



Ricerca di Sistema elettrico

Applicazione sperimentale dei PEF

Francesca Bonfà, Ilaria Bertini, Anna Salama

APPLICAZIONE SPERIMENTALE DEI PEF

Francesca Bonfà, Ilaria Bertini, Anna Salama (ENEA)

con la collaborazione di Miriam Benedetti

Dicembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA


Piano Annuale di Realizzazione 2018

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Processi e macchinari industriali

Obiettivo: La tecnologia innovativa dei PEF per l'inattivazione microbica degli alimenti

Responsabile del Progetto: Ing. Ilaria Bertini, ENEA

Responsabile scientifico delle attività dell'obiettivo: Ing. Francesca Bonfà 

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	4
2 SPERIMENTAZIONE	5
2.1 LE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE	5
2.2 LA POPOLAZIONE MICROBICA.....	6
2.3 PREPARAZIONE DEI MICRORGANISMI PER L'INOCULO - COLTURA IN LABORATORIO	7
3 PROVE SPERIMENTALI.....	10
3.1 PARAMETRI PER LE APPLICAZIONI PEF	11
3.2 RISULTATI DI INATTIVAZIONE MEDIANTE PEF	12
APPLICAZIONI FUTURE.....	14
CONCLUSIONI	15
BIBLIOGRAFIA	15

Sommario

L'attività sviluppata ha riguardato l'applicazione dei Pulsed Electric Field (PEF) o campi elettrici pulsati per il trattamento di inattivazione batterica al mosto vino. Nella precedente annualità sono stati acquistati 7 ceppi di microrganismi: *Dekkera Anomala*, *Dekkera bruxellensis*, *Oenococcus oeni*, *Saccharomices bayanus var. uvarum*, *Lactobacillus plantarum*, *Escherichia coli*, *Pediococcus parvulus* con i quali contaminare il mosto di vino, latte e vino.

Nella precedente attività annuale sono stati applicati i campi elettrici pulsati al mosto di vino, vino e latte contaminati con *Lactobacillus plantarum*, *Escherichia coli*, *Pediococcus parvulus*. Come descritto nel report i risultati sperimentali ottenuti dimostrano che il trattamento con i PEF è molto efficace per l'inattivazione dei ceppi contaminanti¹.

Il lavoro del trimestre ha invece riguardato l'applicazione dei PEF al mosto di vino contaminato con *Dekkera Anomala*, *Dekkera bruxellensis*, *Oenococcus oeni*, *Saccharomices bayanus var. uvarum*. I risultati conseguiti dimostrano che, anche per questi ceppi, la sperimentazione ha portato a dei buoni risultati. Tali microrganismi hanno un ruolo molto importante nel processo di vinificazione, in particolare il batterio *Oenococcus oeni* che è responsabile della fermentazione malolattica (FML), precisamente, della degradazione dell'acido malico in acido L-lattico. Come già visto, la FML è quel processo che porta il vino a maturazione. Di fatto, i batteri lattici innescano la FML, in seguito all'aumento di temperatura che naturalmente si verifica in primavera.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di ridurre la carica dei vini dopo la fermentazione alcolica, e allo stesso tempo migliorare la fermentazione malolattica. Con l'applicazione dei PEF si conseguirà un duplice beneficio: oltre all'inattivazione dei microrganismi, si otterrà la diminuzione dei tempi per la fermentazione grazie alla rapidità di rilascio dei componenti essenziali come ad es. i polifenoli. Tutto ciò si traduce in una riduzione dei costi di lavorazione, nell'opportunità di ottenere un prodotto con migliori caratteristiche organolettiche e nell'estrazione di sottoprodotti da valorizzare con successive trasformazioni nell'industria chimica o alimentare (considerazione valida anche nel caso di eventuali applicazioni della tecnologia ad altri prodotti alimentari, come ad es. nel caso dell'estrazione di **carotenoidi** dalle bucce di pomodoro o dei **composti fenolici** dal succo d'arancia, per citare due esempi già trattati in letteratura). La carica batterica è stata ridotta, precisamente, i batteri dell'acido lattico sono stati ridotti mentre i batteri dell'acido acetico sono stati completamente eliminati dopo il trattamento con PEF. Infine, la qualità sensoriale del vino trattato è stata considerata migliore dopo il trattamento con PEF. Pertanto, la tecnologia PEF è una tecnologia importante che permette di migliorare la prestazione di fermentazione malolattica, ad es. con l'inoculo dell'*Oenococcus Oeni* nel mosto d'uva si ottiene un migliore sviluppo della malolattica e accelera la fermentazione.

1 Introduzione

Partendo dai risultati sperimentali ottenuti in precedenza, in questo trimestre, come già evidenziato nel paragrafo precedente, sono state effettuate le sperimentazioni sul mosto di vino dopo averlo inquinato con *Dekkera Anomala*, *Dekkera Bruxellensis*, *Oenococcus Oeni*, *Saccharomices bayanus var. uvarum*.

¹ sopra indicati

La scelta della tipologia dei lieviti e dei batteri deriva principalmente dalle seguenti ragioni: il lievito *Dekkera Bruxellensis* che viene usato intercambiabilmente con *Brettanomyces*, ha la caratteristica che, in soluzioni glucosate, produce grandi quantità di acido acetico. Come già detto, il lievito può portare alla formazione di diversi composti che si generano quando lo stesso si riproduce nel vino e possono alterare l'aroma del vino.

Per quanto riguarda il batterio *Oenococcus Oeni*² appartenente alla specie di batteri lattici, è responsabile della fermentazione malolattica del vino. Per l'avvio della sperimentazione, le fasi preliminari di sviluppo consistono in una doppia filtrazione del mosto d'uva, effettuata prima mediante dei filtri da 4-5 µm e, successivamente, attraverso dei filtri da 0,45 µm. Il mosto di vino filtrato viene quindi trasferito in recipienti sterili, dove poi sono stati inoculati con i ceppi sopra indicati.

2 Sperimentazione

Analogamente alle prove sperimentali, effettuate nella scorsa annualità, le stesse sono state condotte presso i laboratori del dipartimento di microbiologia della facoltà di chimica e il laboratorio di elettronica di potenza della facoltà di ingegneria, e sviluppate anche questa volta in tre fasi. Al fine di determinare, quantitativamente e qualitativamente, la carica presente nei campioni, nella prima fase è stata condotta l'analisi microbiologica dei liquidi filtrati-campioni prima di effettuare l'inoculo di inquinante.

La procedura e la sequenza utilizzata, simile alla precedente, è costituita dai passi di seguito elencate.

1. Fase iniziale di filtrazione e di determinazione della carica batterica presente e di origine naturale.
2. Fase secondaria di inquinamento del mosto di vino con i ceppi di *Dekkera Anomala*, *Dekkera bruxellensis*, *Oenococcus oeni*, *Saccharomyces bayanus var. uvarum*.
3. Applicazione dei PEF per determinate condizioni di prova.

2.1 Le caratteristiche chimico-fisiche

Prima di procedere con la preparazione dei campioni, come descritto nel report ..., è stata ripetuta l'analisi chimico fisica della matrice.

Per la determinazione dei parametri chimico-fisici, come la percentuale di alcool, i livelli di glucosio e fruttosio, acido malico e acido lattico ed i valori di pH, acidità totale e acidità volatile è stato utilizzato l'analizzatore per i vini, OENOFOS, rappresentato in Figura 1. I risultati delle analisi microbiologiche, sui campioni senza pretrattamento sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1- Caratteristiche chimico-fisiche

PARAMETRI CHIMICO-FISICI	MOSTO DI VINO (g/l)
Alcool	12.3%
Glucosio e fruttosio	0.7
Acido malico	1.70
Acido lattico	0.30
pH	3.62
Acidità totale	6.10
Acidità volatile	0.34

² è un batterio gram positivo



Figura 1 – Analizzatore OENOFLOSS

2.2 La popolazione microbica

Lo studio effettuato ha riguardato la valutazione dell'uso della tecnologia a campi elettrici pulsati (PEF), come sistema alternativo di controllo microbiologico del mosto di vino .

Le fasi procedurali hanno previsto dopo le fasi di preparazione dei campioni e applicazione dei PEF:

1. controllo della sopravvivenza dei microrganismi;
2. valutazione dei risultati.

I campioni in seguito alla filtrazione sono inoculati con le sospensioni microbiche preparate come descritto precedentemente.

In seguito alla preparazione dell'inoculo, la concentrazione batterica nei campioni di mosto di vino è stata confermata mediante conta su piastra, utilizzando terreni colturali e tempi di incubazione specifici per ogni microrganismo.

Come già illustrato nel Report RdS/ 2017/17, i microrganismi scelti [1] sono caratterizzate dalle seguenti funzioni:

- *Oenococcus Oeni* è un batterio Gram-positivo appartenente alla famiglia delle *Leuconostocaceae*. Tale specie di batteri lattici è responsabile della fermentazione malolattica del vino. Come visto, la malolattica non è una vera fermentazione, bensì una degradazione dell'acido malico in acido L-lattico.

- *Saccharomyces Bayanus var. uvarum* . Il *Saccharomyces bayanus* è un lievito del genere *Saccharomyces* ed è strettamente imparentato con il *Saccharomyces cerevisiae*.

- *Dekkera Bruxellensis* . Il nome *Dekkera* viene usato intercambiabilmente con *Brettanomyces* , i lieviti appartenenti alla specie *Brettanomyces* fanno parte della famiglia dei *Pichiaceae*, il lievito è acidogenico e si riproduce velocemente in soluzioni glucosate producendo grandi quantità di acido acetico. Le ragioni che hanno portato alla sua scelta, sono legati alla formazione di diversi composti che si generano quando, il lievito si riproduce nel vino e che possono alterare l'aroma del vino. Si evidenzia che quando i livelli dei composti sensoriali superano una determinata soglia, la loro percezione è quasi sempre negativa³ .

³ Le soglie sensoriali possono differire tra le singole persone

2.3 Preparazione dei microrganismi per l'inoculo - coltura in laboratorio

Per la sperimentazione sul vino che sarà illustrata, a differenza della precedente attività, è stata effettuata una singola filtrazione mediante filtri da 0,45 μm , seguita da un rapido raffreddamento. Il vino, quindi, è stato trasferito in bottiglie sterili che sono state contaminate con i ceppi selezionati.

Per lo sviluppo dell'attività, i microrganismi selezionati sono:

- *Oenococcus oeni* LMG 09851
- *Dekkera bruxellensis* van der Walt CBS 72
- *Saccharomyces bayanus* var. *uvarum* Beijerinck, teleomorph CBS395
- *Dekkera anomala* Smith et van Grinsven CBS 77

Nell'ambito dell'attività, le specie considerate sono diverse sia come quantità e sia come topologia. Si stima, che la quantità microbica varia da valori bassi, intorno a, tre ordini⁴ di grandezza (10^3) di ufc/g per l'uva immatura a, man mano che la maturazione si completa⁵, valori compresi tra ($10^4 \div 10^6$) ufc/g. Nell'uva matura più della metà della popolazione microbica totale è rappresentata dai lieviti *Hanseniaspora spp* (*Kloeckera*) e *Metschnikowia* mentre i lieviti delle specie *Dekkera*, *Candida*, *Pichia*, sono presenti in percentuale minore.

I ceppi acquistati sono pervenuti in forma liofila. Pertanto, Il liofilizzato è stato rivivificato nei terreni coltura e secondo le modalità di incubazione suggeriti dal produttore, precisamente, i microrganismi sono stati fatti crescere sui terreni di coltura e secondo le modalità di incubazione descritti nella Tabella 2.

Tabella 2- Microrganismi e condizioni di crescita

Microrganisms	Culture Medium	Temperature and time of incubation
<i>Oenococcus oeni</i>	Glucose 10.0 g, Peptone 10.0 g, Yeast extract 5.0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.20 g, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.05 g, Tomato juice 250.0 ml, Agar 15.0 g, Distilled water 750.0 ml	37°C – 4gg
<i>Saccharomyces bayanus</i>	Yeast and Mould Broth (YMB) - Yeast and Mould Agar (YMA)	25°C – 48h
<i>Dekkera bruxellensis</i>	Yeast and Mould Broth (YMB) - Yeast and Mould Agar (YMA)	25°C – 4gg
<i>Dekkera anomala</i>	Yeast and Mould Broth (YMB) - Yeast and Mould Agar (YMA)	25°C – 4gg

Quando un microrganismo viene trasferito in un substrato adatto, ovvero in cui è in grado di utilizzare i costituenti, si moltiplica; la moltiplicazione segue un certo numero di fasi, legate l'una all'altra senza soluzione di continuità le quali, nell'insieme, formano la cosiddetta curva di crescita, ampiamente trattata nella precedente annualità⁶.

⁴ al massimo

⁵ Si rimanda per il dettaglio all'annualità precedente

⁶ Si rimanda alla trattazione e rappresentazione della crescita microbica a S dell'equazione di Gompertz.

La curva di crescita batterica, ottenuta riportando su un grafico cartesiano in ascissa il tempo ed in ordinata il numero di cellule vitali, dà un'indicazione dell'andamento della crescita in una popolazione batterica. La curva può essere divisa in quattro sezioni:

- fase di *latenza (fase lag)*, che è il periodo impiegato dal microrganismo ad adattarsi all'ambiente;
- fase di *crescita esponenziale (fase log)*, in cui il microrganismo si moltiplica velocemente, sfruttando al massimo le risorse dell'ambiente;
- fase *stazionaria*, dove il microrganismo arresta la sua crescita, poiché uno o più nutrienti sono terminati. I batteri che si dividono e quelli che muoiono sono in equilibrio, alcune cellule entrano in uno stato di latenza;
- fase di *declino* (o di morte), in questa il numero di microrganismi comincia ad abbassarsi, poiché le cellule morte iniziano a superare quelle in divisione o in latenza.

La velocità di crescita corrisponde alla variazione del numero di cellule o della massa per unità di tempo. L'intervallo di tempo durante il quale si formano due cellule a partire da un singolo individuo è chiamato generazione; il tempo di generazione varia molto in base ai microrganismi.

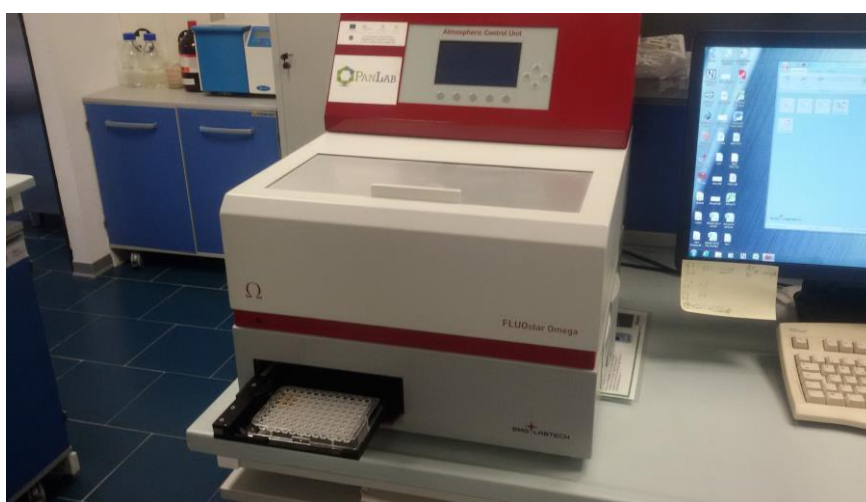


Figura 2 . Fluostar Omega per determinare la curva di crescita

La crescita batterica è stata monitorata mediante la misurazione della densità ottica o assorbanza utilizzando uno spettrofotometro. Una sospensione cellulare appare torbida perché ogni cellula riflette la luce. Quanto maggiore è il numero di cellule presenti, tanto più la sospensione riflette la luce e tanto maggiore è la torbidità. È stato utilizzato un plate reader (Fluostar Omega), come rappresentato in Figura 2, all'interno del quale sono state incubate le sospensioni batteriche nei terreni e alle temperature specifiche per ciascun ceppo ed è stata impostata la lettura della densità ottica a 600nm ogni 30 min per 72 h. Dopo aver ottenuto le curve di crescita, e aver stabilito per ciascun ceppo la fase logaritmica si è proceduto all'allestimento degli inoculi.

I ceppi prelevati in fase logaritmica sono stati centrifugati, lavati con soluzione fisiologica sterile (SF: 0,8% NaCl - 0,1% Peptone) e risospesi in SF in modo da ottenere una OD_{600} corrispondente a 10^8 unità formanti colonia (CFU)/ml, utilizzando come riferimento lo standard McFarland 0,5 (gli standard McFarland sono usati come standard di torbidità nella preparazione di sospensioni batteriche, in modo da ottenere una certa concentrazione di cellule per volume di sospensione) e confermando la concentrazione cellulare mediante conta vitale.

La conta vitale è la determinazione del numero delle cellule vitali, ed è stata eseguita mediante conta su piastra, mediante piastramento in superficie (o per spatolamento) del campione opportunamente diluito.

Per contare le colonie bisogna evitare una crescita confluyente, quindi sono state allestite delle diluizioni progressive con SF e i batteri, derivanti da tutte le diluizioni, sono stati seminati su piastre diverse.

Nel piastramento in superficie, un volume corrispondente a 0,1 ml o meno, di una coltura opportunamente diluita è stato distribuito sulla superficie di una piastra di terreno specifico per ogni microrganismo, con una spatola sterile.

L'analisi microbiologica delle matrici, dopo la filtrazione ha evidenziato l'efficacia del trattamento di filtrazione, infatti risultavano privi di microrganismi e quindi pronti per i successivi inoculi.

I microrganismi *Oenococcus oeni*, *Saccharomyces bayanus*, *Dekkera bruxellensis*, *Dekkera anomala*, sono stati osservati al microscopio ad un ingrandimento di 1000 x la linea corrisponde a 100 nm, come rappresentato in Figura 3.

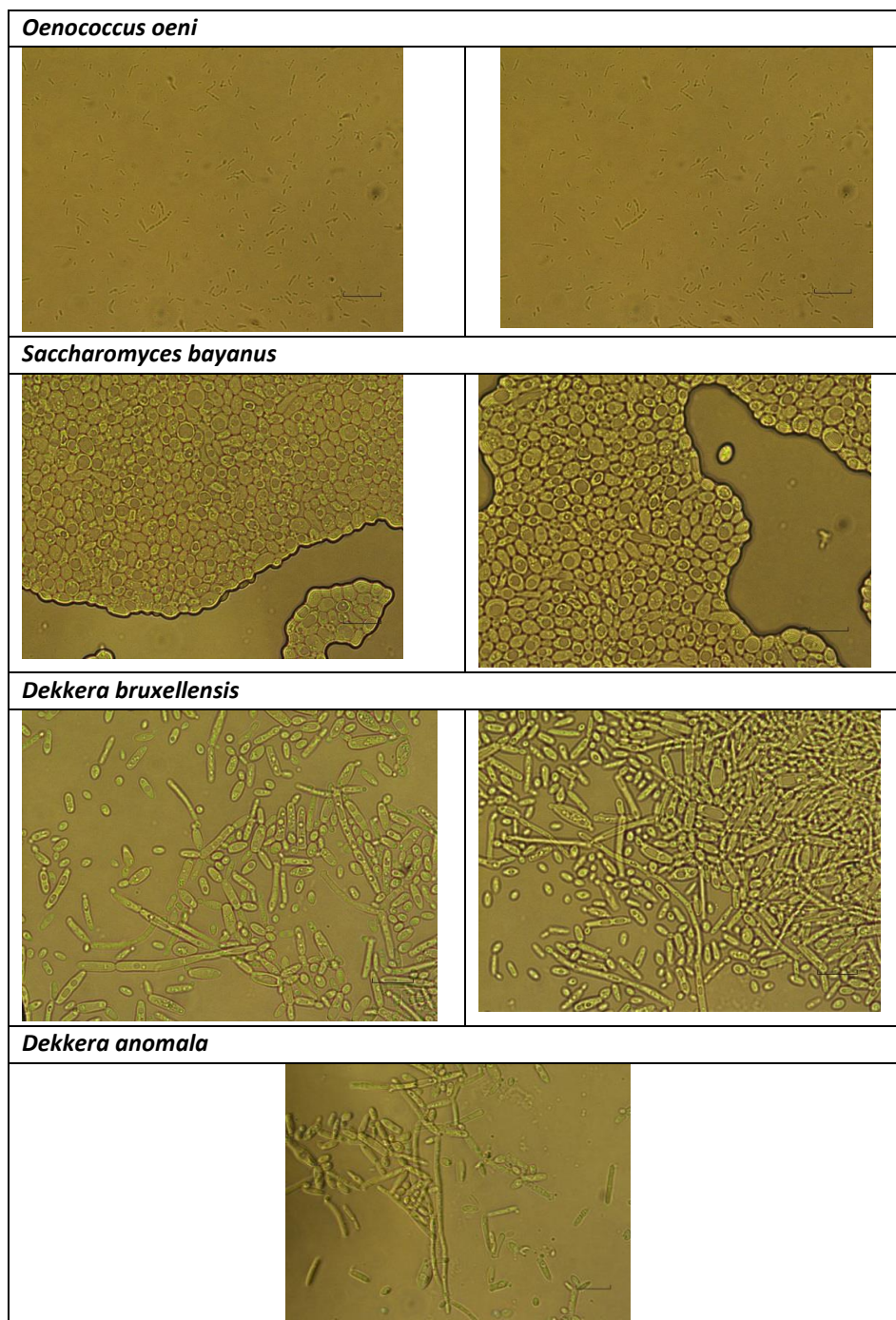


Figura 3- Osservazione al microscopio elettronico. Foto dei microrganismi.

3 Prove sperimentali

Analogamente all'attività della precedente annualità è stata calcolata l'energia per impulso E_{PEF} , noti l'intensità del campo elettrico e degli impulsi applicati misurati, con una sonda ad alta tensione e una sonda di corrente collegati a un oscilloscopio, mentre l'energia specifica totale applicata $E_{PEF(tot)}$ è stata calcolata moltiplicando l'energia per impulso E_{PEF} per il numero di impulsi, calcolando con l'equazione (1) l'energia per impulso E_{PEF} .

$$E_{PEF} = \frac{1}{\rho} \int_0^{\infty} I(t) \times V(t) dt \quad (1)$$

dove I è l'intensità di corrente (A), V (V) è la tensione applicata e t (s) è la durata dell'impulso. I risultati dell'applicazione, in termini di inattivazione della carica batterica, dipendono dalla quantità di energia trasmessa al microorganismo. Nelle tabelle di seguito illustrate, è riportato il volume di liquido trattato che dipende dalla distanza tra gli elettrodi, gli elettrodi di forma circolare hanno un raggio di 4 cm.

3.1 Parametri per le applicazioni PEF

A partire dalle applicazioni svolte nell'annualità precedente e considerando anche i risultati ottenuti dalla sperimentazione di C. Delsart ed E. Puertolas [2], si è ritenuto opportuno variare il protocollo di trattamento PEF del vino contaminato, aumentando il numero di impulsi sui campioni in funzione del campo elettrico applicato, rispetto a quanto fatto negli esperimenti precedenti, al fine di trasferire un ammontare complessivo di energia capace di inattivare le popolazioni di lieviti.

Oltre questo, con lo scopo di ridurre il tempo di trattamento, gli impulsi sono stati spazati temporalmente di 0.5s, anziché 5s, cosa che ha permesso di portare la durata del processo, nella più sfavorevole delle condizioni, ad un tempo massimo di 25 minuti (3000 impulsi).

I campioni inoculati erano mantenuti a 20-25 ° C fino al momento del trattamento con i PEF.

In seguito ad ogni trattamento è stato prelevato un campione idoneo, normalmente 5 ml, ed è stato determinato il numero di microrganismi vitali mediante conta su piastra, eseguita secondo modalità descritte precedentemente. I risultati venivano espressi come CFU per ml di prodotto tal quale.

I parametri di esecuzione delle applicazioni sono riportati nelle Tabelle 4-6.

Tabella 3- Parametri per il trattamento del microorganismo Dekkera anomala.

Dekkera anomala				
Volume [ml]	Campo elettrico [kV/cm]	Corrente [A]	Impulsi [n°]	Densità di energia [kJ/l]
50,26	13	190	3000	45,73
25,13	26	214	3000	91,46
12,565	52	223	2500	152,43

Tabella 4- Parametri per il trattamento del microorganismo Dekkera bruxellensis.

Dekkera bruxellensis				
Volume [ml]	Campo elettrico [kV/cm]	Corrente [A]	Impulsi [n°]	Densità di energia [kJ/l]
50,26	13	197	3000	45,73
25,13	26	217	3000	91,46
12,565	52	230	2500	152,43

Tabella 5- Parametri per il trattamento del microorganismo *Saccharomyces uvarum*.

Saccharomyces uvarum				
Volume [ml]	Campo elettrico [kV/cm]	Corrente [A]	Impulsi [n°]	Densità di energia [kJ/l]
50,26	13	195	3000	45,73
25,13	26	220	3000	91,46
12,565	52	228	2500	152,43

Tabella 6- Parametri per il trattamento del microorganismo *Oenococcus oeni*.

Oenococcus oeni				
Volume [ml]	Campo elettrico [kV/cm]	Corrente [A]	Impulsi [n°]	Densità di energia [kJ/l]
50,26	13	200	3000	45,73
25,13	26	222	3000	91,46
12,565	52	230	2500	152,43

3.2 Risultati di inattivazione mediante PEF

Le sperimentazioni sono state effettuate applicando, le condizioni riportate al § 3.1.

La quantità di energia trasmessa dipende, dalla distanza tra gli elettrodi che determina l'intensità del campo elettrico generato. L'inattivazione dei microrganismi dipende dalle caratteristiche dello stesso, oltre che, dalla densità di energia dai quali dipende l'efficacia dell'applicazione.

Le applicazioni sono state condotte su una **concentrazione iniziale** differente per ogni tipologia di inquinante, di seguito elencate:

- **Saccharomyces uvarum** ⇒ $6,4 \times 10^6$ [cfu/ml]
- **Oenococcus oeni** ⇒ $1,1 \times 10^5$ [cfu/ml]
- **Dekkera anomala** ⇒ $1,4 \times 10^6$ [cfu/ml]
- **Dekkera bruxellensis** ⇒ $5,1 \times 10^6$ [cfu/ml]

L'analisi microbiologica dopo l'applicazione dei PEF ha evidenziato l'efficacia del trattamento, infatti, in esse la carica batterica risulta drasticamente diminuita, come rappresentato dalle curve di decadimento della carica batterica, per le condizioni di applicazione specifiche per ogni microorganismo, rappresentate nelle Figura 4, Figura 5, Figura 6 e Figura 7.

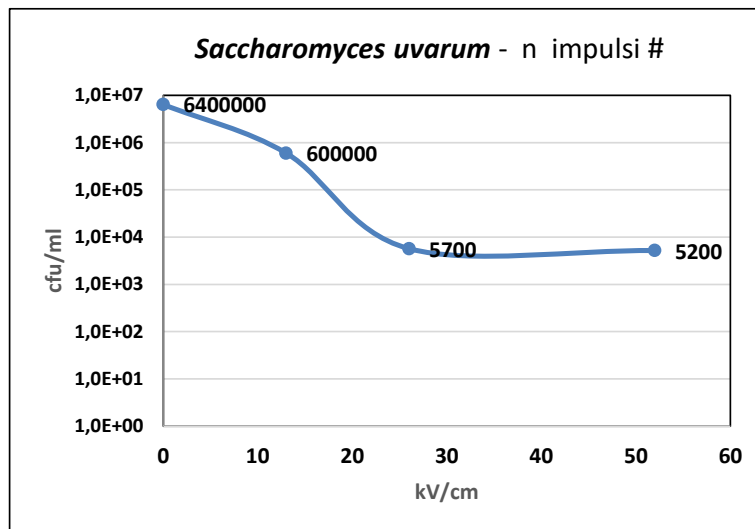


Figura 4 . Curva di decadimento per *Saccharomyces uvarum*

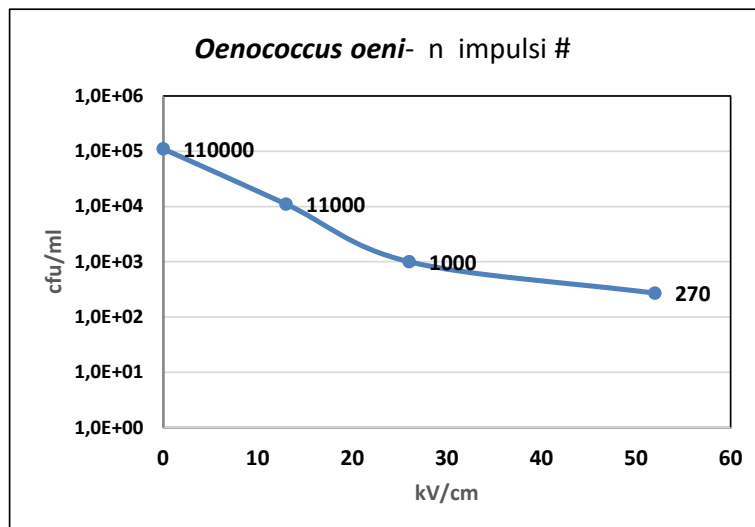


Figura 5 Curva di decadimento per *Oenococcus oeni*

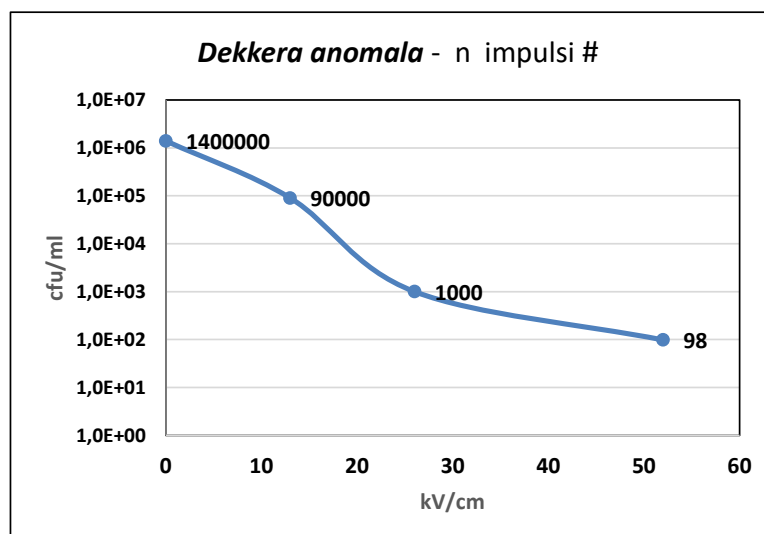


Figura 6 . Curva di decadimento per *Dekkera anomala*

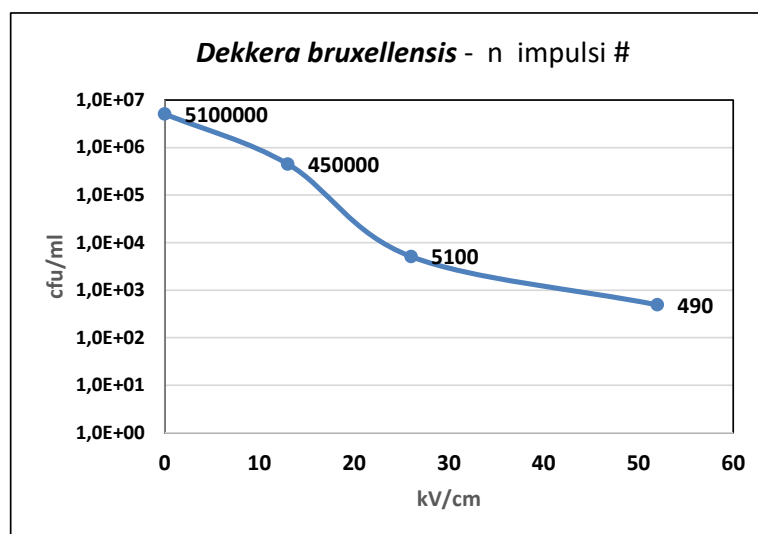


Figura 7. Curva di decadimento per *Dekkera bruxellensis*

Applicazioni future

Al termine dell'attività, si illustrano le opportunità, i benefici e le criticità derivanti da esperienze industriali, che applicano i PEF per migliorare i loro prodotti commerciali. Precisamente, si elencano i vantaggi e gli svantaggi delle seguenti sperimentazioni:

- 1) nella produzione di patatine fritte;
- 2) estrazione del licopene e carotenoidi dalle bucce di pomodoro.

Relativamente al punto 1) l'applicazione dei PEF alle patate da destinare alla produzione di patatine fritte riscontrati i seguenti vantaggi: aumento della resa produttiva, grazie all'aumento dell'amido. L'aumento del contenuto d'amido viene misurato dalla torbidità dell'acqua di lavorazione, ovvero quanto più chiara è l'acqua tanto maggiore è l'amido rimasto nelle patate. L'aumento del contenuto di amido porta a una maggiore resa in termini di peso [3].

Altro beneficio di questa applicazione, riguarda l'elasticità delle pareti delle patate che comporta un minore sforzo nel taglio delle stesse, ovvero l'elettroporazione, provoca una rottura fragile. Un altro beneficio, riguarda il minor consumo di olio nel pretrattamento di frittura dovuto al fatto che la superficie delle patate sottoposta ai PEF è più liscia, e quindi assorbe meno olio e consente un taglio è più pulito con meno sfridi.

Un aspetto negativo è rappresentato dall'impiego dei PEF la produzione della qualità del purè che risulta peggiore poiché si formano una quantità maggiore di grumi, poiché l'amido svolge un'azione da collante.

Anche per l'applicazione del punto 2, analogamente alla precedente, l'applicazione dei PEF ai pomodori come pretrattamento facilita il peeling delle bucce. Inoltre, per la permeabilizzazione delle membrane cellulari, delle bucce di pomodoro, è sufficiente applicare un campo elettrico inferiore a 10 kV/cm e una energia inferiore a 10 kJ/kg [4]. Le opportunità derivanti dall'applicazione dei PEF sono rappresentate dal recupero di composti intracellulari dalle parti interne delle cellule, infatti, le bucce di pomodoro sono ricche di nutrienti importanti, come proteine, lipidi, carboidrati e fibre e costituiscono una fonte primaria di diversi carotenoidi. Attualmente, le bucce di pomodoro hanno un impiego **a basso valore aggiunto**, di fatto, sono utilizzati come mangimi per gli animali e fertilizzanti, oppure, avviate direttamente in discarica.

Le bucce di pomodoro, insieme ai semi e alla polpa inutilizzata, sono i principali sottoprodotti della trasformazione della frutta del pomodoro, che rappresentano il 25% in peso dei pomodori trattati totali.

Esse potrebbero essere valorizzate, nell'industria chimica e farmaceutica, estraendo da esse composti ricchi di carotenoidi. Ad es. il Licopene, è il prodotto più abbondante che si accumula sulle bucce di pomodoro e

può essere utilizzato in diversi prodotti alimentari⁷, in prodotti cosmetici per la pelle⁸, in prodotti farmaceutici grazie alle sue proprietà di ridurre il rischio di malattie cardiovascolari e di deterioramento cognitivo.

I processi di estrazione convenzionali dei carotenoidi, si basano sulla macerazione dei sottoprodotti, usando un solvente organico (ad esempio acetone, esano, etanolo, etere dietilico, metanolo e etere di petrolio) o una miscela di solventi con elevata affinità per lipidi solubili composti. Tuttavia, questi metodi richiedono molto tempo e spesso richiedono grandi quantità di solventi, temperatura relativamente alta, e può eventualmente portare al degrado del termosensibile dei composti, come i carotenoidi, nonché all'aumento dei costi di lavorazione. Inoltre, prima dell'estrazione, i sottoprodotti richiedono spesso un pre-trattamento, come ad es. l'essiccazione, che oltre ad essere costoso, può causare perdite significative di composti preziosi.

Recentemente, il progetto "FieldFood" [6] ha studiato la possibilità di accoppiare un lieve pre-trattamento di pomodori interi da campo elettrico a impulsi (PEF) a intensità di campo e input di energia inferiore a 1 kV / cm e 1 kJ / kg, rispettivamente, con un trattamento di steam blanching (SB). Ottenendo, quindi, un trattamento peeling meno energico, rispetto a un convenzionale processo di peeling. Pertanto, questa tecnologia consentirebbe di evitare che le bucce dei pomodori vengano inviati direttamente in discarica.

Conclusioni

Le prospettive future per l'applicazione industriale su larga scala dei PEF in Italia dipendono molto dalla fattibilità tecnico-economica e dalla propensione delle aziende agroalimentari italiane, tipicamente medio-piccole, a modificare i loro processi produttivi. Nel corso del triennio passato del presente progetto, e anche nell'ambito di altri progetti di ricerca internazionali, è stato dimostrato come i PEF possono essere utilizzati con successo per sostituire processi industriali fortemente energivori e in particolare con elevato utilizzo di energia termica, permettendo di conseguire risparmi energetici importanti.

Tuttavia, la loro applicazione capillare alla realtà industriale italiana risulta ancora lontana.

In questo ambito, l'analisi dei benefici ottenibili dalle applicazioni secondarie dei PEF, ovvero dall'utilizzo degli scarti organici di prodotti alimentari trattati con i PEF, potrebbe consentire di incrementare i vantaggi (energetici, economici ed ambientali) derivanti dall'utilizzo di tale tecnologia. Infatti, oltre al risparmio energetico nel processo produttivo "cardinale" entrerebbero nel computo totale anche i risparmi derivanti dalla vendita degli scarti di elevata qualità e dalla riduzione dell'energia necessaria per lavorarli e renderli nuovamente utilizzabili ad es. nel settore chimico-farmaceutico [6].

Un'analisi completa dei vantaggi derivanti dall'utilizzo dei PEF per la produzione agroalimentare che includa eventuali sottoprodotti potrebbe quindi portare notevoli vantaggi ai fini dell'effettiva introduzione sul mercato di tale tecnologia.

Bibliografia

- [1] Microbiologia enologica (ottobre 2014). Giovanna Suzzi e Rosanna Tofalo.
- [2] Impact of pulsed-electric field and high-voltage electrical discharges on red wine microbial stabilization and quality characteristics. Autori: C. Delsart, N. Grimi, N. Boussetta, C. Miot Sertier, R. Ghidossi, E. Vorobiev and M. Mietton Peuchot.
- [3] Impact of pulsed electric field (PEF) pretreatment on process performance of industrial French fries production. Autori: T. Fauster D. Schlossnikl, F. Rath , R. Ostermeier , F. Teufel , S. Toepfl , H. Jaeger .

⁷ integratori

⁸ grazie alle sue proprietà antiossidante

- [4] Improved extractability of carotenoids from tomato peels as side benefits of PEF treatment of tomato fruit for more energy-efficient steam-assisted peeling. Autori: G. Pataro, D. Carullo, Md A. Bakar Siddique M. Falcone F. Donsi ,G. Ferrari.
- [5] Report 635632-FieldFOOD-H2020.
- [6] Pulsed electric field assisted extraction of anthocyanins. Puertolas, E., Cregenzan, O., Luengo, E., Alvarez, I., Raso, J., 2013.