP-based markers (based on differences of single nucleotides) are among the most frequently used for the molecular characterization of plant organisms. The use of EP1 platform – Fluidigm equipment, thanks to its high processivity (24 x 192 analysis in a single day) increases the efficiency of assisted selection projects that require evaluation of reeding populations made up of many individuals.

**Specialization AREA**

**Platform and  
catalogue section**

**Genotyping platform EP1**

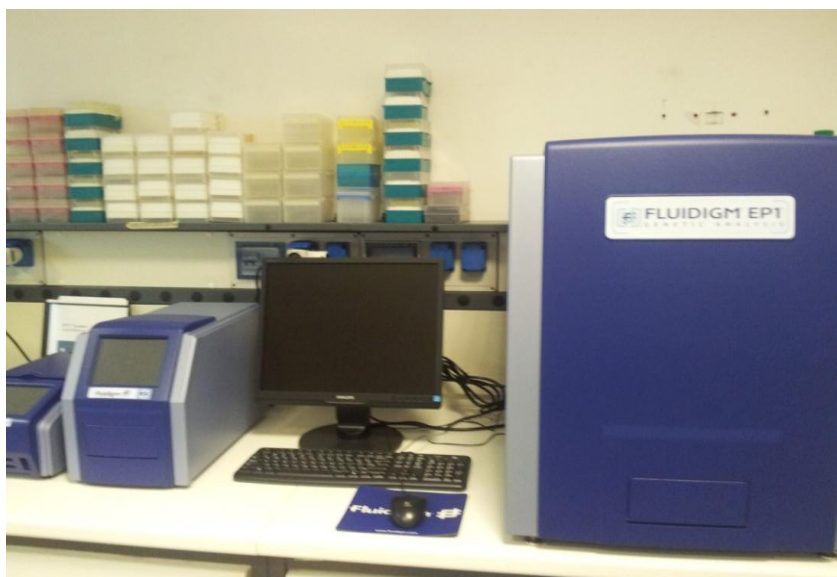
**Agrifood - Sustainable and integrated agriculture in the  
supply chain**

**Agrifood - Innovative industrial technologies and  
biotechnology for the food industry**

**Agroalimentare**

**Quality of raw materials**

**Food quality and typical food products**



**BIOGEST-SITEIA**



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro Interdipartimentale per il  
Miglioramento e la Valorizzazione  
delle Risorse Biologiche Agro-alimentari  
BIOGEST-SITEIA

**Contacts**

Enrico Francia, [enrico.francia@unimore.it](mailto:enrico.francia@unimore.it)  
Justyna Anna Milc, [justynaanna.milc@unimore.it](mailto:justynaanna.milc@unimore.it)

# Planning, design and analysis of 24 molecular markers for assisted selection for “low toxicity gluten” character

## PRODUCT DESCRIPTION

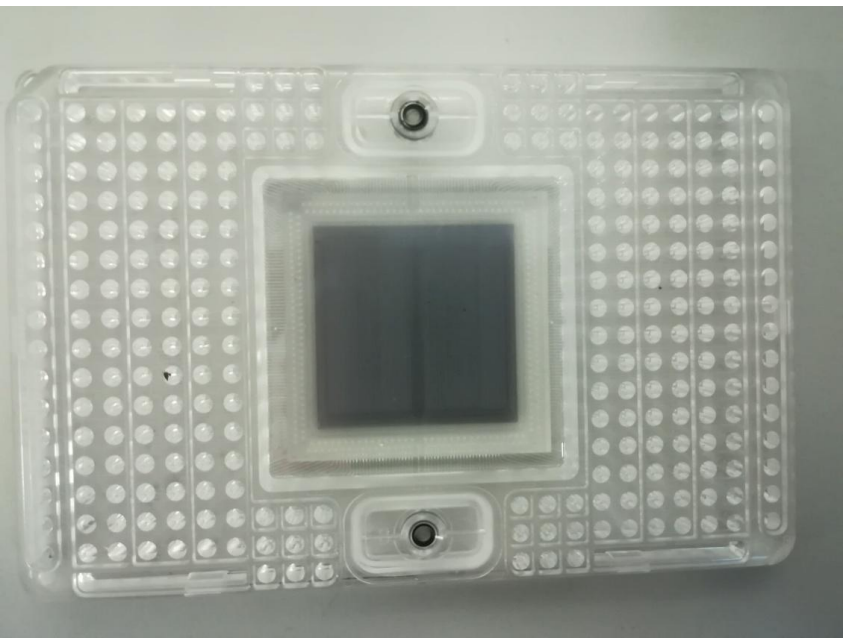
The identification of genes responsible for the characters and the knowledge on their allelic variants in individuals under selection, are now key information for the genetic improvement. BIOGEST - SITEIA has developed, for rapid sample genotyping (multiples of 192 DNA x 24 SNP), a set of 24 locus specific and codominant SNP markers, associated with low-toxicity gluten. The integrated EP1 - Fluidigm (chip IFC192.24) system can in fact achieve in a few hours up to 4608 reactions simultaneously, providing reliable and reproducible results by analyzing 192 samples for 24 polymorphisms at a time.

## INNOVATIVE ASPECTS

SNP markers (single nucleotide polymorphism) uniformly distributed in the genomes, represent the most frequent type of genetic variation. Their advantages are given by the presence of only 2 alleles and the transferability of protocols between laboratories, experiments, etc. The EP1 analysis platform can be applied to different agri-food sectors and allows us to offer to companies a custom genotype analysis and molecular selection service quickly and at low cost.

## POTENTIAL APPLICATIONS

The characteristics of the 24 x 192 chip, make the set of markers easily applicable to assisted selection of cereal species (eg wheat), the varietal constitution and to the characterization of seed companies' plant material collections. In case of specific requests of companies our laboratory is able to develop dedicated sets of 24 SNP markers for different agricultural species and to provide genotyping and assisted selection services with 1-24 (and multiples of 24) markers. The service is addressed to seed companies and to breeders.



Biogest Siteia chip used for analysis

# Planning, design and analysis of 24 molecular markers for assisted selection for "low toxicity gluten" character

## APPLICATION EXAMPLE

Characterization of a collection of wheat with the set of 24 SNP markers associated with genes coding for gluten proteins for the selection of the most suitable varieties for the production of food for individuals predisposed to celiac disease

## APPLICATION DESCRIPTION AND RESULTS

The set of 24 markers was developed as part of the POR-FESR project at purpose of characterizing a collection of wheat useful for the study of the character "low-toxicity gluten". The study was divided into a first phase of bibliographic research for the evaluation of genes underlying the character. The next step involved a bioinformatic analysis of the sequences in order to identify polymorphisms (SNP) responsible for allelic variants with improved characteristics. After the first optimization phase that led to the choice of the most suitable markers, a final set of 24 coding local-specific SNP markers was obtained.

## INVOLVED PARTNERS

SITEIA Parma (UNIPR)  
CIRI- Agroalimentare (UNIBO)  
Biopharmanet-Tec (UNIPR)

## IMPLEMENTATION TIMES

24 months

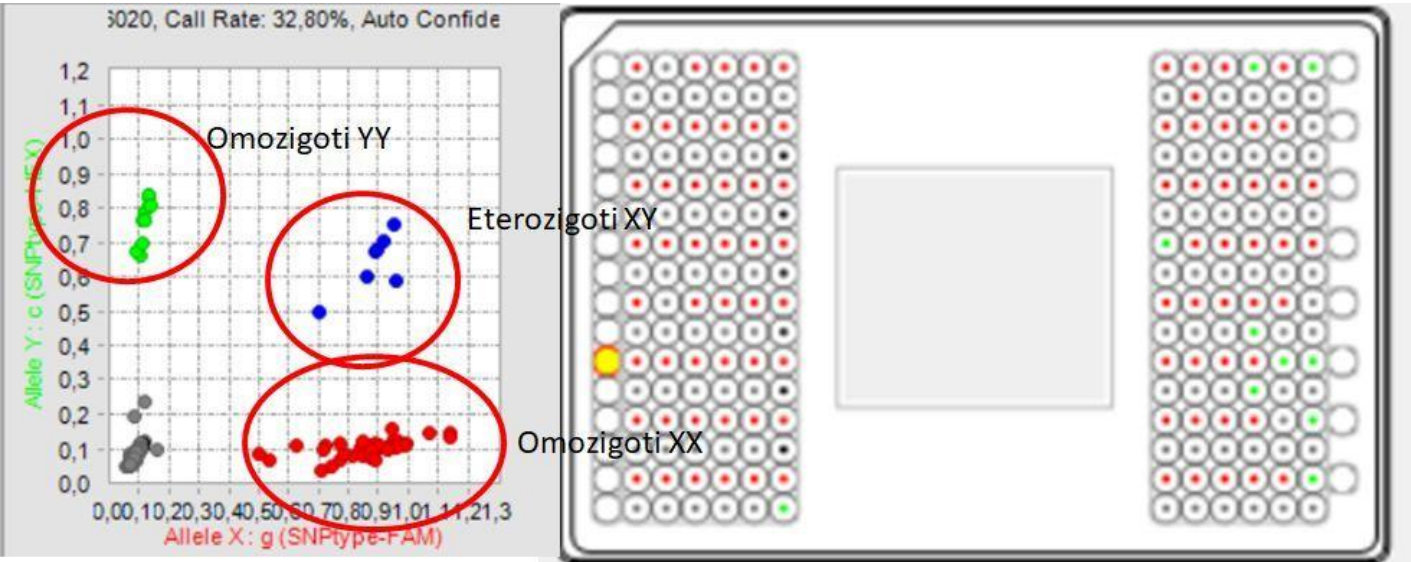
## TECHNOLOGY READINESS LEVEL

TRL5 - Technology validated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)

## EXPLOITATION

The data obtained with the SNP markers and more detailed phenotypic evaluations, allowed identification of the accessions with characteristics desired for the improvement of the "low-toxicity gluten" character and for the production and the wheat quality.

## Results obtained with the developed set of markers





**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro Interdipartimentale per il  
Miglioramento e la Valorizzazione  
delle Risorse Biologiche Agro-alimentari  
BIOGEST-SITEIA

## REFERENCES

PSB- Syngenta  
Società Italiana Sementi  
Tomatocolors  
ISI Sementi  
Barilla  
Conase

# BIOGEST-SITEIA

## LABORATORY DESCRIPTION

BIOGEST - SITEIA, based in Reggio Emilia at the former Reggiane Industries, is a laboratory for industrial research and technology transfer and belongs to the Emilia-Romagna High Technology Network. The Sciences, Technologies and Protection of Raw Materials Area, deals with the strengthening of the technological transfer towards the seed and food industries and breeders. Molecular protocols and kits have been developed for the varietal recognition, and assisted selection. Traditional and assisted selection breeding programs are developed (on request). Moreover the CEREALAB molecular and phenotypic database for cereals has been developed and is available at the website of the laboratory

Biogest-Siteia at  
Tecnopolo of Reggio  
Emilia



<http://www.biogest-siteia.unimore.it>

**Contacts** Enrico Francia, [enrico.francia@unimore.it](mailto:enrico.francia@unimore.it)

# Progettazione, disegno e analisi di 24 marcatori molecolari per la selezione assistita nelle specie cerealicole

## Selezione assistita per le piante del futuro

SELEZIONE  
ASSISTITA

MARCATORI  
MOLECOLARI

SNP

GENOTIPIZZAZIONE

Sviluppo di un set di 24 marcatori SNP (polimorfismo a singolo nucleotide) che permette di analizzare contemporaneamente ed in una sola giornata 192 campioni per 24 marcatori associati ai caratteri agronomici di interesse. I marcatori SNP rappresentano i polimorfismi dovuti a differenze rappresentate da un solo nucleotide, sono tra i più utili e utilizzati per la caratterizzazione molecolare. Lo strumento EP1 Fluidigm utilizzato per le analisi, grazie alla sua alta processività consente l'utilizzo per progetti di miglioramento assistito che prevedano la analisi di popolazioni di breeding costituite da molti individui.

Settori applicativi

COLTIVAZIONI AGRICOLE E PRODUZIONE DI  
PRODOTTI ANIMALI

Piattaforma

AGROALIMENTARE

Piattaforma di genotipizzazione  
Fluidigm EP1



BIOGEST - SITEIA



Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

Contatti

Nicola Pecchioni - [nicola.pecchioni@unimore.it](mailto:nicola.pecchioni@unimore.it)  
Justyna Anna Milc - [justynaanna.milc@unimore.it](mailto:justynaanna.milc@unimore.it)

# Progettazione, disegno e analisi di 24 marcatori molecolari per la selezione assistita nelle specie cerealicole

## DESCRIZIONE PRODOTTO

Un sistema integrato per l'analisi dei genotipi (Fluidigm EP1 chip IFC192.24 utilizzato da Biogest-Siteia) può realizzare in poche ore fino a 4608 reazioni contemporaneamente, fornendo risultati controllati e riproducibili analizzando 192 campioni per 24 polimorfismi alla volta. I polimorfismi utilizzati vengono scelti in base alle richieste dell'azienda che fornisce un elenco dei caratteri d'interesse. L'individuazione di geni responsabili dei caratteri, la caratterizzazione dei polimorfismi e la loro variabilità negli individui in selezione, sono oggi informazioni imprescindibili nel miglioramento genetico. La fase successiva prevede la scelta dei marcatori più idonei per arrivare ad un set di 24 (e multipli) marcatori SNP locus specifici e codominanti.

Il Set di marcatori sviluppato da BIOGEST - SITEIA può essere successivamente utilizzato per una rapida genotipizzazione nell'ordine di 192 campioni e 24 SNP/giorno.

## ASPETTI INNOVATIVI

I marcatori SNP (polimorfismo a singolo nucleotide) rappresentano il più frequente tipo di variazione genetica e sono distribuiti uniformemente in tutto il genoma. Presentano numerosi vantaggi rispetto ad altri marcatori molecolari come la presenza di soli 2 alleli e trasferibilità dei protocolli tra laboratori, esperimenti, etc. La piattaforma di analisi può essere applicata al settore agroalimentare e permette di offrire alle aziende il servizio di analisi dei genotipi (genotipizzazione) e selezione molecolare in tempi rapidi e acosti contenuti. La rapidità dell'analisi si può esprimere nella riduzione del tempo richiesto da circa 2-3 settimane ad una giornata di lavoro e riduzione dei costi di manodopera necessari.

## POTENZIALI APPLICAZIONI

Le caratteristiche del chip lo rendono applicabile sia a specie orticole che cerealicole. Il laboratorio è in grado di sviluppare i set di 24 marcatori SNP (e multipli) associati a diversi caratteri d'interesse agronomico per qualsiasi specie vegetale e fornire servizi di genotipizzazione e selezione assistita per 1-24 (e multipli di 24) marcatori. Il servizio è rivolto alle aziende sementiere e ai costitutori varietali. Una rapida e precisa caratterizzazione molecolare è utile per velocizzare il processo di miglioramento genetico da parte delle aziende.



Chip utilizzato per le analisi

# Progettazione, disegno e analisi di 24 marcatori molecolari per la selezione assistita nelle specie cerealicole

## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Set di 24 marcatori SNP associati ai più importanti caratteri agronomici del frumento tenero

## DESCRIZIONE APPLICAZIONE

Il set di 24 marcatori è stato sviluppato su richiesta di un'azienda del settore sementiero allo scopo di caratterizzare una collezione di frumento tenero di riferimento. Per lo sviluppo del chip sono stati scelti caratteri d'interesse agronomico (resistenze alle malattie, caratteri legati alla qualità ecc) su richiesta dell'azienda. Lo sviluppo si è articolato in una prima fase di ricerca bibliografica per la valutazione di geni associati ai caratteri di interesse, alla quale è seguita un'analisi bioinformatica delle sequenze per l'identificazione di polimorfismi (SNP) responsabili di varianti alleliche con caratteristiche migliorative. Dopo una fase di ottimizzazione che ha portato alla scelta dei marcatori più idonei si è ottenuto un set di 24 marcatori SNP locus specifici e co- dominanti.

## PARTNER COINVOLTI

Azienda del settore sementiero

## TEMPI DI REALIZZAZIONE

5 mesi

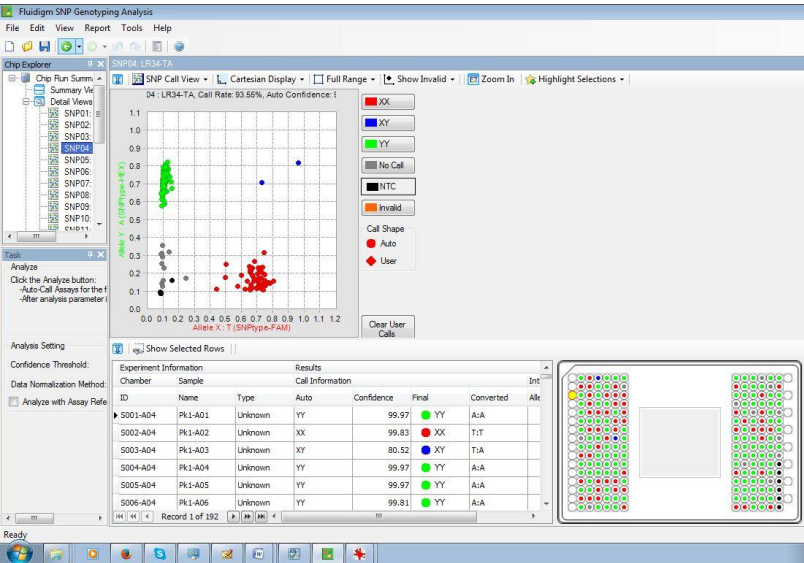
## RISULTATI OTTENUTI

E' stata caratterizzata con i 24 marcatori SNP una collezione di frumento tenero di riferimento dell'azienda del settore sementiero. Grazie al formato "chip" utilizzato, l'analisi è stata rapida e affidabile.

## VALORIZZAZIONE

I dati dei marcatori SNP e più dettagliate valutazioni fenotipiche, permetteranno all'azienda di identificare le accessioni con caratteristiche desiderate per quanto riguarda la tolleranza allo stress biotico e abiotico, la produzione e la qualità del grano.

Risultato ottenuto con il chip sviluppato





Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

## REFERENZE

Società Italiana Sementi  
Società Produttori Sementi  
Tomato colors  
Agricola Luca Ziosi  
ISI Sementi  
Tea Project

# BIOGEST - SITEIA

## DESCRIZIONE LABORATORIO

BIOGEST - SITEIA, con sede a Reggio Emilia nell'Area di San Lazzaro presso le ex Reggiane, è un laboratorio per la ricerca industriale e il trasferimento tecnologico co-finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Programma Regionale per la Ricerca industriale, l'innovazione e il trasferimento tecnologico (PRRIITT) e appartiene alla Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna. Area Scienza, Tecnologie e Protezione delle materie prime si occupa del potenziamento del trasferimento tecnologico nei confronti delle industrie sementiere, agroalimentari e dei costitutori varietali. Sono stati sviluppati protocolli e kit molecolari per la tracciabilità, il riconoscimento specifico e varietale, ed il miglioramento assistito. Vengono sviluppati (su richiesta delle imprese) programmi di breeding sia tradizionale che assistita da marcatori molecolari ed è stato reso disponibile un database di dati molecolari e fenotipici di caratteri agronomicamente utili per alcune specie di Cereali.

Gruppo di ricerca



<http://www.biogest-siteia.unimore.it>

## Contatti

Nicola Pecchioni - [nicola.pecchioni@unimore.it](mailto:nicola.pecchioni@unimore.it)  
Andrea Antonelli - [andrea.antonelli@unimore.it](mailto:andrea.antonelli@unimore.it)

# PROTOTIPO PER L'ALLEVAMENTO INDUSTRIALE DI MOSCHE SOLDATO

**Produrre risorse ad alto valore da scarti tramite insetti**

**valorizzazione scarti organici**

**economia circolare**

**allevamento industriale insetti**

**mosca soldato**

Attualmente gli scarti organici da filiere agroalimentari e zootecniche vengono destinati a biodigestori, usati per ottenere compost di scarsa qualità oppure smaltiti come rifiuti. In natura questi materiali sono substrato ottimale di crescita per insetti specificamente adattati come la “mosca soldato” *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae), una mosca non infestante (gli adulti vivono pochi giorni, non si nutrono, non trasmettono patogeni) le cui larve convertono in modo rapido ed efficiente grandi quantità di substrati organici umidi in biomassa proteica ricca di grassi, utilizzabile per vari scopi. Nell'ambito del progetto VALORIBIO è stato sviluppato un impianto pilota ad elevata automazione per l'allevamento massale di mosca soldato, il primo per la regione Emilia Romagna. Tale prototipo è un elemento indispensabile nell'ottica dello sfruttamento industriale di questi insetti bioconvertitori per la valorizzazione di scarti organici in prodotti ad alto valore aggiunto.

**Area di Specializzazione**

**Sistema Agroalimentare - Valorizzazione dei sottoprodotti e degli scarti della filiera agroalimentare**  
**Sistema Agroalimentare - Altro**

**Piattaforma e sezione catalogo**

**Agroalimentare**  
**Valorizzazione dei sottoprodotti dell'industria agroalimentare**  
**Macchine e impianti**

Le due parti dell'impianto pilota per l'allevamento industriale di mosche soldato nel progetto VALORIBIO



**BIOGEST-SITEIA**

**Contatti**

Lara Maistrello, [lara.maistrello@unimore.it](mailto:lara.maistrello@unimore.it)  
Giacomo Benassi, [giacomo.benassi@unimore.it](mailto:giacomo.benassi@unimore.it)

# PROTOTIPO PER L'ALLEVAMENTO INDUSTRIALE DI MOSCHE SOLDATO

## DESCRIZIONE PRODOTTO

Nell'ambito del progetto VALORIBIO è stato realizzato un impianto dimostrativo per l'allevamento industriale di mosche soldato in grado di convertire i rifiuti/sottoprodotti organici in prodotti di alto valore aggiunto: la biomassa di larve mature ricca di proteine e lipidi ed il compost residuo, che è un ammendante di ottima qualità. Il prototipo di impianto è costituito da due parti principali: l'area riproduzione degli adulti per la produzione massale di uova e la parte di bioconversione del substrato ad opera delle larve di mosca soldato. Inoltre è corredato da un componente per la triturazione-dosatura del substrato iniziale e da uno specifico vaglio per la separazione meccanica delle larve dal residuo post-allevamento. Tale impianto pilota è in grado di produrre in maniera costante e ripetibile decine di Kg di larve ad ogni ciclo di crescita in modo semi-automatico. Il prototipo è stato progettato e realizzato per essere modulare e quindi scalabile industrialmente e presenta innovazioni tecnologiche come l'integrazione di dispositivi per il controllo da remoto ed un sistema per la raccolta delle uova, sviluppato tramite stampa 3D, di cui è stata depositata una domanda di brevetto.

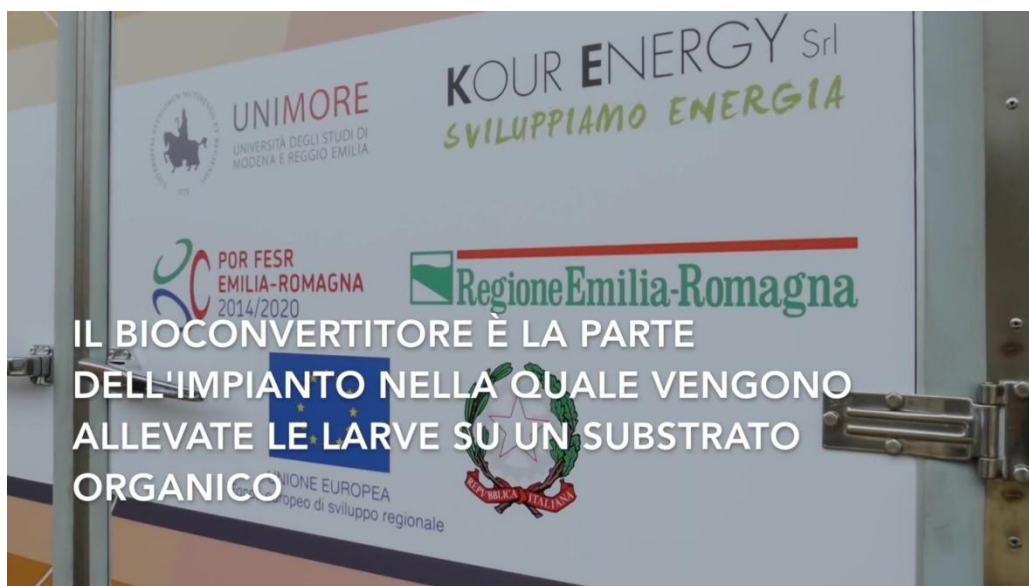
## ASPETTI INNOVATIVI

Lo sfruttamento industriale di insetti è una delle tecnologie più innovative per produrre grassi e proteine in modo più sostenibile e per convertire e valorizzare la grande quantità di rifiuti/sottoprodotti organici che ora non viene sfruttata e rappresenta un costo. Il prototipo sviluppato unisce la grande efficienza delle mosche soldato come bioconvertitori e l'automazione degli impianti industriali. Il principale aspetto innovativo dell'impianto è di essere stato progettato e realizzato per ridurre al massimo l'apporto di lavoro manuale tipico degli attuali allevamenti di insetti.

## POTENZIALI APPLICAZIONI

Le potenziali applicazioni dell'impianto di allevamento industriale di mosche soldato sono in generale tutte quelle che riguardano la trasformazione di scarti organici in biomassa (insetti, ricchi in proteine, lipidi e chitina) e compost organico ad alto valore aggiunto. Considerate le attuali limitazioni normative, ora è possibile allevare le mosche soldato su sottoprodotti di filiere vegetali ricavando mangimi per il settore ittico ma la prospettiva è di usare un'ampia varietà di substrati organici ed ampliare le potenzialità di utilizzo di questi insetti per diversi scopi industriali.

**Il bioconvertitore del prototipo di impianto pilota per l'allevamento industriale di larve di mosca soldato**



# PROTOTIPO PER L'ALLEVAMENTO INDUSTRIALE DI MOSCHE SOLDATO

## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

**Realizzazione di bioplastiche biodegradabili per scopi agricoli a partire dalle proteine di insetti allevati su deiezioni avicole**

### DESCRIZIONE APPLICAZIONE E RISULTATI

Durante il progetto VALORIBIO il prototipo di impianto è stato utilizzato per convertire le deiezioni dei polli in larve di mosca soldato e compost ammendante. Le larve sono state frazionate nelle loro componenti principali e la frazione proteica, debitamente combinata con specifici additivi è stata utilizzata per realizzare delle bioplastiche biodegradabili da utilizzare in ambito agricolo (teli di pacciamatura). Il compost residuo è stato invece utilizzato per prove agronomiche in cui si è dimostrato un ottimo ammendante per piante di interesse agrario (lattuga, pomodoro, basilico). Grazie al prototipo di impianto e all'abilità di assimilazione delle mosche soldato è stato quindi possibile trasformare un materiale difficile da smaltire (come la pollina) in plastica biodegradabile che alla decomposizione rilascia azoto nel terreno, con proprietà fertilizzanti.

## PARTNER COINVOLTI

Capofila: BIOGEST-SITEIA (UNIMORE)  
KOUR ENERGY S.R.L.  
InterMech Mo.Re (UNIMORE)  
Siteia.Parma (UNIPR)

## TEMPI DI REALIZZAZIONE

6 mesi per realizzare l'impianto pilota

## LIVELLO MATURITA' TECNOLOGICA

TRL 7 - prototipo dimostrativo in ambiente operativo

## VALORIZZAZIONE

Attualmente il prototipo può essere usato per convertire sottoprodotti vegetali in larve utilizzabili per mangimi ittici. Superando le limitazioni normative sarà possibile bioconvertire varie tipologie di scarti organici e utilizzare gli insetti ottenuti e le loro frazioni (proteine, grassi, chitina) per applicazioni industriali in diversi ambiti (agroalimentare, biomedicale, energetico)

**Ultime fasi della bioconversione da scarti organici a prodotti ad alto valore aggiunto: separazione larve mature di mosca soldato da residuo di crescita (che funge da ammendante di alta qualità)**



## REFERENZE

BIOGEST-SITEIA (UNIMORE)  
KOUR ENERGY S.R.L.  
InterMech Mo.Re (UNIMORE)  
Siteia.Parma (UNIPR)

### DESCRIZIONE LABORATORIO

L'unità di ENTOMOLOGIA APPLICATA del centro Interdipartimentale per il miglioramento e la valorizzazione delle risorse biologiche agro-alimentari dell'Università di Modena e Reggio Emilia, BIOGEST-SITEIA (<http://www.biogest-siteia.unimore.it/site/home.html>) offre i seguenti servizi:

- Allevamento massale di adulti di mosca soldato (*Hermetia illucens*) in specifico impianto pilota per la produzione di grandi quantità di uova utilizzabili per vari scopi
- Prove sperimentali in laboratorio e allevamento massale di larve di mosca soldato in impianto pilota scalabile automatizzato utilizzando scarti e sottoprodotti di diverse filiere agroalimentari
- Soluzioni innovative e sostenibili per la gestione di insetti infestanti in ambito agrario, in industrie agroalimentari, in contesti urbani
- Allevamenti massali di insetti per prove di controllo biologico (sia parassitoidi che predatori che di ospiti e/o prede)
- Identificazione di animali infestanti da campioni di materie prime (derrate alimentari, piante o loro parti, oggetti/strutture in legno, altri beni di origine animale o vegetale)
- Servizi di entomologia forense per filiere agro-alimentari, manufatti e strutture in legno, fibre e materiali di origine animale e vegetale
- Prove sperimentali su insetti delle derrate alimentari e del legno (test di repellenza e feeding deterrence, altri test comportamentali, verifica di efficacia di trattamenti insetticidi su legno)

Il gruppo di lavoro del  
progetto VALORIBIO al  
completo



<http://www.valoribio.eu>

### Contatti

Lara Maistrello, [lara.maistrello@unimore.it](mailto:lara.maistrello@unimore.it)

# Analisi di immagini iperspettrali

## Imaging iperspettrale: che cosa? quanto? dove?

IMMAGINI  
IPERSPETTRALI

CONTROLLO  
QUALITA'

IDENTIFICAZIONE  
DIFETTI

CERNITA

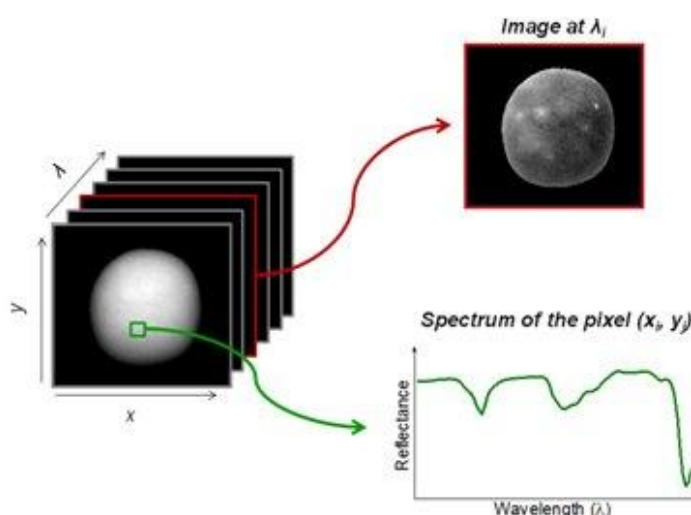
Settori applicativi

INDUSTRIE ALIMENTARI; PRODOTTI FARMACEUTICI DI BASE E PREPARATI FARMACEUTICI; ATTIVITA' DI RACCOLTA, TRATTAMENTO E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI; RECUPERO DEI MATERIALI

Piattaforma

Agroalimentare

Rappresentazione schematica della struttura di un'immagine iperspettrale



Laboratorio BIOGEST-SITEIA



Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

Contatti

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)  
Giorgia Foca, [giorgia.foca@unimore.it](mailto:giorgia.foca@unimore.it)

# Analisi di immagini iperspettrali

## DESCRIZIONE PRODOTTO

L'imaging iperspettrale nell'intervallo NIR consente di acquisire in pochi secondi immagini 3D del campione, ovvero immagini in cui per ogni pixel viene acquisito anche lo spettro infrarosso di quel punto del campione.

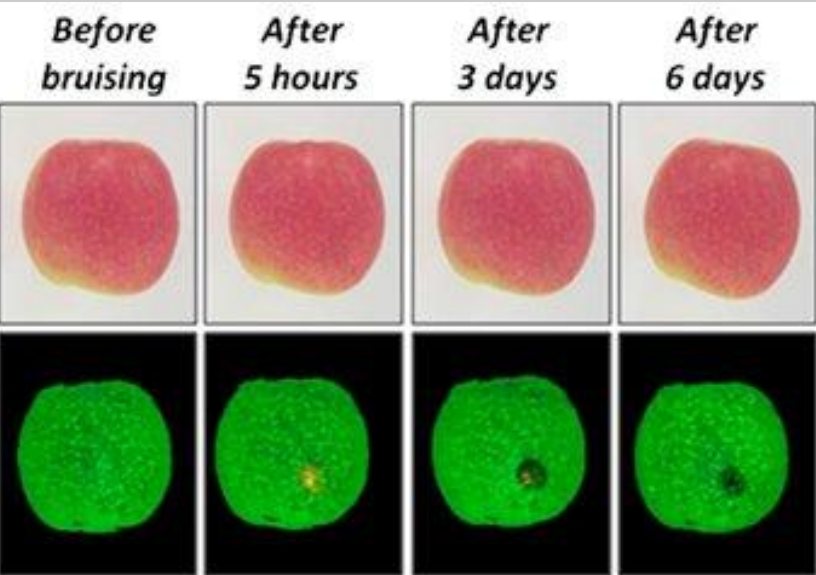
Tale analisi fornisce dati ricchissimi di informazione: infatti, se l'analisi dell'immagine convenzionale risponde alla domanda "dove" e la spettroscopia convenzionale risponde alle domande "che cosa" e "quanto", l'imaging iperspettrale risponde alla domanda congiunta "dove e quanto è che cosa", fornendo una caratterizzazione più completa del campione, particolarmente utile ai fini di identificazione e di controllo.

## ASPETTI INNOVATIVI

L'imaging iperspettrale è una tecnica emergente davvero interessante perché caratterizzata da elevate prestazioni in termini di tempo di analisi, costo, selettività e invasività nei confronti del campione. Consente di identificare e localizzare in maniera rapida e affidabile la presenza di determinate specie chimiche o microbiche, così come di altri adulteranti o difettosità eventualmente presenti nei campioni.

## POTENZIALI APPLICAZIONI

- Applicabile a diversi alimenti per:
- ottenimento di una "fotografia chimica" del campione;
  - differenziazione rapida dei prodotti in classi qualitative o di difettosità;
  - determinazione simultanea (non invasiva e non distruttiva) di numerosi costituenti.



Es.capacità del NIR imaging di esaltare aspetti del campione(ammaccatura) non visibili a occhio nudo

# Analisi di immagini iperspettrali

## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Differenziazione di polimeri per imballaggi alimentari per l'applicazione in impianti di riciclaggio

## DESCRIZIONE APPLICAZIONE

Il biopolimero PLA viene impiegato in imballaggi ecologici, realizzati interamente da mais o canna da zucchero, ma ha un aspetto e una consistenza simili al comune PET con cui può essere confuso. La potenziale contaminazione da PLA nel flusso di riciclaggio del PET può avere un impatto negativo sulle proprietà fisiche del PET riciclato, rendendo il materiale inutilizzabile a causa della potenziale contaminazione. In questa applicazione, campioni di PET e PLA sono stati analizzati con l'imaging iperspettrale, quindi le immagini ottenute sono state elaborate per ottenere un modello matematico che può essere implementato in un sistema di cernita automatizzato, in grado di distinguere i due polimeri ed evitare la contaminazione.

## PARTNER COINVOLTI

Azienda produttrice di macchine per la selezione delle plastiche in impianti di riciclaggio

## TEMPI DI REALIZZAZIONE

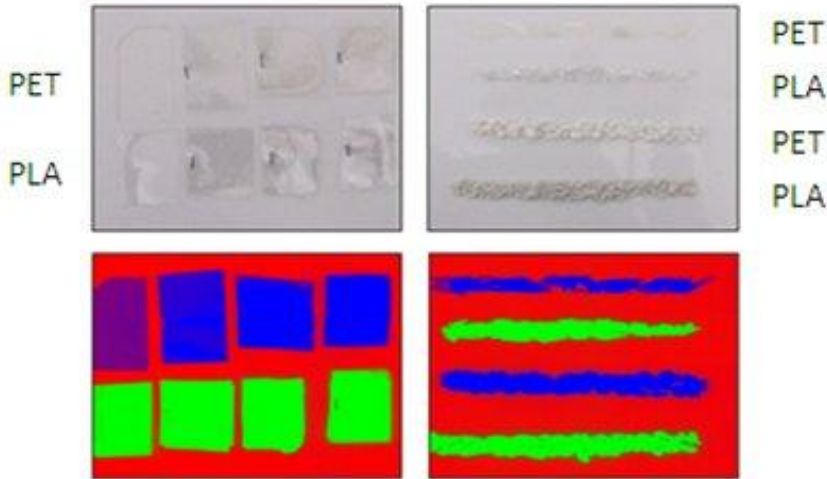
12 mesi

## RISULTATI OTTENUTI

I risultati hanno mostrato che è possibile distinguere i polimeri PET e PLA utilizzando l'imaging iperspettrale nella regione NIR evitando la contaminazione tra un polimero e l'altro nel flusso di riciclaggio. In particolare, è stato ottenuto un modello matematico da applicare a fini predittivi. Lo sviluppo di software ad elevate prestazioni per la gestione di tali grandi quantità di dati è un ulteriore risultato applicativo del lavoro.

## VALORIZZAZIONE

Le procedure che sono state messe a punto possono essere utilizzate per scopi di controllo di qualità e/o per la definizione delle logiche di smistamento nel processo di riciclaggio. I modelli potranno essere estesi al riconoscimento automatizzato di altre tipologie di materiali polimerici.



Polimeri trasparenti e loro corretta classificazione sulla base di immagini NIR iperspettrali



Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

## REFERENZE

Il gruppo di ricerca CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA collabora da oltre 10 anni con diverse aziende alimentari per lo sviluppo e la validazione di metodi rapidi e automatizzati per il monitoraggio di processo e il controllo di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.

# Laboratorio BIOGEST-SITEIA

## DESCRIZIONE LABORATORIO

BIOGEST SITEIA è il centro di ricerca interdipartimentale per il miglioramento e la valorizzazione delle risorse biologiche agro-alimentari dell'università di Modena e Reggio Emilia. Offre alle imprese servizi di ricerca industriale e applicata nell'ambito della filiera agro-alimentare. In particolare le attività del CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA sono principalmente rivolte allo sviluppo di metodi rapidi e non distruttivi per l'analisi di alimenti. Le competenze del laboratorio riguardano: • sviluppo e applicazione di algoritmi chemiometrici per la caratterizzazione di alimenti e materie prime • ottimizzazione di prodotti e processi mediante tecniche di disegno sperimentale • caratterizzazione di matrici alimentari mediante spettroscopia NIR • elaborazione di immagini digitali per la quantificazione del colore e per l'identificazione di difetti di alimenti e materie prime • mappatura chimica e identificazione precoce di difetti di campioni alimentari mediante immagini iperspettrali

**Scanner iperspettrale  
operante nell'intervallo  
900-1700 nm**



[www.biogest-siteia.unimore.it](http://www.biogest-siteia.unimore.it)

## Contatti

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)



# Analisi di immagini iperspettrali

## Imaging iperspettrale: che cosa? quanto? dove?

IMMAGINI  
IPERSPETTRALI

CONTROLLO  
QUALITA'

IDENTIFICAZIONE  
DIFETTI

CERNITA

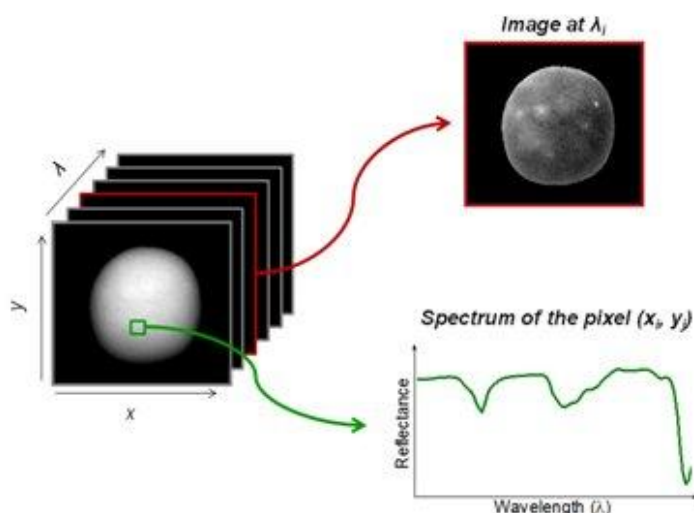
Settori applicativi

INDUSTRIE ALIMENTARI; PRODOTTI FARMACEUTICI DI BASE E PREPARATI FARMACEUTICI; ATTIVITA' DI RACCOLTA, TRATTAMENTO E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI; RECUPERO DEI MATERIALI

Piattaforma

Agroalimentare

Rappresentazione schematica della struttura di un'immagine iperspettrale



Laboratorio BIOGEST-SITEIA



Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

Contatti

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)  
Giorgia Foca, [giorgia.foca@unimore.it](mailto:giorgia.foca@unimore.it)

# Analisi di immagini iperspettrali

## DESCRIZIONE PRODOTTO

L'imaging iperspettrale nell'intervallo NIR consente di acquisire in pochi secondi immagini 3D del campione, ovvero immagini in cui per ogni pixel viene acquisito anche lo spettro infrarosso di quel punto del campione.

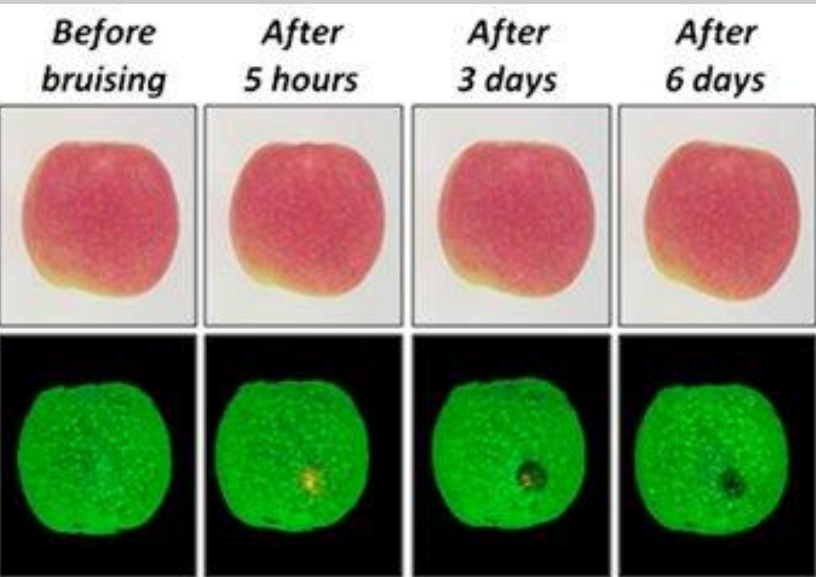
Tale analisi fornisce dati ricchissimi di informazione: infatti, se l'analisi dell'immagine convenzionale risponde alla domanda "dove" e la spettroscopia convenzionale risponde alle domande "che cosa" e "quanto", l'imaging iperspettrale risponde alla domanda congiunta "dove e quanto è che cosa", fornendo una caratterizzazione più completa del campione, particolarmente utile ai fini di identificazione e di controllo.

## ASPETTI INNOVATIVI

L'imaging iperspettrale è una tecnica emergente davvero interessante perché caratterizzata da elevate prestazioni in termini di tempo di analisi, costo, selettività e invasività nei confronti del campione. Consente di identificare e localizzare in maniera rapida e affidabile la presenza di determinate specie chimiche o microbiche, così come di altri adulteranti o difettosità eventualmente presenti nei campioni.

## POTENZIALI APPLICAZIONI

- Applicabile a diversi alimenti per:
- ottenimento di una "fotografia chimica" del campione;
  - differenziazione rapida dei prodotti in classi qualitative o di difettosità;
  - determinazione simultanea (non invasiva e non distruttiva) di numerosi costituenti.



Es.capacità del NIR imaging di esaltare aspetti del campione(ammaccatura) non visibili a occhio nudo

# Analisi di immagini iperspettrali

## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Differenziazione di polimeri per imballaggi alimentari per l'applicazione in impianti di riciclaggio

## DESCRIZIONE APPLICAZIONE

Il biopolimero PLA viene impiegato in imballaggi ecologici, realizzati interamente da mais o canna da zucchero, ma ha un aspetto e una consistenza simili al comune PET con cui può essere confuso. La potenziale contaminazione da PLA nel flusso di riciclaggio del PET può avere un impatto negativo sulle proprietà fisiche del PET riciclato, rendendo il materiale inutilizzabile a causa della potenziale contaminazione. In questa applicazione, campioni di PET e PLA sono stati analizzati con l'imaging iperspettrale, quindi le immagini ottenute sono state elaborate per ottenere un modello matematico che può essere implementato in un sistema di cernita automatizzato, in grado di distinguere i due polimeri ed evitare la contaminazione.

## PARTNER COINVOLTI

Azienda produttrice di macchine per la selezione delle plastiche in impianti di riciclaggio

## TEMPI DI REALIZZAZIONE

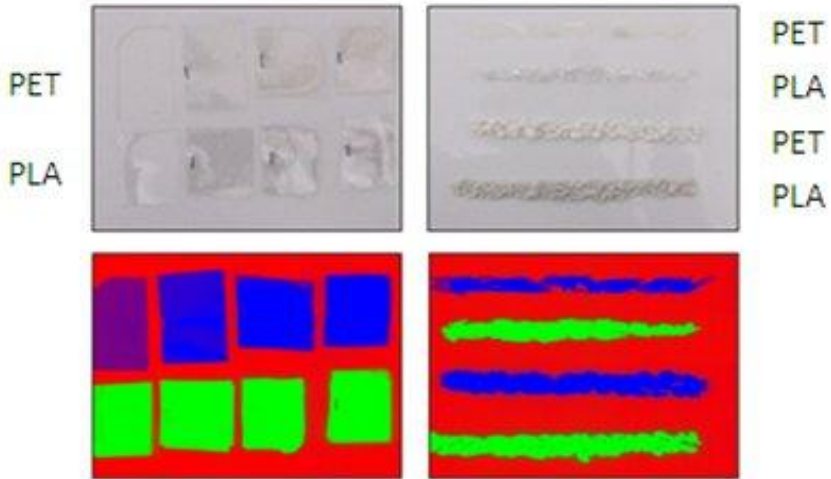
12 mesi

## RISULTATI OTTENUTI

I risultati hanno mostrato che è possibile distinguere i polimeri PET e PLA utilizzando l'imaging iperspettrale nella regione NIR evitando la contaminazione tra un polimero e l'altro nel flusso di riciclaggio. In particolare, è stato ottenuto un modello matematico da applicare a fini predittivi. Lo sviluppo di software ad elevate prestazioni per la gestione di tali grandi quantità di dati è un ulteriore risultato applicativo del lavoro.

## VALORIZZAZIONE

Le procedure che sono state messe a punto possono essere utilizzate per scopi di controllo di qualità e/o per la definizione delle logiche di smistamento nel processo di riciclaggio. I modelli potranno essere estesi al riconoscimento automatizzato di altre tipologie di materiali polimerici.



Polimeri trasparenti e loro corretta classificazione sulla base di immagini NIR iperspettrali



Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

## REFERENZE

Il gruppo di ricerca CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA collabora da oltre 10 anni con diverse aziende alimentari per lo sviluppo e la validazione di metodi rapidi e automatizzati per il monitoraggio di processo e il controllo di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.

# Laboratorio BIOGEST-SITEIA

## DESCRIZIONE LABORATORIO

BIOGEST SITEIA è il centro di ricerca interdipartimentale per il miglioramento e la valorizzazione delle risorse biologiche agro-alimentari dell'università di Modena e Reggio Emilia. Offre alle imprese servizi di ricerca industriale e applicata nell'ambito della filiera agro-alimentare. In particolare le attività del CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA sono principalmente rivolte allo sviluppo di metodi rapidi e non distruttivi per l'analisi di alimenti. Le competenze del laboratorio riguardano: • sviluppo e applicazione di algoritmi chemiometrici per la caratterizzazione di alimenti e materie prime • ottimizzazione di prodotti e processi mediante tecniche di disegno sperimentale • caratterizzazione di matrici alimentari mediante spettroscopia NIR • elaborazione di immagini digitali per la quantificazione del colore e per l'identificazione di difetti di alimenti e materie prime • mappatura chimica e identificazione precoce di difetti di campioni alimentari mediante immagini iperspettrali

**Scanner iperspettrale  
operante nell'intervallo  
900-1700 nm**



[www.biogest-siteia.unimore.it](http://www.biogest-siteia.unimore.it)

## Contatti

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)



# Utilizzo della spettroscopia NIR per l'analisi rapida di alimenti (Esempio del vino)

**Analisi non distruttiva in meno di un minuto**

SPETTROSCOPIA NIR

**METODI RAPIDI E NON DISTRUTTIVI**

ANALISI DATI

CONTROLLO QUALITA'

**Settori applicativi**

**Piattaforma**

Lo spettrofotometro utilizzato per l'analisi NIR

La spettroscopia NIR (spettroscopia nel vicino infrarosso) è una tecnica rapida ed economica per l'analisi della composizione dei campioni alimentari, che non devono essere "trattati", ma possono essere analizzati tal quali. In questo ambito, sono state realizzate con successo diverse ricerche, tra cui: classificazione di campioni di grano tenero in diverse classi qualitative a seconda della destinazione d'uso; individuazione della presenza di farina come adulterante all'interno della semola; monitoraggio del comportamento della farina in un processo industriale di panificazione; monitoraggio at-line della lievitazione in un processo industriale di panificazione; caratterizzazione mediante spettroscopia NIR di impasti gluten-free ; classificazione di campioni di grasso suino estratti da diversi strati adiposi sottocutanei; individuazione dell'adulterazione del contenuto in antociani del vino rosso per addizione di antociani estratti da riso nero

**INDUSTRIE ALIMENTARI; INDUSTRIA DELLE BEVANDE**

**Agroalimentare**



**Laboratorio BIOGEST-SITEIA**



Centro di Ricerca Interdipartimentale  
BIOGEST - SITEIA

**Contatti**

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)  
Giorgia Foca, [giorgia.foca@unimore.it](mailto:giorgia.foca@unimore.it)

# Utilizzo della spettroscopia NIR per l'analisi rapida di alimenti (Esempio del vino)

## DESCRIZIONE PRODOTTO

La messa a punto di metodi rapidi ed efficienti per l'identificazione di possibili adulterazioni è un aspetto chiave nell'industria alimentare. Nell'industria enologica, per rafforzare naturalmente l'intensità della colorazione dei vini rossi, si ricorre al taglio con uve estremamente ricche di antociani. Recentemente, sul mercato asiatico, è stata evidenziata la presenza di coloranti antocianici estratti da riso nero. Sebbene l'impiego in ambito enologico di antociani da riso nero non produca effetti negativi dal punto di vista tossicologico, in molti paesi (tra i quali l'Italia) questa pratica è da considerare a tutti gli effetti un'adulterazione perseguibile a norma di legge.

## ASPETTI INNOVATIVI

La determinazione del contenuto di antociani totali nel vino viene condotta mediante spettroscopia UV-Visibile che, pur essendo un metodo veloce ed affidabile, non consente la determinazione delle singole molecole. La provenienza degli antociani da specie vegetali diverse dall'uva può essere accertata mediante cromatografia HPLC che, tuttavia, è meno veloce e necessita di personale specializzato. La spettroscopia NIR coniuga la rapidità tipica delle tecniche spettroscopiche con la specificità caratteristica delle analisi separative.

## POTENZIALI APPLICAZIONI

Applicabile ad altri alimenti:

- costruzione di modelli predittivi per la differenziazione rapida dei prodotti in classi qualitative;
- costruzione di modelli predittivi per quantificare diverse proprietà (prevalentemente di natura chimica) dei prodotti;
- automatizzazione di sistemi di controllo con l'implementazione di opportune carte di controllo;
- incremento della conoscenza sul prodotto/processo mediante analisi esplorativa dei dati NIR.



**Soluzioni di antociani a diversa concentrazione**

# Utilizzo della spettroscopia NIR per l'analisi rapida di alimenti (Esempio del vino)

## ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Individuazione dell'adulterazione del contenuto in antociani del vino rosso per addizione di antociani estratti da riso nero

## DESCRIZIONE APPLICAZIONE

Sono stati preparati due set di campioni addizionati artificialmente con diversi quantitativi di vino Rossissimo dell'Emilia e di antociani estratti da riso nero, quindi i campioni sono stati sottoposti ad analisi NIR. Gli spettri acquisiti sono stati elaborati con varie tecniche di analisi del segnale allo scopo di discriminare i campioni adulterati con antociani provenienti da riso nero dai campioni non adulterati.

## PARTNER COINVOLTI

Azienda vinicola

## TEMPI DI REALIZZAZIONE

8 mesi

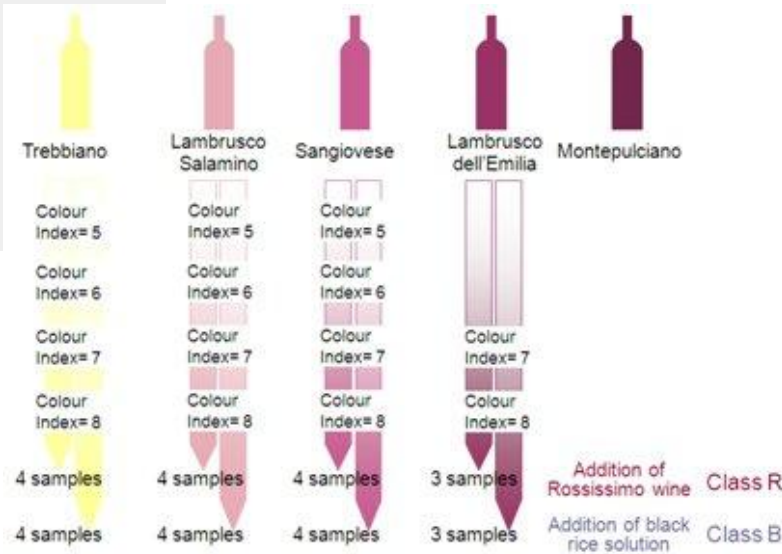
## RISULTATI OTTENUTI

I risultati confermano che la spettroscopia NIR è in grado di individuare prodotti adulterati con antociani da riso nero. Ciò dimostra che lo spettro NIR contiene le informazioni discriminanti di natura chimica che sono usualmente ricavate mediante analisi di laboratorio più costose e laboriose, con notevoli vantaggi di rapidità e semplicità di acquisizione dei dati sperimentali.

## VALORIZZAZIONE

Aumentando il numero e la varietà di campioni di vino commerciali, si può migliorare la capacità predittiva dei modelli stessi e la loro applicabilità a situazioni reali complesse. Inoltre, vari indizi raccolti in fase sperimentale fanno presumere che sia possibile mettere a punto modelli di calibrazione in grado di determinare non solo la presenza o l'assenza di adulterante, ma in qualche misura anche la sua concentrazione.

Piano di adulterazione dei campioni





## REFERENZE

Il gruppo di ricerca CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA collabora da oltre 10 anni con diverse aziende alimentari per lo sviluppo e la validazione di metodi rapidi e automatizzati per il monitoraggio di processo e il controllo di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.

## DESCRIZIONE LABORATORIO

BIOGEST SITEIA è il centro di ricerca interdipartimentale per il miglioramento e la valorizzazione delle risorse biologiche agro-alimentari dell'università di Modena e Reggio Emilia. Offre alle imprese servizi di ricerca industriale e applicata nell'ambito della filiera agro-alimentare. In particolare le attività del CHIMSLAB del BIOGEST-SITEIA sono principalmente rivolte allo sviluppo di metodi rapidi e non distruttivi per l'analisi di alimenti. Le competenze del laboratorio riguardano:

- sviluppo e applicazione di algoritmi chemiometrici per la caratterizzazione di alimenti e materie prime
- ottimizzazione di prodotti e processi mediante tecniche di disegno sperimentale
- caratterizzazione di matrici alimentari mediante spettroscopia NIR
- elaborazione di immagini digitali per la quantificazione del colore e per l'identificazione di difetti di alimenti e materie prime
- mappatura chimica e identificazione precoce di difetti di campioni alimentari mediante immagini iperspettrali

**I referenti del gruppo di ricerca  
CHIMSLAB del BIOGEST SITEIA**



[www.biogest-siteia.unimore.it](http://www.biogest-siteia.unimore.it)

## Contatti

Alessandro Ulrici, [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)