



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

Relazione finale – Progetto Ecoberries

Relazione sulle attività dell'unità operativa coordinata dal prof. Marco Dalla Rosa (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari) nell'ambito del progetto *CORE Organic Plus “Innovative and eco-sustainable processing and packaging for safe and high quality organic berry products with enhanced nutritional value” (ECOBERRIES)*

Le attività svolte nell'ambito del progetto di ricerca hanno riguardato l'approfondimento dell'effetto di trattamenti non-termici innovativi accoppiati con quelli tradizionali, come ad esempio la disidratazione osmotica, per migliorare la funzionalità dei prodotti finiti ad umidità intermedia (*semi-dried*). Di seguito verranno dettagliate le principali attività svolte ed alcuni risultati ottenuti.

Introduzione

Disidratazione osmotica (OD) è una tecnologia non-termica e consiste nell'inserire alimento in una soluzione ad elevata pressione osmotica per indurre flussi di acqua verso l'esterno e flussi di soluti verso l'interno, ottenendo prodotti di migliore qualità che possono essere conservati più a lungo (Tylewicz et al., 2011).

Essendo il trattamento osmotico un processo molto lungo e lento di norma vengono effettuati pretrattamenti che ne permettono di migliorare i coefficienti di scambio di materia e velocizzare il processo, come ad esempio gli campi elettrici pulsati (PEF) o ultrasuoni (US).

I campi elettrici pulsati (PEF), sfruttando la corrente generata da un campo elettrico ad impulsi, hanno la capacità di modificare la permeabilità dei tessuti vegetali predisponendo i prodotti trattati a ingenti trasferimenti di massa. L'effettiva efficacia del trattamento dipende dalle condizioni di processo impostate come: tensione, tempo di trattamento e durata degli impulsi; ma anche la tipologia di prodotto sottoposta al trattamento (Barba et al., 2015).

Gli ultrasuoni ad alta intensità (Power US) sono onde meccaniche con una frequenza al di sopra di quella dell'udito umano (>20 kHz) e sono stati utilizzati con successo come pretrattamento durante diversi processi allo scopo di aumentare la velocità di trasferimento di massa e ridurre i costi. Il miglioramento dei processi di diffusione è dovuto principalmente all'“effetto spugna”, che è il risultato di compressioni e decompressioni di materiale in cicli successivi associati alla propagazione delle onde acustiche. Questo fenomeno può provocare la formazione di canali microscopici nel tessuto, distruzione delle pareti e membrane cellulari, aumentando così la mobilità dell'acqua (Nowacka et al., 2014).

Il trattamento OD è stato condotto su tre diversi frutti biologici selezionati: fragola, kiwifruit e cranberries.

Inoltre, sono stati studiati le diverse tipologie di *coating* edibile per aumentare la *shelf-life* di mirtilli. L'utilizzo di film edibili, generalmente a base di polisaccaridi, lipidi o proteine, contribuisce al prolungamento della *shelf-life* della frutta fresca tagliata, rallentando la perdita di umidità, di soluti e sostanze volatili, il tasso di respirazione e quindi le reazioni di ossidazione e in generale il deterioramento del prodotto in conservazione. Inoltre, la formulazione dei *coatings* può essere arricchita con sostanze quali coloranti, nutrienti, agenti strutturanti, antimicrobici ecc. per il miglioramento della qualità di prodotti a base di frutta (Tezotto-Uliana et al., 2014).



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

Caso studio 1: Valutazione dell'effetto del trattamento con i campi elettrici pulsati (PEF) sulla cinetica di disidratazione e sulle caratteristiche chimico-fisiche di fragole biologiche sottoposte a OD.

Piano sperimentale

Sono state utilizzate fragole provenienti da produzione biologica appartenenti alla varietà Alba. Le fragole sono state stoccate a 4 °C e portate a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) prima di essere sottoposte a trasformazione. Sono stati applicati 100 impulsi di durata di 100 μ s ciascuno con un'intensità di campo elettrico pari a 100, 200 e 400 V/cm a pezzi di fragola rettangolari di dimensione 20x20x30mm, dopodiché i campioni sono stati sottoposti ad un trattamento di disidratazione osmotica in una soluzione ipertonica di saccarosio o trealosio a 40 % (p/p) per 120 min (Fig.1.). In ognuna delle soluzioni è stato aggiunto 1% (p/p) di calcio lattato per proteggere la struttura delle fragole durante i vari trattamenti. Nei campioni ottenuti dalla sperimentazione sono stati analizzati i seguenti parametri: perdita d'acqua, guadagno di soluti, distribuzione dell'acqua, colore, texture e vitalità cellulare a diversi tempi di OD: 0, 15, 30, 60 and 120 min.

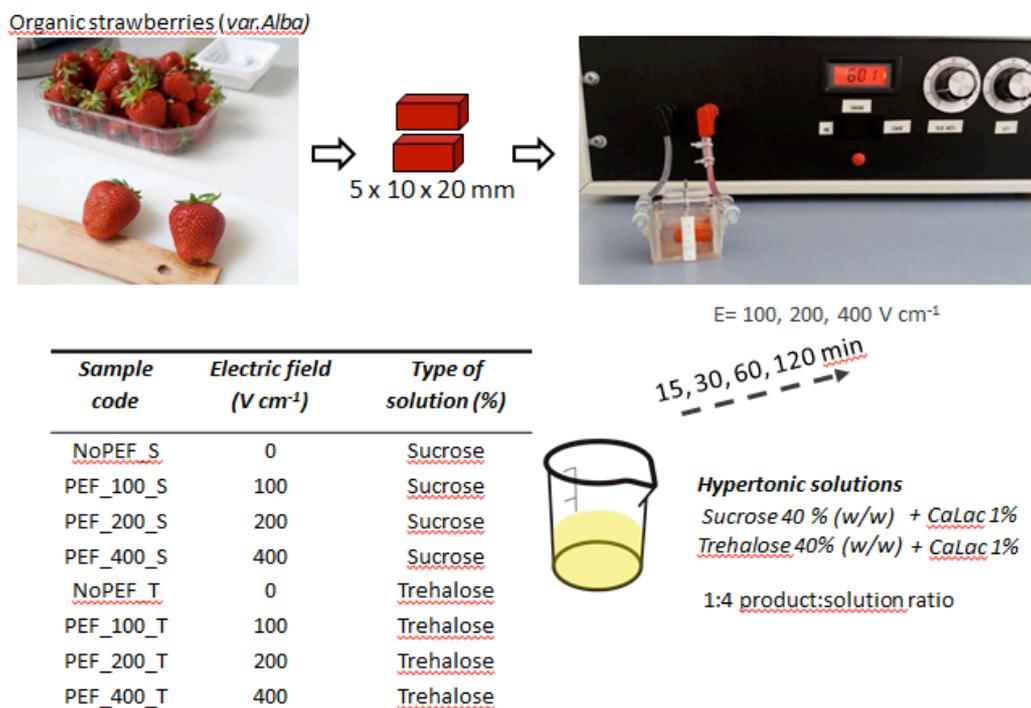


Fig.1. Procedura sperimentale per la disidratazione osmotica delle fragole biologiche.

Risultati

I risultati ottenuti hanno permesso di evidenziare come l'utilizzo del PEF ha portato ad un evidente aumento delle rese di processo, in termini di velocità di perdita d'acqua e, in maniera più contenuta, di guadagno in soluti; tale effetto è risultato dipendente dalla tipologia di agente osmotico utilizzato (saccarosio - Fig.2. o trealosio Fig.3.).



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

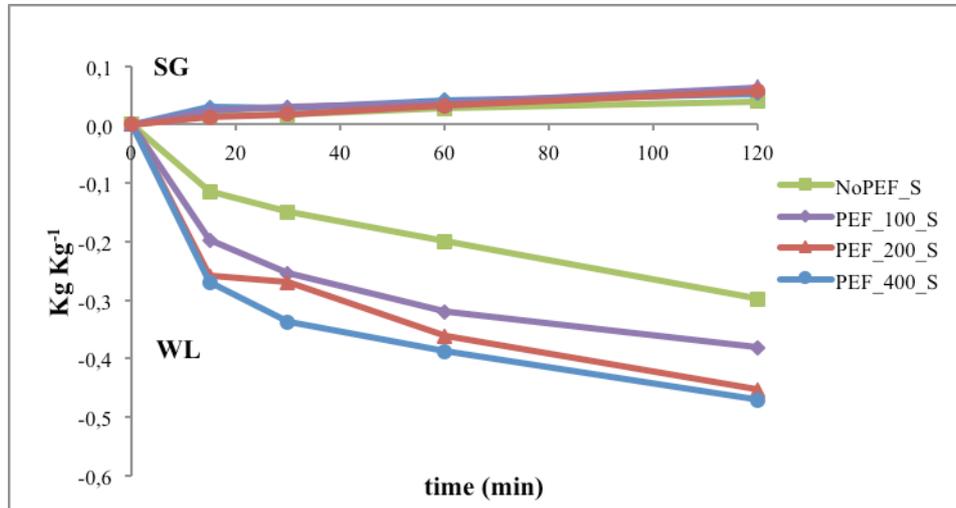


Fig.2. Cambiamento di massa in termini di acqua persa e guadagno di soluti in funzione del tempo e del voltaggio applicato, nella soluzione saccarosio 40% - lattato di calcio 1%

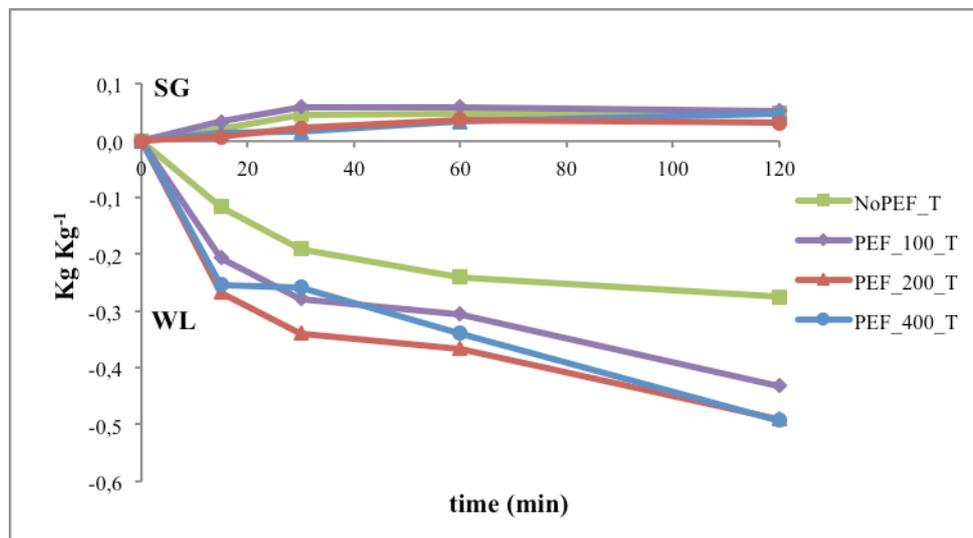


Fig.3. Cambiamento di massa in termini di acqua persa e guadagno di soluti in funzione del tempo e del voltaggio applicato, nella soluzione trealosio 40% - lattato di calcio 1%

Per quanto riguarda i parametri qualitativi, non sono state osservate differenze significative nel colore delle fragole trattate con PEF e OD, mentre la texture è risultata leggermente inferiore nei campioni pre-trattati con il PEF rispetto a quelli solo osmotizzati. Tuttavia, questo potrebbe essere dovuto alla intensità di campo elettrico applicato e al numero di impulsi, quindi ulteriori studi sono necessari per approfondire questo effetto sulla matrice delicata come la fragola.

Attraverso la risonanza magnetica nucleare a bassa frequenza (TD-NMR) è stato possibile studiare come l'acqua si ridistribuisca all'interno della cellula in seguito al processo osmotico. Questa analisi ha permesso di osservare separatamente le popolazioni d'acqua in due diversi compartimenti cellulari (Fig.4.). Il trattamento OD ha provocato una diminuzione dell'intensità del segnale relativa ai protoni d'acqua situati nel vacuolo dopo 120 min di OD, a seguito del restringimento di questo compartimento. Di conseguenza si è osservato un aumento



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

dell'intensità dei protoni dell'acqua appartenenti al citoplasma/spazio extracellulare. Inoltre, i risultati TD-NMR hanno dimostrato che l'applicazione del PEF ha facilitato la diffusione d'acqua a causa dell'elettroporazione delle membrane, tuttavia applicando il PEF a bassa intensità, sono state osservate ancora entrambe le popolazioni, suggerendo solo una parziale disintegrazione cellulare. Questo risultato è stato confermato dall'analisi con il microscopio a fluorescenza, dove si è potuto osservare un parziale mantenimento della vitalità cellulare nei campioni trattati con il PEF a 100 V/cm.

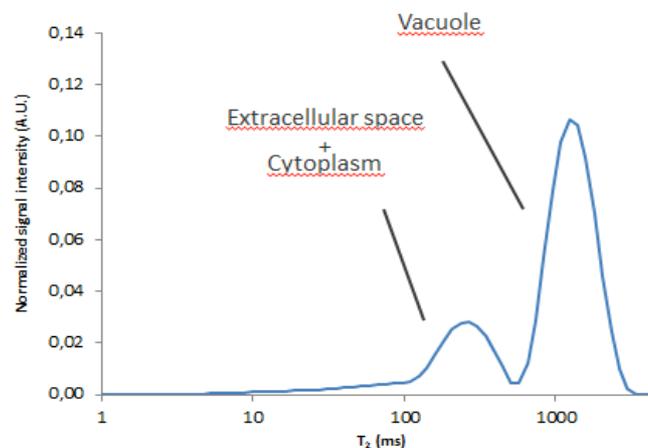


Fig.4. Esempio di uno spettro T2 di campioni di fragola fresca.

Di conseguenza è possibile ipotizzare come la soglia di energia che determina una modificazione della tipologia di "porazione", da reversibile ad irreversibile, nel tessuto di fragola sia situata tra i 100 ed i 200 V cm⁻¹, confermando quanto riportato recentemente in letteratura su tessuto di mela fresca. L'utilizzo di voltaggi più bassi potrebbe risultare una strategia adeguata in termini di aumento delle rese di processo e livello qualitativo del prodotto ottenuto.

Conclusioni

- Utilizzo del PEF come trattamento preliminare ha provocato un aumento della velocità di perdita d'acqua, in particolare i campioni trattati con trealosio hanno presentato una perdita di acqua maggiore e un minore guadagno di soluti.
- Per quanto riguarda le caratteristiche qualitative non si sono osservate differenze significative tra i campioni disidratati con saccarosio e trealosio.
- L'impiego del trattamento PEF ha causato una più elevata migrazione di acqua dal vacuolo al citoplasma, sebbene i trattamenti con il voltaggio più basso non abbiano causato perdita di vitalità cellulare.
- La soglia di energia che determina una modificazione della tipologia di porazione, da reversibile a irreversibile situata tra i 100 e 200 V/cm.
- L'applicazione del trattamento PEF a 100 V/cm e la successiva disidratazione osmotica nella soluzione di trealosio sembrano essere una combinazione ottimale per ottenere un prodotto semi-disidratato, mantenendo allo stesso tempo le caratteristiche di freschezza delle fragole, che è un requisito fondamentale per un prodotto biologico.



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

Caso studio 2: Valutazione dell'effetto del trattamento con i campi elettrici pulsati (PEF) sul bilancio di massa e distribuzione dell'acqua nei campioni di frutti di kiwifruit biologici sottoposti a disidratazione osmotica.

Piano sperimentale

Sono stati utilizzati frutti di kiwifruit da produzione biologica (*Actinidia deliciosa cv Hayward*). I frutti sono stati stoccati a 4 °C e portati a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) prima dei trattamenti e dell'analisi.

I campioni cilindrici di kiwifruit sono stati sottoposti ad un pre-trattamento con PEF a tre voltaggi differenti (100, 250 e 400 V/cm) utilizzando 60 impulsi della durata di 100 μ s, quindi sono stati sottoposti ad una disidratazione osmotica in soluzione di saccarosio a 61,5 % per vari tempi fino ad arrivare a 120 min.

Risultati

I risultati ottenuti hanno dimostrato una diminuzione dei tempi di disidratazione osmotica a seguito di pre-trattamenti con PEF; tale effetto veniva amplificato con l'aumentare dell'intensità del campo elettrico applicato. Tuttavia, le differenze non sono risultate significative, suggerendo che non è necessario applicare un'intensità di campo elettrico molto elevata per ottenere un buon livello di disidratazione. La Fig. 5 mostra i valori di attività dell'acqua immediatamente dopo l'OD e 24 ore dopo il trattamento OD.

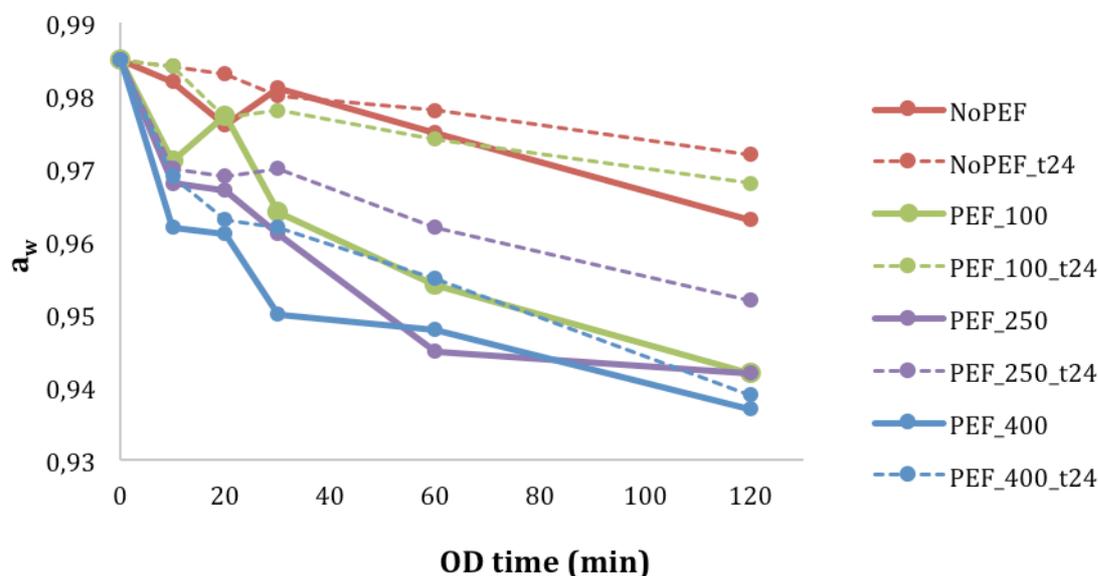


Fig.5 Attività dell'acqua in campioni di kiwifruit immediatamente dopo OD (linea continua) e 24h dopo il trattamento OD (linea tratteggiata)

Grazie ad utilizzo di una tecnica non-distruttiva quale TD-NMR (Risonanza Magnetica Nucleare *Time domain*) è stato possibile osservare la distribuzione dell'acqua nei vari compartimenti cellulari (vacuolo, citoplasma/spazi extracellulari, parete cellulare) a seguito dei trattamenti effettuati. Inoltre, questa tecnica ha permesso di individuare la reversibilità/irreversibilità dell'elettroporazione, un parametro fondamentale per definire il mantenimento della vitalità cellulare nel tessuto.



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI

Inoltre, attraverso l'analisi NMR è stato possibile monitorare il tipo del trasporto interno. In generale, in un processo osmotico, il trasporto principale è quello simplastico, mentre applicando il pretrattamento PEF è stato possibile osservare come il trasporto apoplastico è importante quanto quello simplastico, aumentando considerevolmente il tasso di rimozione dell'acqua.

Conclusioni

- Il pre-trattamento PEF potrebbe essere utilizzato per progettare nuovi prodotti (*product design*) di frutta osmotizzata (o semicandita) con alto livello di disidratazione e con il contenuto di zuccheri inferiore.
- L'applicazione del PEF a bassa intensità (100 V/cm) è stato quindi identificato come un compromesso ottimale tra efficacia nell'aumentare i trasferimenti di massa durante OD e la necessità di preservare la micro-struttura del frutto.
- Il pre-trattamento PEF coinvolge sia il trasporto interno apoplastico che simplastico, aumentando considerevolmente il tasso di disidratazione dei campioni di kiwifruit.

Caso studio 3: Valutazione dell'effetto degli ultrasuoni (US) come pretrattamento ad una successiva disidratazione osmotica, sulle proprietà chimico-fisiche di cranberries.

Piano sperimentale

Sono stati utilizzati i frutti di *cranberries* freschi var. *Vaccinium oxycoccus*, e conservati a 4 ± 1 ° C fino al momento del loro utilizzo. Successivamente i *cranberries* sono stati tagliati con un coltello affilato nel centro geometrico del frutto per oltrepassare il limite della resistenza della buccia e di conseguenza per facilitare i trasferimenti di massa e per rendere più semplici i processi successivi.

Alcuni campioni sono stati pesati e sottoposti al pretrattamento con ultrasuoni (US), mediante l'utilizzo del bagno ad ultrasuoni alla frequenza di 21 KHz per 30 minuti. Durante il pretrattamento con US i campioni sono stati emersi nelle soluzioni osmotiche:

1. Soluzione con il 61,5 % di saccarosio.
2. Soluzione con il 30% di saccarosio + 0,1% di stevia
3. Soluzione con il 40% di trealosio.

Successivamente i campioni sono stati sottoposti ad un trattamento di disidratazione osmotica utilizzando le soluzioni sopra elencate per differenti tempi di trattamento (3, 6, 24, 48, 72 ore).

I frutti sono stati posti in dei barattoli di vetro in agitazione alla temperatura costante di 40 ° C, tale da favorire il processo di trasferimento di massa (Fig. 6). Una volta terminato il trattamento i *cranberries* sono stati sciacquati con acqua distillata per 10 secondi e asciugati con carta assorbente per 5 secondi.



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

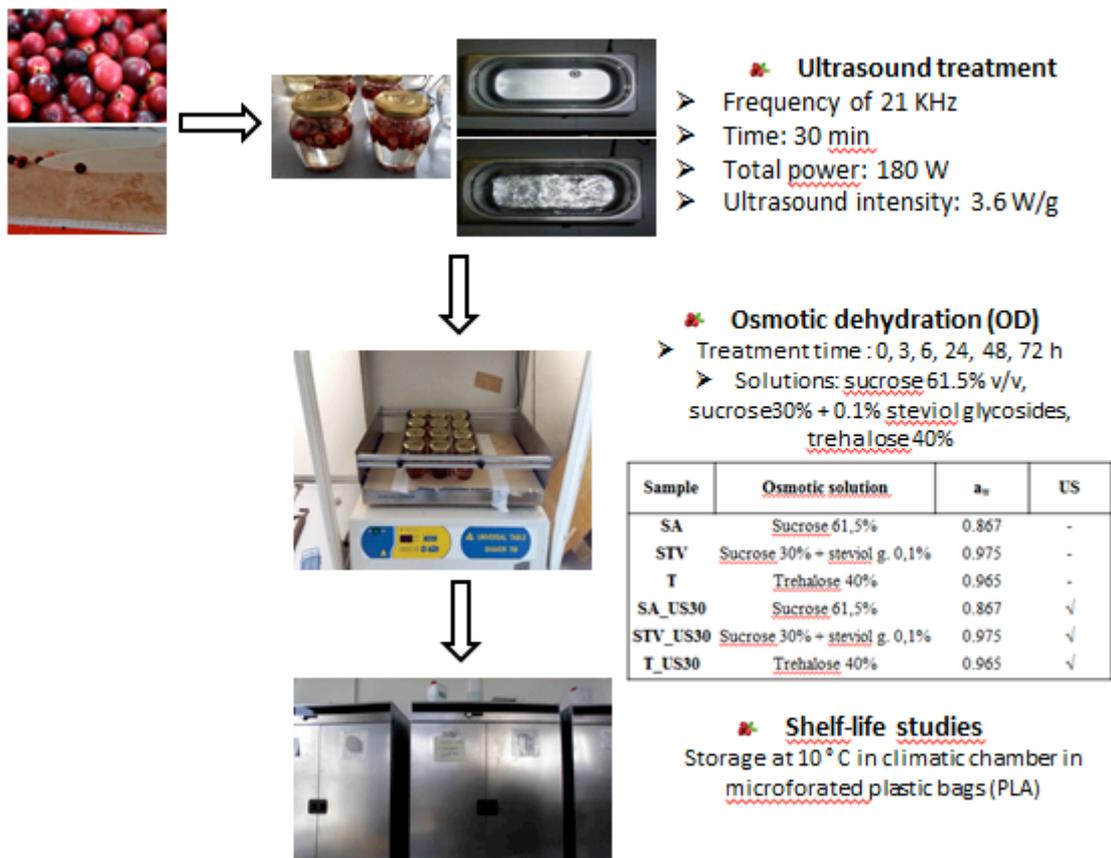


Fig.6. Preparazione dei campioni per il trattamento con ultrasuoni e successiva disidratazione osmotica

Risultati

Le cinetiche relative alla perdita di acqua ($0,977 < R_2 < 0,998$) modellate attraverso le equazioni di Peleg, durante il trattamento osmotico dei campioni di cranberries in soluzione con saccarosio 61.5 %, trealosio 40% e saccarosio 30% + stevia 0.1% sono mostrate in Fig. 7. Il parametro principale che ha influenzato il trasferimento di massa è stato il tempo di trattamento osmotico, infatti si nota che all'aumentare del tempo corrisponde un aumento del contenuto di solidi ed un aumento delle perdite di acqua principalmente entro le 24 ore di trattamento. Il tasso di trasferimento di massa è stato influenzato anche dal tipo di soluto utilizzato, infatti si è registrato una maggiore perdita di acqua nei campioni disidratati con saccarosio al 61.5 % in quanto ha presentato una maggiore forza motrice per la disidratazione. Dalla tabella 1 si evince che il valore di k_1 è più basso nei campioni disidratati osmoticamente con saccarosio, indicando una velocità iniziale di perdita dell'acqua più alta rispetto agli altri campioni. Lo stesso risultato è stato riscontrato anche per la velocità finale (all'equilibrio), mostrando valori più bassi di k_2 .

Non sono evidenti particolari differenze di perdite d'acqua e guadagno di soluti tra i campioni che hanno o non hanno subito un pretrattamento con ultrasuoni. In letteratura è stato provato che il trattamento ad ultrasuoni ha provocato un incremento del tasso di disidratazione osmotica in kiwifruit, tuttavia non tutti i prodotti rispondono nella stessa maniera al trattamento combinato ultrasuoni-disidratazione osmotica, soprattutto a causa della differenza di struttura nell'alimento (Simal et al., 1998).



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

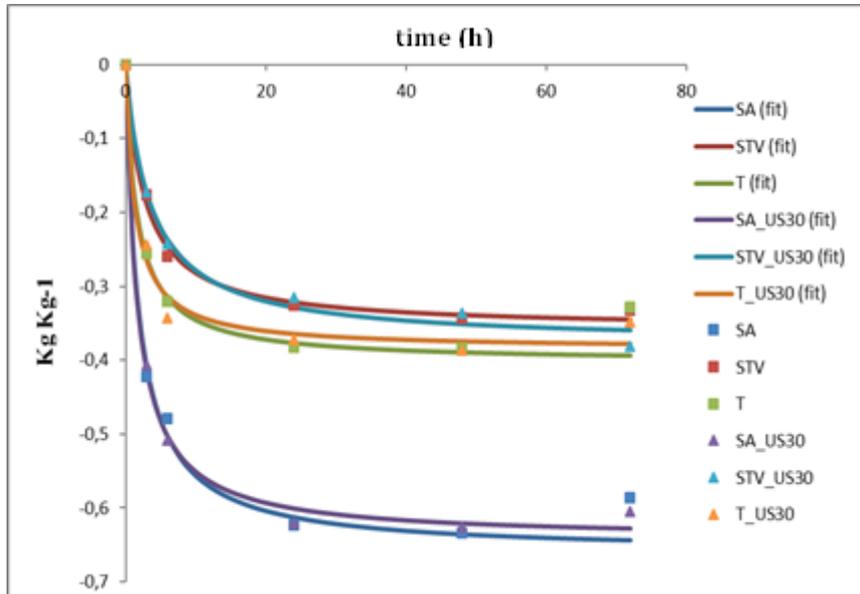


Fig. 7. Water loss modellato attraverso la equazioni di Peleg nei campioni di cranberries disidratati osmoticamente.

Table 1. Velocità iniziale (k1), velocità all'equilibrio (k2) della perdita di acqua durante il trattamento di disidratazione osmotica nei campioni di cranberries disidratati con saccarosio, saccarosio + stevia e trealosio.

Soluzione	Water loss						
	k1	SE	k2	SE	R2	1/k1	1/k2
SA	1,514	0,028	2,837	0,245	0,991	0,660	0,353
STV	2,800	0,485	7,523	0,039	0,992	0,357	0,133
T	2,480	0,255	4,118	0,030	0,996	0,403	0,243
SA_US30	1,556	0,129	2,586	0,015	0,998	0,643	0,387
STV_US30	2,656	0,634	9,431	0,043	0,990	0,377	0,106
T_US30	2,599	0,058	3,543	0,534	0,977	0,385	0,282

Per le prove di *shelf-life* sono stati utilizzati i campioni disidratati per 72 ore. La fase di stoccaggio dei campioni è stata condotta in camera climatica alla temperatura costante di 10° C per 8 settimane in buste di plastica microforate (PLA). Le analisi sui campioni di stoccaggio sono state effettuate durante la prima (T1), la seconda (T2), la quarta (T4) e l'ottava settimana (T8) di conservazione.

In questa fase della sperimentazione sono stati valutati il colore, la sostanza secca, l'attività dell'acqua (a_w), il contenuto di acqua disponibile attraverso risonanza magnetica nucleare (NMR) a bassa frequenza ed infine l'analisi termica attraverso calorimetria differenziale a scansione (DSC). L'effetto del pretrattamento ad ultrasuoni durante il periodo di stoccaggio ha portato ad una modifica delle caratteristiche qualitative in particolare del colore, portando ad un aumento della luminosità ed un decremento dell'indice di rosso (a^*) rispetto al frutto non trattato. Anche se è stata notata una leggera disidratazione dell'prodotto nel corso dello stoccaggio, dall'analisi NMR emerge, che le variazioni del tempo di rilassamento e dell'intensità dei pool di protoni appartenenti al vacuolo e citoplasma/spazi extracellulari erano minime indicando che il prodotto era stabile nel tempo dal punto di vista di migrazione e redistribuzione dell'acqua nei diversi compartimenti. L'analisi termica attraverso DSC ha permesso di individuare le variazioni dell'entalpia e della temperatura di degradazione a seguito del trattamento osmotico e dello stoccaggio.

In generale il campione che meglio ha conservato le caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche durante la conservazione è risultato essere quello osmotizzato con soluzione al 61,5% di saccarosio in quanto avendo una minore attività dell'acqua, ha provocato anche una minor crescita di batteri mesofili totali, lieviti e muffe (Tabella 2).



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

Tabella 2. Carica microbica dei mesofili aerobi totali, lieviti e muffe nei campioni di cranberries analizzati.

Mesophylic aerobic bacteria log ufc/g

	T0	T1	T2	T4	T8
SA	2.20	3.26	2.85	2.88	4.92
STV	2.43	3.75	5.40	7.91	7.99
T	2.04	4.76	6.00	7.16	8.15
SA_US30	2.53	1.48	2.78	2.85	5.47
STV_US30	2.04	5.08	6.68	7.92	8.55
T_US30	2.48	5.15	7.01	7.39	8.39

Yeast (log ufc/g)

	T0	T1	T2	T4	T8
SA	2.54	1.48	2.69	<2	4.90
STV	2.67	3.12	5.27	7.92	8.26
T	1.92	4.56	6.07	7.09	8.11
SA_US30	2.09	<1	2.10	2.78	5.15
STV_US30	1.90	4.64	6.59	7.75	8.14
T_US30	2.53	5.15	6.75	7.25	8.32

Molds(log ufc/g)

	T0	T1	T2	T4	T8
SA	2.00	<1	<1	<2	<3
STV	<1	<1	<1	<3	<6
T	1.00	3.00	<2	<3	<6
SA_US30	<1	<1	<1	<2	5.11
STV_US30	<1	<2	<2	<3	<6
T_US30	<1	<2	<2	<3	<6

Conclusioni

- L'utilizzo degli ultrasuoni non ha influenzato in maniera significativa le cinetiche di trasferimento di massa durante il trattamento osmotico, così come l'attività dell'acqua e il contenuto di solidi solubili.
- Durante il periodo di stoccaggio, il pretrattamento ad ultrasuoni ha portato ad una modifica delle caratteristiche qualitative in particolare del colore, portando ad un aumento generale della luminosità (L^*) ed un decremento dell'indice di rosso (a^*) rispetto al frutto non trattato.
- Dall'analisi NMR emerge che il prodotto era stabile nel tempo dal punto di vista della migrazione e redistribuzione dell'acqua nei diversi compartimenti cellulari.
- Il campione che meglio ha conservato le caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche durante la conservazione è risultato essere quello osmotizzato con soluzione al 61,5% di saccarosio.



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

Caso studio 4: Studio dell'effetto di applicazione del film edibile su mirtili nel corso della loro shelf-life.

Piano sperimentale

Lo scopo dello studio è stato quello di valutare l'efficacia di *coatings* edibili nel mantenimento della qualità di mirtili durante la conservazione.

In una prima fase della ricerca sono state studiate diverse tipologie di coating composti da: sodio alginato (Al), pectine (Pe) e sodio alginato + pectine (Al + Pe) applicati ai mirtili ed è stata valutata la shelf-life dei prodotti fino a 14 giorni a 4°C (Fig. 8), esaminando alcune caratteristiche chimico-fisiche (pH, colore texture SSC), la vitalità cellulare dei tessuti e la crescita microbica (mesofili aerobi totali e lieviti). Successivamente sono state studiate le caratteristiche di coatings a base di chitosano estratto da funghi (C) e procianidine (CP) ottenute dalla lavorazione dei vinaccioli del vino. Tali nuove formulazioni di coating sono state applicate ai mirtili, le cui caratteristiche (colore, texture, pH, attività antiossidante con i due metodi DPPH e ABTS, crescita microbica) sono state monitorate durante la conservazione a 4°C per 14 giorni

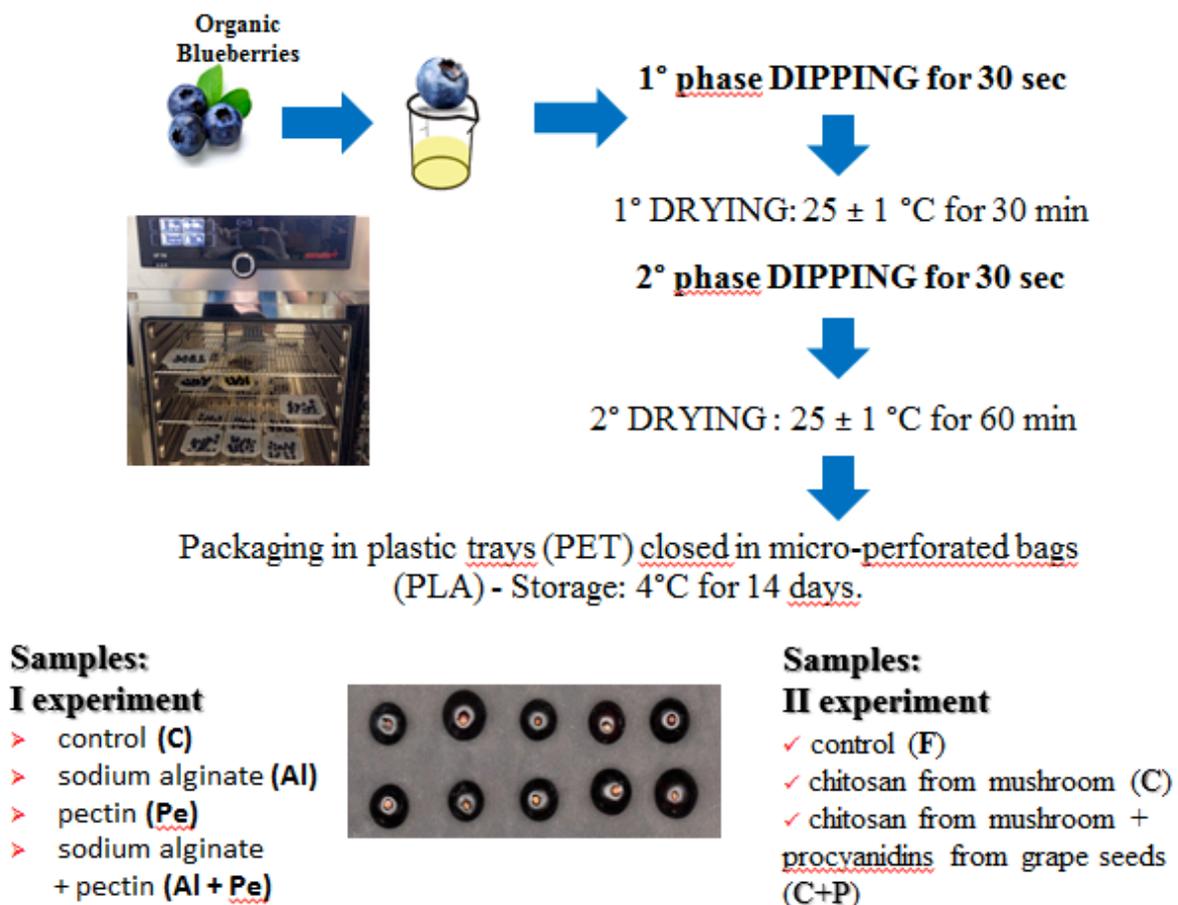


Fig.8. Procedura sperimentale per l'applicazione del coating edibile sui mirtili.

Risultati



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI

Dai risultati ottenuti è emerso come l'applicazione di Al, Pe e Al + Pe abbia migliorato ed aumentato la durezza dei campioni di mirtillo rispetto al campione non trattato (C) fino al giorno 10 di stoccaggio. Gli elevati valori di consistenza nei campioni con *coating*, molto probabilmente sono dovuti alla presenza del rivestimento che garantisce rigidità alla struttura superficiale della frutta. Inoltre, tutti i campioni rivestiti hanno evidenziato valori di luminosità (L*) inferiori e una tinta di colore blu più intenso rispetto al campione C. La diminuzione di L* nei campioni rivestiti con il *coating* potrebbe essere dovuta a una modifica delle proprietà superficiali di riflessione della luce, mentre l'aumento della tinta al quattordicesimo giorno può essere dovuto alla sintesi di antocianine durante la maturazione. L'utilizzo di rivestimenti edibili a base di Al e Pe nei mirtillo, ha contribuito significativamente a rallentare la crescita di lieviti e di batteri mesofili aerobi totali. L'applicazione del *coating* a base di chitosano e procianidine ha inoltre favorito un incremento dell'attività antiossidante dei mirtillo, rilevata con l'utilizzo di entrambi i metodi di analisi utilizzati.

Conclusioni

- I rivestimenti edibili utilizzati hanno mostrato un effetto positivo, principalmente sul mantenimento della durezza e sull'aumento dell'attività antiossidante (*coatings* con chitosano e chitosano più procianidine) dei campioni di mirtillo.
- I mirtillo rivestiti con *coating* edibile hanno mantenuto il colore tipico durante i 14 giorni di stoccaggio.
- Nei mirtillo rivestiti con *coatings* a base di chitosano si è avuta un'inibizione nella crescita di muffe e lieviti significativamente maggiore che in quelli non rivestiti.

References

- Tylewicz, U., Panarese, V., Laghi, L., Rocculi, P., Nowacka, M., Placucci, G., Dalla Rosa, M., 2011. NMR and DSC Water Study during osmotic dehydration of *Actinidia deliciosa* and *A. chinensis* kiwifruit. *Food Biophys.* 6 (2), 327-333.
- Barba, F.J., Parniakov, O., Pereira, S.A., Wiktor, A., Grimi, N., Boussetta, N., Saraiva, J., Raso, J., Martin-Belloso, O., Witrowa-Rajchert, D., Lebovka, N., Vorobiev, E., 2015. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Res. Int.* 77 (4), 773-798.
- Nowacka M., Tylewicz U., Laghi L., Dalla Rosa M., Witrowa-Rajchert (2014). Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration" *Food Chemistry*, 144, 1, 18-25.
- Tezotto-Uliana, J. V., Fargoni, G. P., Geerdink, G. M., & Kluge, R. A. (2014). Chitosan applications pre-or postharvest prolong raspberry shelf-life quality. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 72-77.
- Simal, S., Benedito, J., Sanchez, E.S & Rosello, C. (1998). Use of ultrasuond to increase mass transport rate during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 36, 323-336.

Produzione scientifica e partecipazione a convegni

Presentazioni orali:

- Tylewicz Urszula - Oral presentation of ECOBERRIES Project "**Innovative and eco-sustainable processing and packaging for safe and high quality organic berry products with enhanced nutritional value**" at WORKSHOP on „Strategies to improve quality of organic products: an European perspective“. University of Teramo, Teramo, 3 March 2016



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

- Marco Dalla Rosa – Oral presentation on “**Overview on mild technologies applied to organic berries to increase stability and functionality**” at the Ecoberries workshop during the 2nd Euro-Mediterranean Symposium on Fruit and Vegetable Processing, Avignon, 4-6 April 2016
- Tylewicz U., Mannozi C., Romani S., Dellarosa N., Laghi L., Ragni L., Tappi S., Rocculi P., Dalla Rosa M. - Oral presentation on “**Effect of PEF pre-treatment coupled with osmotic dehydration on physico-chemical characteristics of organic strawberries**”. At 4th International ISEKI_Food Conference, 6-8 July, 2016, Vienna, Austria, p.81. Book of Abstract ISBN 978-3-900932-34-3
- Tylewicz Urszula - Oral presentation on “**Mild drying technologies for organic berries**” at Workshop “Strategies to improve quality of organic products in an European perspective” within the ongoing EcoBerries project, as a side event of FoodInnova 2017 Conference, 31 January 2017, Cesena, Italy
- Traffano-Schiffo M. V., Tylewicz U., Laghi L., Castro-Giraldez M., Romani S., Rocculi P., Ragni L., Dalla Rosa M., Fito Pedro J. Oral presentation on “**Effect of pulsed electric field pre-treatment on microstructure and internal transport throughout osmotic treatment of organic kiwifruit**” at 2nd World Congress on Electroporation, Norfolk 24-28 September, 2017.
- Tylewicz Urszula – Oral presentation on «**New technologies for transformation and conservation of berries-Ecoberries project**» at Workshop on Innovative Strategies to improve quality and safety of organic products. Teramo (Italy), 10th November 2017.

Presentazioni poster:

- Mannozi C., Cecchini J.P., Tylewicz U., Romani S., Rocculi P., Dalla Rosa M. – Poster Presentation PI-35 on “**Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life**” at 2nd Euro-Mediterranean Symposium on Fruit and Vegetable Processing, Avignon, 4-6 April 2016, p 88.
- Traffano-Schiffo, M.V., Laghi L., Tylewicz U., Castro-Giraldez M., Fito P.J., Ragni L., Dalla Rosa M. - Poster presentation –P2 on “**Study of the water distribution during osmotic dehydration of kiwifruit and the effect of pulsed electric fields as pre-treatment**” at 9th International Conference on Water in Food – Leuven, May 22-24, 2016
- Nowacka M., Tylewicz U., Romani S., Dalla Rosa M., Witrowa-Rajchert D. – Poster presentation on “**Selected chemical and physico-chemical properties of ultrasound-assisted osmodehydrated kiwifruit**” at 4th International ISEKI_Food Conference, 6-8 July, 2016, Vienna, Austria, p.344. Book of Abstract ISBN 978-3-900932-34-3
- Tylewicz U., Mannozi C., Tappi S., Dellarosa N., Rocculi P., Dalla Rosa M., Romani S. – “**Effect of different freezing methods on the physico-chemical characteristics of organic strawberries**” –poster presentation, at 30th EFFoST International Conference Targeted Technologies for Sustainable Food Systems on 28-30 November 2016 in Vienna, Austria
- Mannozi C., Tylewicz U., Chinnici F., Siroli L., Rocculi P., Dalla Rosa M., Romani S (2017). **Effect of chitosan/procyanidin based coatings on quality of fresh blueberries during storage**. In Proc. of FoodInnova 2017 31 January - 3 February 2017 Cesena (Italy) [P1.51].
- Nowacka M., Tylewicz U., Tappi S., Dellarosa N., Laghi L., Siroli L., Lanciotti R., Dalla Rosa M., Witrowa-Rajchert D. (2017) “**Ultrasound assisted osmotic dehydration of organic**



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

cranberries (*Vaccinium oxycoccus*). Study on osmotic dehydration kinetics and quality parameters during storage” In 31st EFFoST International Conference, 13-16 November 2017 Melia Sitges (Spain) [P1.147].

Elenco delle pubblicazioni prodotte nell’ambito dell’attività di ricerca:

- **Traffano-Schiffo, M. V., Laghi L., Castro-Giraldez, M., Tylewicz, U., Rocculi P., Ragni, L., Dalla Rosa, M., Fito, P. J. (2017).** “Osmotic dehydration of organic kiwifruit pre-treated by pulsed electric fields and monitored by NMR”. **Food Chemistry**, **236**, 87-93.
- **Mannozi C., Cecchini J.P., Tylewicz U., Siroli L., Patrignani F., Lanciotti R., Rocculi P., Dalla Rosa M., Romani S. (2017)** “Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life”. **LWT - Food Science and Technology**, **85**, pp. 440-444
- **Nowacka M., Tylewicz U., Romani S., Dalla Rosa M., Witrowa-Rajchert D. (2017).** “Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the main quality parameters of kiwifruit”. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, **41**, 71-78.
- **Traffano-Schiffo M. V., Laghi L., Castro-Giraldez M., Tylewicz U., Romani S., Ragni L., Dalla Rosa M., Fito P.J. (2017)** “Osmotic dehydration of organic kiwifruit pre-treated by pulsed electric fields: Internal transport and transformations analyzed by NMR”. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, **41**, 259-266.
- **Tylewicz U., Tappi S., Mannozi C., Romani S., Dellarosa N., Laghi L., Ragni L., Rocculi P., Dalla Rosa M. (2017).** “Effect of pulsed electric field (PEF) pre-treatment coupled with osmotic dehydration on physico-chemical characteristics of organic strawberries”. **Journal of Food Engineering**, **213**, pp. 2-9.
- **Mannozi, C., Tylewicz, U., Chinnici, F., Siroli, L., Rocculi, P., Dalla Rosa, M., Romani, S. (2018).** “Effects of chitosan based coatings enriched with procyanidin by-product on quality of fresh blueberries during storage.” **Food Chemistry**, **251**, 18-24.
- **Nowacka, M., Tylewicz U., Tappi S., Siroli L., Lanciotti R., Romani S., Witrowa-Rajchert D. (2018).** “Ultrasound assisted osmotic dehydration of organic cranberries (*Vaccinium oxycoccus*): Study on quality parameters evolution during storage”. **Food Control**. **In press**.

Tesi di laurea magistrale

- **Master Thesis in Formulazione ed Innovazione di Prodotto (Qualità e Formulazione degli Ingredienti c.i.).**Title: Disidratazione osmotica assistita con ultrasuoni di cranberries (*Oxycoccus macrocarpon*). Cinetiche di disidratazione e studio delle proprietà chimico-fisiche e microbiologiche in conservazione. **Presented by Enrico Casadei. Tutor: prof. Marco Dalla Rosa, Co-tutor. Dr. Urszula Tylewicz. AA 2015-2016.**
- **Master Thesis in: “Analisi fisiche e reologiche degli alimenti” (Qualità e formulazione degli alimenti c.i.).** Title: Modulazione delle caratteristiche chimico-fisiche e della mobilità dell’acqua di fragole sottoposte a differenti processi di trasformazione. **Presented by Alessio Lops. Tutor: prof. Pietro Rocculi, Co-tutor. Dr. Urszula Tylewicz, Cinzia Mannozi, AA 2015-2016.**
- **Master Thesis in: “Analisi fisiche e reologiche degli alimenti” (Qualità e formulazione degli alimenti c.i.).** Title: Combinazione di osmosi e PEF per l’ottenimento di prodotti processati al minimo a base di kiwifruit e fragole biologiche. **Presented by Alessio Lops. Tutor: prof. Pietro Rocculi, Co-tutor. Dr. Urszula Tylewicz, Silvia Tappi, AA 2016-2017.**



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRO-ALIMENTARI

Cesena, 25 maggio 2018

Il responsabile scientifico dell'Unità di Ricerca di UNIBO
e WP3 Leader

Prof. Marco Dalla Rosa