



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per i Polimeri, Compositi e Biomateriali - UOS di Napoli/Portici

Relazione di progetto finale

[Valorization of Industrial fruits byProducts and algae biomass waste: Development of Active Coatings to extend Food shelf life and reduce food losses]

**ACRONIMO DEL PROGETTO:
[VIPACFood]**

[Napoli, 22 Maggio 2021]



Indice

1.Progetto	3
2.Descrizione del progetto	5
3.Relazione intermedia del progetto	6
3.1.Obiettivi, benefici e criticità del progetto.....	7
4.Ostacoli occorsi ed azioni correttive messe in atto	8



1. Progetto

Dati generali

Titolo del progetto	VALORIZATION OF INDUSTRIAL FRUITS BYPRODUCTS AND ALGAE BIOMASS WASTE: DEVELOPMENT OF ACTIVE COATINGS TO EXTEND FOOD SHELF LIFE AND REDUCE FOOD LOSSES
Acronimo del progetto	VIPACFOOD
Area strategica di intervento¹	4
Linea di attività²	C: TECNICHE SOSTENIBILI PER LA TRASFORMAZIONE, CONSERVAZIONE E CONFEZIONAMENTO DEI PRODOTTI AGROALIMENTARI.
Settore produttivo³	B) ORTICOLO
Tipo di progetto	<input checked="" type="checkbox"/> Bando <input type="checkbox"/> Affidamento diretto <input type="checkbox"/> Sportello
Riferimento del Bando/Affidamento diretto/Sportello	ERA-NET ARIMNET2 CALL 2016 (COORDINATION OF AGRICULTURAL RESEARCH IN THE MEDITERRANEAN) OF THE EUROPEAN UNION THROUGH THE 7TH FRAMEWORK PROGRAMME FOR RESEARCH, TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT AND DEMONSTRATION. GRANT AGREEMENT NO. 618127
Durata del progetto	42 (36 + 6 mesi di proroga)
Costo ammesso	30.064,33 Euro
Contributo concesso	29.763,69 Euro
Importo rendicontato	67.103,91 Euro (27.004,07 Euro + 40.099,84 Euro)

Soggetto proponente il progetto	CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (CNR) – ISTITUTO PER I POLIMERI, COMPOSITI E BIOMATERIALI (IPCB) – UOS NAPOLI/PORTICI	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Rappresentante legale	ING. LUIGI AMBROSIO	

Coordinatore del progetto	GIOVANNA GIULIANA BUONOCORE
----------------------------------	-----------------------------

Numero di unità operative	3 (TRE) – COMPRESO IL SOGGETTO PROPONENTE	
ELENCO DELLE UNITÀ OPERATIVE		
Unità operativa n. 1 - Denominazione	CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (CNR) – ISTITUTO PER I POLIMERI, COMPOSITI E BIOMATERIALI (IPCB) – UOS NAPOLI/PORTICI	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Unità operativa n. 2 - Denominazione	UNIVERSITA' DI CATANIA - DI3A	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Unità operativa n. 3 - Denominazione	PRODAL SCARL, UNIVERSITA' DI SALERNO	Natura giuridica <input type="checkbox"/> Pubblico <input checked="" type="checkbox"/> Privato



Numero di partner esterni al progetto	5 (CINQUE)	
ELENCO DEI PARTNER		
Partner n. 1 - Denominazione	INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE (INRAP)	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Partner n. 2 - Denominazione	PHARMACY FACULTY OF THE UNIVERSITY OF SANTIAGO DE COMPOSTELA (USC)	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Partner n. 3 - Denominazione	NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH DR RICARDO JORGE, I.P. (INSA)	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Partner n. 4 - Denominazione	PHARMACY FACULTY OF THE UNIVERSITY OF COIMBRA (UC)	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato
Partner n. 5 - Denominazione	THE TUNISIAN INTERPROFESSIONAL ORGANIZATION FOR VEGETABLES (GROUPEMENT INTERPROFESSIONNEL DE LEGUMES, GIL)	Natura giuridica <input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Privato



2. Descrizione del progetto

Sintesi del progetto

Il progetto "Valorization of Industrial fruits by Products and algae biomass waste: Development of Active Coatings to extend Food shelf life and reduce food losses (VIPACFood)" è stato presentato a valere su fondi europei ARIMNet2 in risposta alla call 2016. Il progetto ha una durata di 34 mesi.

Consorzio

VIPACFood prevede l'integrazione delle attività di un consorzio costituito da 8 organizzazioni di ricerca o governative, di Tunisia, Italia, Portogallo e Spagna, visto il carattere multidisciplinare del progetto e la necessità di coinvolgere competenze nel campo della tecnologia alimentare, dell'ingegneria alimentare, delle tecniche di conservazione innovative, della chimica e della tecnologia dei polimeri, della nutrizione, salute ambientale, delle produzioni vegetali.

Motivazione

Nell'area mediterranea il contesto climatico e le tendenze demografiche hanno fortemente aumentato la pressione dei consumatori sulla capacità delle aziende di fornire cibo di buona qualità a prezzi accessibili. Soluzioni a questo problema sono una maggiore efficienza produttiva ed una riduzione degli sprechi nella catena alimentare. Molte industrie di trasformazione dell'area mediterranea generano elevate quantità di sottoprodotti e scarti, che vengono eliminati principalmente attraverso conferimento in discarica. Tali residui sono fonti ampiamente inutilizzate di composti bioattivi, ancora contenuti nelle cellule vegetali. Lo sfruttamento di tali risorse permetterebbe di raggiungere una riduzione del volume di materiale da conferire in discarica e, al tempo stesso, la produzione di prodotti ad alto valore aggiunto, con un impatto positivo sulla sostenibilità e la competitività economica della filiera agro-alimentare.

In questo contesto, la valorizzazione dei sottoprodotti della trasformazione industriale della frutta, ed i rifiuti generati dallo sfruttamento della biomassa algale attraverso l'estrazione di componenti attivi e funzionali ad alto valore aggiunto e la formulazione di nuovi prodotti alimentari rappresenta un'opportunità di generare un positivo impatto economico, ambientale e sociale.

Inoltre, il recupero di composti bioattivi permetterebbe anche di sviluppare tecnologie di post-raccolta basate su imballaggi attivi, per ridurre gli scarti alimentari. Le tecnologie di imballaggio tradizionali hanno infatti raggiunto i limiti di capacità di estensione della shelf-life degli alimenti confezionati. Secondo la Direttiva 1935/2004/EU, l'Active Packaging può essere descritto come "tutti i materiali a contatto con i prodotti alimentari, progettati per incorporare deliberatamente componenti "attivi", concepito per essere rilasciati nel prodotto alimentare o per assorbire le sostanze da esso". In particolare, antimicrobici naturali e antiossidanti, recuperati dai residui alimentari ed algali, offrono la potenzialità di essere incorporati nell'imballaggio allo scopo di inibire la crescita di microrganismi e di evitare o ritardare l'ossidazione dei lipidi. La tematica dell'active packaging riveste una particolare importanza grazie ai vantaggi, in termini economici, che ne possono derivare per le aziende alimentari e produttrici di packaging alimentare essenzialmente legati all'incremento della durata a scaffale dei prodotti ed alla maggiore qualità dei prodotti, ma anche alla possibilità di incidere positivamente sulla salute dei consumatori grazie all'additivazione di componenti bioattivi.

Obiettivi

Gli obiettivi principali del progetto VIPACFood sono:

O1. Sviluppare tecnologie di trattamento post-raccolta sicure ed economicamente convenienti che permettano di ridurre gli scarti, di migliorare la sicurezza alimentare e la durata dei prodotti, nonché di ridurre la quantità di imballaggio utilizzato nel confezionamento degli alimenti, per ottenere benefici sociali, ambientali ed economici.

O2. Valorizzare i sottoprodotti della trasformazione della frutta e gli scarti della biomassa algale attraverso l'estrazione di componenti attivi e funzionali ad alto valore aggiunto e lo sviluppo di prodotti innovativi ad alto valore aggiunto, elevata stabilità e commerciabilità, che possano aiutare a ridurre il volume dei sottoprodotti e degli scarti da smaltire ed avere un impatto positivo sulla sostenibilità delle industrie di trasformazione e sull'ambiente.

Tali obiettivi sono stati strutturati nei seguenti obiettivi secondari:

- Sviluppo di nuovi metodi per il recupero di componenti ad alto valore aggiunto da sottoprodotti della trasformazione industriale della frutta e da scarti di biomassa da alghe;
- Sviluppo di nuovi prodotti ad elevato appeal, alta stabilità e commerciabilità dai residui della lavorazione del pomodoro;
- Sviluppo di nuove tecnologie post-raccolta per valorizzare i prodotti tipici locali, per rilanciare l'economia rurale e per creare nuovi posti di lavoro;
- Sviluppo di materiali di imballaggio innovativi, ad attività antiossidante, attraverso l'incorporazione di composti bioattivi recuperati da sottoprodotti o scarti della frutta e da rifiuti dell'industria agar-agar;
- Valutazione dell'efficacia di imballaggi attivi sviluppati per estendere la shelf-life di alcuni prodotti selezionati (pomodori, cibi grassi essiccati);
- Validazione e verifica delle soluzioni tecnologiche post-raccolta da trasferire alle aziende agricole, con enfasi sulla



sostenibilità e fattibilità economica;

g) Realizzazione di una serie di azioni finalizzate:

- a. alla divulgazione dei risultati raggiunti anche ad un pubblico non specialistico (workshop, forum tematico, sito web, brochure)
- b. alla condivisione delle conoscenze sviluppate con la comunità scientifica (preparazione di articoli scientifici).

Piano di attività

Il piano di lavoro per la realizzazione degli obiettivi sopraelencati prevede una serie di attività sperimentali, ovvero:

- Recupero dei prodotti ad alto valore aggiunto dai sottoprodotti della lavorazione del pomodoro;
- Inclusione delle frazioni di recupero ad alto valore aggiunto in matrici alimentari;
- Progettazione ed ottimizzazione delle condizioni di processo per la produzione di pomodori semiessiccati di piccole dimensioni e chips di pomodoro;
- Uso dei sottoprodotti della frutta e di rifiuti da biomassa marina per recuperare composti in grado di conferire proprietà antimicrobiche ed antiossidanti ad un nuovo coating alimentare biodegradabile;
- Ottimizzazione del processo di incorporazione dei composti recuperati nel coating, al fine di ottenere una corretta compatibilità tra l'additivo alimentare e la matrice polimerica;
- Sviluppo di nuovi film e coating per i pomodori contenenti componenti a valore aggiunto ricavati da sottoprodotti della frutta e rifiuti di alghe;
- Sviluppo di trattamenti post raccolta combinati per i pomodori;
- Valutazione dell'effetto delle tecnologie post-raccolta sviluppate sulla riduzione degli scarti post-raccolta, sull'estensione della shelf-life e della qualità degli alimenti e sul miglioramento della loro sicurezza, al fine di valutare comparativamente i diversi trattamenti post-raccolta;
- Studio un alimento modello che prevede l'uso di un imballaggio innovativo con proprietà antiossidanti ed antimicrobiche;
- Realizzazione di studi di migrazione al fine di garantire sia la sicurezza alimentare che l'efficacia del sistema;
- Sensibilizzazione, promozione e diffusione dei risultati.

Struttura

Il raggiungimento degli obiettivi di progetto è perseguito attraverso un piano di lavoro articolato in 4 work packages.

WP1 – Produzione di prodotti innovativi e recupero di composti ad alto valore aggiunto dai sottoprodotti di frutta e verdura e da biomassa algale.

Recupero di composti ad alto valore aggiunto dai sottoprodotti della lavorazione del pomodoro; inclusione dei composti recuperati ad alto valore aggiunto in matrici alimentari (pasta, pane); progettazione e ottimizzazione delle condizioni di processo per prodotti semi-secchi derivati dal pomodoro; determinazione dell'attività antiossidante dei sottoprodotti o scarti delle trasformazioni vegetali frutta e degli scarti dell'industria agar-agar; caratterizzazione di una tipico biomassa marina; ottimizzazione e validazione di un metodo di cromatografia liquida ad alta prestazione per determinare i composti antiossidanti responsabili della capacità antiossidante dei sottoprodotti o scarti.

WP2 – Sviluppo di tecnologie di trattamento post-raccolta per migliorare la durata e ridurre il deterioramento dei pomodori e di cibi grassi secchi.

Sviluppo di nuovi film e coating comprendenti componenti ad valore aggiunto recuperati dai sottoprodotti della frutta e da scarti di alghe per la conservazione dei pomodori; sviluppo di trattamenti combinati per la conservazione del pomodoro a base di estratti naturali; sviluppo di nuovi film flessibili attivi contenenti i composti bioattivi estratti.

WP3 – Impatto delle tecnologie di trattamento post-raccolta proposte di prodotti locali selezionati.

Applicazione di rivestimenti ad elevate proprietà meccaniche, di barriera, antimicrobiche e antiossidanti, come coating per i pomodori; impatto socio-economico delle innovazioni proposte; scale-up del metodo più efficace, tra quelli studiati, per la riduzione degli scarti di pomodori post-raccolta; valutazione dello stato di ossidazione di un alimento modello nelle condizioni di conservazione proposte; valutazione della migrazione/diffusione di sostanze bioattive precedentemente estratte e incorporate dai coating e dai materiali di imballaggio.

WP4 – Disseminazione e sfruttamento dei risultati.

Sviluppo di una strategia di comunicazione, disseminazione e formazione; progettazione e preparazione di materiali per la formazione; organizzazione di workshop di eventi di divulgazione.



3. Relazione intermedia del progetto

SPAZIO RISERVATO AL COORDINATORE DEL PROGETTO

Relazione tecnico-scientifica (intermedia max 10 pagine)

ATTIVITA' SVOLTE

Il progetto mira a sviluppare innovativi materiali attivi, poliolefinici o biodegradabili, offrendo nuove prospettive nell'impiego di packaging bioattivi. Di seguito sono descritte le attività svolte nell'ambito del/dei WPs in cui l'istituto è coinvolto, con particolare riferimento ai singoli obiettivi specifici:

WP2

OS2. Messa a punto della formulazione ottimale in termine di uso additivi quali plasticizzanti e/o compatibilizzanti per la realizzazione dei film

Risultato atteso: Formulazione (matrice/composto attivo/additivo) da usare per la realizzazione dei film

Per l'individuazione della formulazione necessaria per la realizzazione dei materiali attivi le attività sono state focalizzate sulla scelta della matrice e delle sostanze attive. Le matrici polimeriche sono state selezionate tra quelle disponibili commercialmente. Le sostanze attive sono state fornite dai partner di progetto e trattate e caratterizzate opportunamente prima dell'utilizzo per la realizzazione dei film attivi.

Materiali polimerici

Realizzazione di materiali attivi a matrice poliolefinica e biodegradabile

Come già illustrato nella Relazione Intermedia, nella realizzazione dei film attivi a matrice poliolefinica il materiale scelto è il polietilene a bassa densità (LDPE). L'LDPE è stato utilizzato sotto forma di pellet per la produzione di film tramite melt-mixing; inoltre prima di essere utilizzato per la formatura dei film, i pellet sono stati sottoposti a miscelazione perché il film tal quale e quelli caricati con i filler condividessero la stessa storia termica.

Per quanto riguarda i film a matrice biodegradabile, tra quelli già disponibili commercialmente e la cui origine e le cui proprietà sono state analizzate nella Relazione Intermedia, il PLA, dal punto di vista delle performances e della lavorabilità ma anche dei costi e della disponibilità, può essere considerato tra i migliori candidati per la sostituzione di polimeri termoplastici da fonte petrolchimica per la produzione e l'utilizzo su larga scala di materiali rinnovabili per il packaging. Inoltre, è importante considerare che recentemente un materiale polimerico biodegradabile di nuova generazione (denominazione commerciale Nichigo G-Polymer) ha riscosso un notevole interesse dal punto di vista scientifico ed industriale. Per questo motivo, nell'ambito del progetto, si è deciso di produrre un prototipo, su scala di laboratorio, di film attivo a matrice G-Polymer per ottimizzare la produzione dei film e rispondere alla iniziale sfida di realizzare un materiale biodegradabile attivo. In figura 1 sono riportate le immagini dei tre polimeri scelti per la sperimentazione del progetto.

Come indicato nel paragrafo successivo, nell'ambito del progetto le attività sono state focalizzate sull'uso di due diverse tecniche per lo sviluppo dei film (solvent-casting and melt-mixing). Di conseguenza, sono stati presi in considerazione due diversi gradi di G-Polymer:

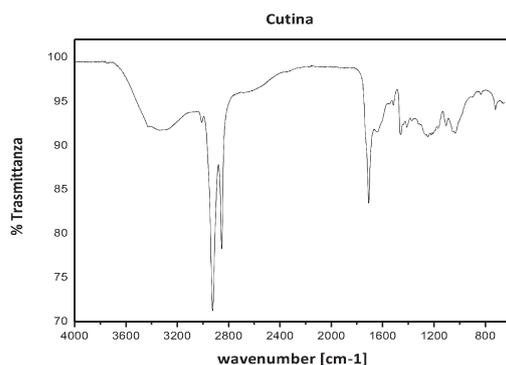
- 1) polvere per la realizzazione di film per solvent-casting
- 2) pellet per la realizzazione di film mediante melt-mixing.

Sostanze attive

Nello svolgimento delle attività del progetto, le sostanze attive naturali da aggiungere come filler alle matrici polimeriche sono state individuate e prodotte dai partner di progetto. Tali sostanze sono state inviate dai partner al CNR-IPCB che le ha caratterizzate e trattate in modo opportuno per poter essere processate ed inglobate all'interno delle matrici polimeriche selezionate. In particolare, al CNR-IPCB sono state inviate/saranno inviate le seguenti sostanze:

- a) la cutina, fornita dall' Institut National de Recherche et d'Analyse Physico-Chimique (INRAP)- Tunisia,
- b) un estratto di frutta composto 50:50 da mela e zenzero, fornito dall' Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA)- Lisbona
- c) un estratto di limone fornito dall' Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA)- Lisbona
- d) tre diversi estratti da bucce di pomodoro dall'Università di Catania

In Figura a1 e a2 sono riportate le immagini della cutina, un eteropolimero idrofobo costituito da una miscela di acidi grassi idrossilati. Essa è presente, insieme a cere, nella parete più esterna (secondaria) delle cellule epidermiche delle piante allo scopo di rendere l'epidermide impermeabile all'acqua, e quindi evitare il disseccamento dei tessuti interni. In particolare, la cutina contiene licopene, un idrocarburo isomero aciclico del beta-carotene, contenente 11 doppi legami coniugati e 2 non coniugati (C₄₀H₅₆). Il licopene ha un elevato potere antiossidante, cioè ha la capacità di bloccare l'azione dei radicali liberi che sono prodotti di scarto, che si formano naturalmente all'interno delle cellule, in seguito ai processi metabolici di ossidazione, che prevedono l'utilizzo di ossigeno per produrre energia. In figura 3 è possibile osservare lo spettro FTIR della cutina.



Assegnazione	Wavenumber (cm ⁻¹)
v(O-H··O)	3340.17
v _a (CH ₂)	2924.27
v _s (CH ₂)	2853.44
v (C=O) estere	1708.48
δ (CH ₂) scissoring	1460.18
v _a (C-O-C)	1248.07
v _s (C-O-C)	1035.39
δ (CH ₂) rocking	721.51

Dove: v= stretching, δ=deformazione, a=asimmetrica; s=simmetrica

Figura 3: FTIR della cutina con relativa assegnazione dei picchi in tabella corrispondente

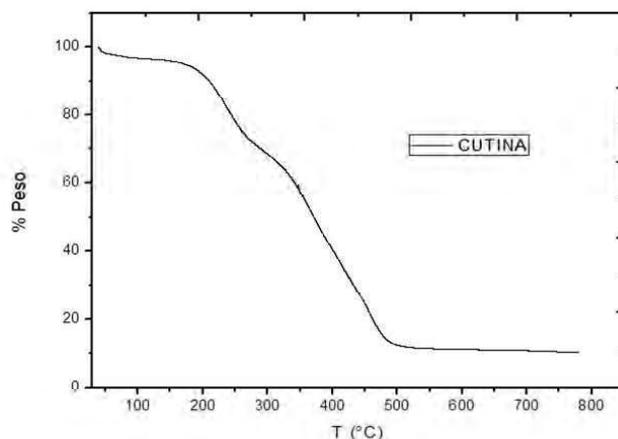


Figura 4: TGA della cutina

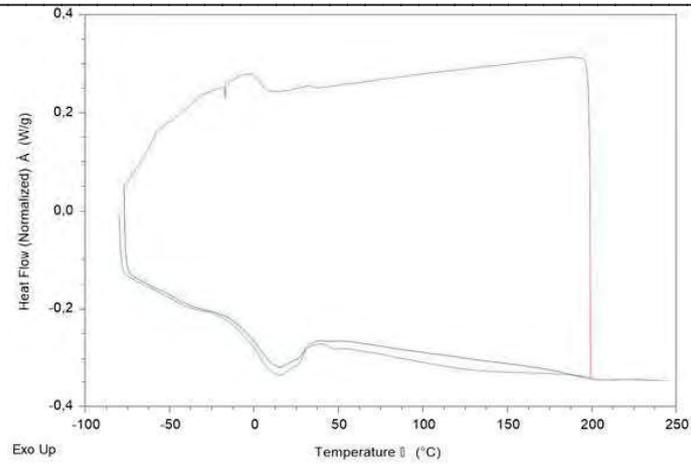
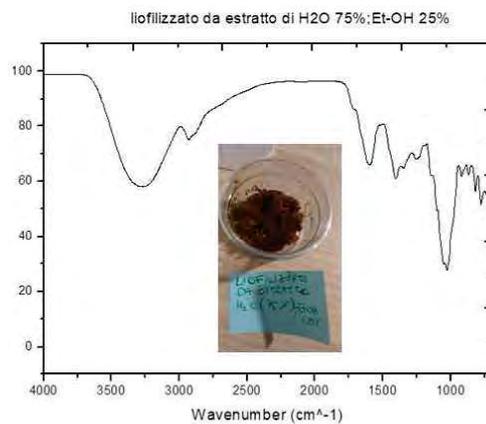
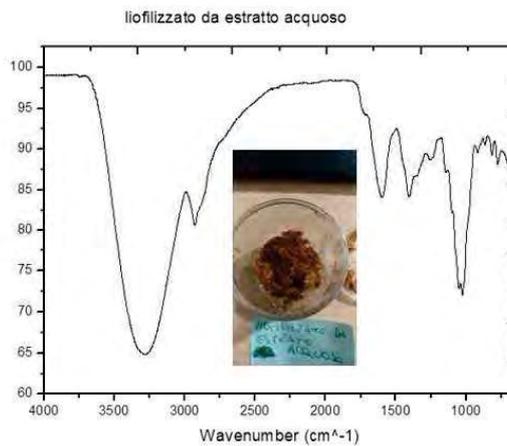


Figura 5: DSC della cutina

In Figura 2b1 e b2 sono riportate le immagini degli estratti di bucce e semi di pomodoro ottenuti presso l'Università di Catania attraverso tre diversi metodi estrattivi. Di seguito sono riportate le analisi FTIR dei tre estratti ottenuti.



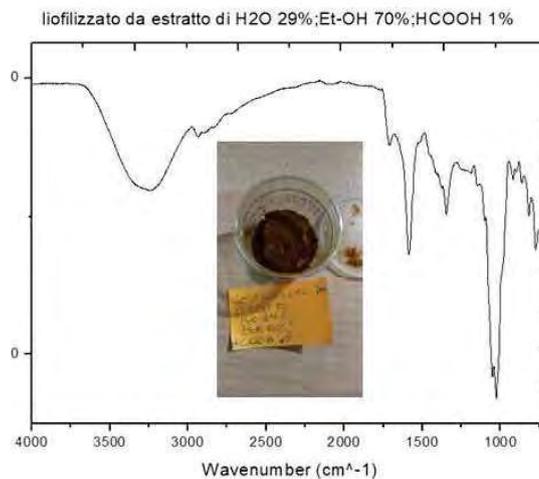
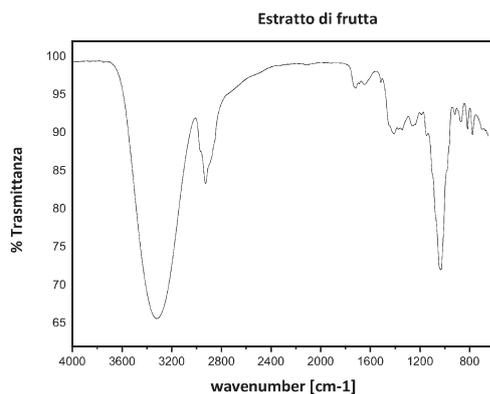


Figura 6: FTIR dei tre estratti da bucce e semi di pomodoro, ottenuti mediante diversi metodi estrattivi

Anche per l'estratto di frutta è stata effettuata una analisi FTIR e assegnazione dei picchi (Figura 7)



Assegnazione	Wavenumber (cm ⁻¹)
v(O-H··O)	3321.22
v _a (CH ₂)	2927.40
v (C=O) anello aromatico	1718.22
δ e v (C-H) nel piano	1410.94
v (C=O)	1260.14
v (C-C) ,δ(C-H)	1031.57
v (C-H)	868.81
v (C-C)	777.59

Dove: v= stretching, δ=deformazione, a=asimmetrica; s=simmetrica

Figura 7: FTIR per l'estratto di frutta con relativa assegnazione dei picchi in tabella corrispondente

Dove le bande vibrazionali corrispondenti ai legami :O-H, C-H, C=C, C-OH e C-C derivano dai componenti solubili in acqua come l'acido ascorbico e flavonoidi.

Anche per l'estratto di frutta mela/ginger 50/50 è stata effettuata la caratterizzazione in termini di FTIR, TGA e DSC.

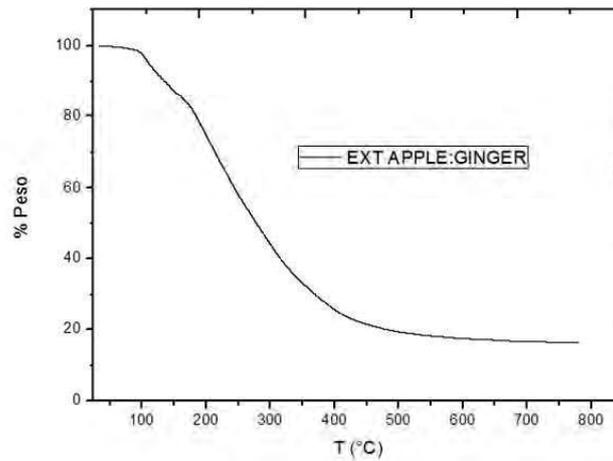


Figura 8: TGA dell'estratto di frutta mela:ginger (50:50)

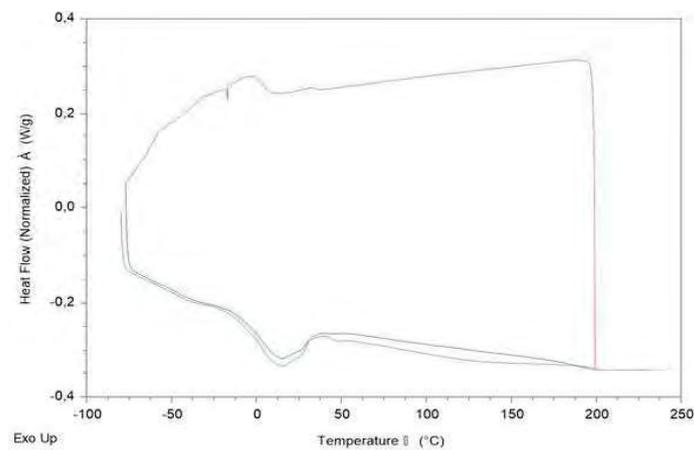


Figura 9: DSC dell'estratto di frutta mela:ginger (50:50)

Anche per l'estratto di limone è stata effettuata la caratterizzazione in termini di FTIR, TGA e DSC.

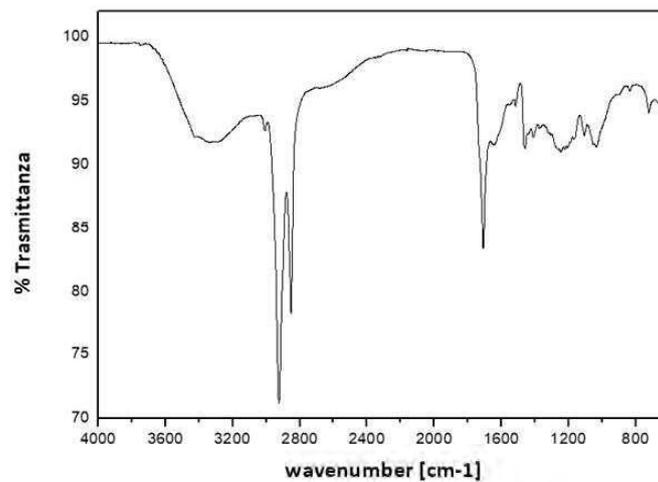


Figura 10: FTIR dell'estratto di limone

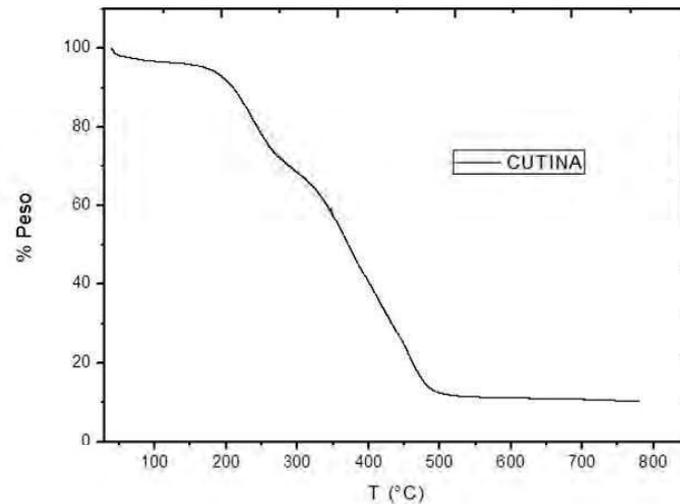


Figura 11: TGA dell'estratto di limone

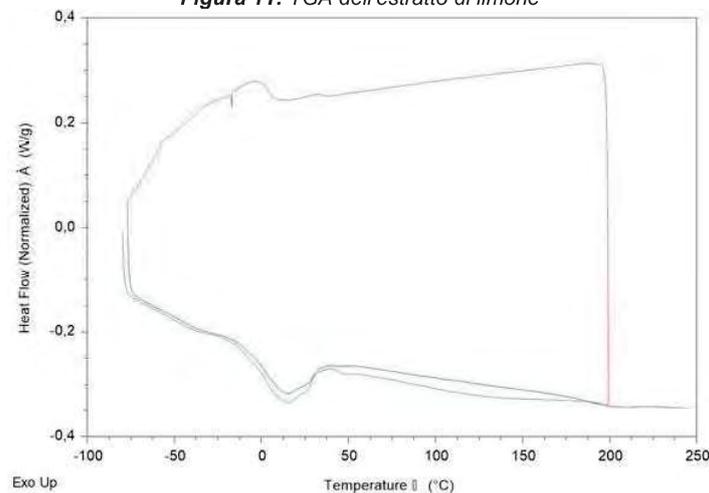


Figura 12: DSC dell'estratto di limone

I risultati ottenuti, principalmente dall'analisi termica, hanno mostrato che le temperature di degradazione delle sostanze attive sono compatibili con le temperature di processo delle matrici polimeriche selezionate.

WP2:

OS1. Messa a punto di tecniche e tecnologie per inglobare componenti attivi e funzionali in film polimerici poliolefinici o biodegradabili o polimeri da fonti naturali

Risultato atteso: Procedure per inglobare componenti attivi e funzionali in film polimerici poliolefinici o biodegradabili o polimeri da fonti naturali

Realizzazione film per melt-mixing

Sono state studiate diverse tecnologie di lavorazione disponibili presso l'IPB-CNR, per l'ottenimento di film attivi. Dopo una ampio studio 'ottimizzazione delle variabili di processo, anche in relazione alle quantità di sostanza attiva effettivamente rese disponibili dagli altri partner di progetto, è stata individuata la tecnica del melt mixing + compression molding come quelle migliori per la realizzazione di piccoli prototipi su scala di laboratorio. Quindi film attivi a matrice LDPE, PLA e G-Polymer sono stati realizzati preparando prima un masterbatch attivo attraverso l'utilizzo di un miscelatore controrotante avente capacità volumetrica di 50 cm³, in cui sono stati caricati i granuli di polimero ed i filler attivi (4 o 5%wt). La miscelazione viene effettuato in due step: un primo step di carica in cui i componenti vengono caricati in tramoggia alla temperatura di lavorazione prevista (180°C per LDPE, 160°C per il PLA e 200°C per G-Polymer) con velocità di rotazione e tempi di miscelazioni che devono essere opportunamente ottimizzati per ciascun sistema, facendo avvenire la vera e propria miscelazione.



Figura 13: Tecnologie di lavorazione classiche dei polimeri 1) melt mixing, 2) compression molding, 3) cast extrusion, 4) film blowing

La materia ottenuta dalla miscelazione è stata raccolta e successivamente sottoposta al processo di compression molding, che consiste nel riscaldare il polimero a una temperatura superiore al suo punto di fusione, le stesse temperature specifiche dei polimeri utilizzate per la miscelazione, ottenendo il suo scioglimento, poi viene applicata una opportuna pressione al polimero fuso collocato tra due piastre piane, utilizzando una pressa Collin P300P. Alla fine il polimero pressato è raffreddato al fine di ottenere un film sottile dello spessore di circa 100 micron. In figura 14 è riportata una schematizzazione del processo di miscelazione e compressione con le strumentazioni disponibili presso i laboratori dell'IPCB-CNR. E' stato necessario ottimizzare le variabili di processo per evitare fenomeni di disomogeneità, cattiva dispersione e/o degradazione del polimero o della sostanza attiva quando esposta alle alte temperature, come riportato in figura 15.

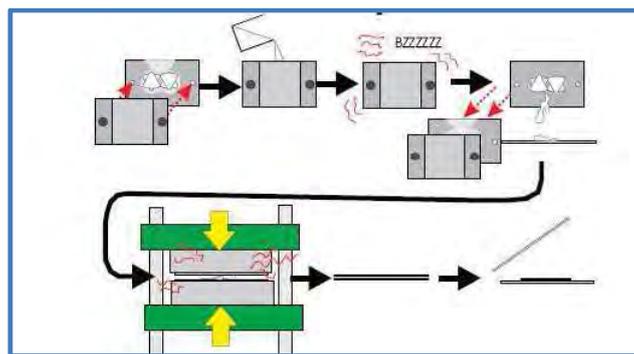


Figura 14: Schematizzazione del processo di miscelazione e successiva compression molding

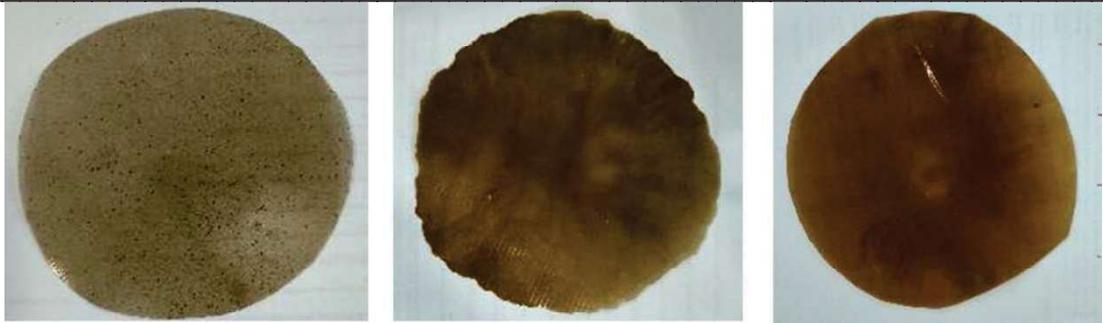


Figura 15: Immagini di film attivi ottenuti dal processo di miscelazione e successiva compression molding che presentano problematiche quali: scarsa dispersione (sn), disomogeneità (cn) e degradazione del materiale (dx).

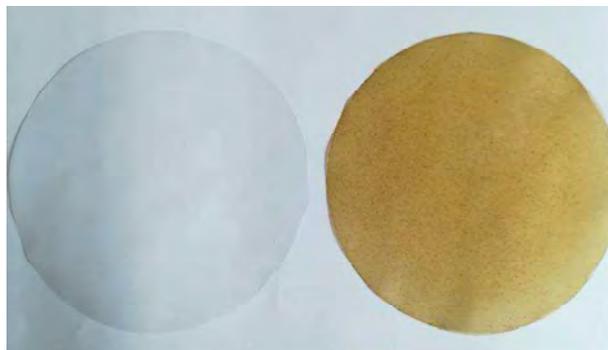


Figura 16: Immagini di film attivi ottenuti dall'ottimizzazione del processo di miscelazione e successiva compression molding. LDPE tal quale (sn) e LDPE additivato con cutina (dx)

A valle delle attività di individuazione ed ottimizzazione dei parametri di processo sono stati individuati i seguenti valori:

- processo di miscelazione: velocità di rotazione di 10rpm, e successivo a 50rpm per circa 5min,
- processo di compressione: applicazione di una pressione di 50 bar al polimero fuso collocato tra due piastre piane della pressa Collin P300P

Una volta individuate le matrici polimeriche e le sostanze attive, le tecniche di preparazione del materiale e gli opportuni parametri di processo, sono stati realizzati e caratterizzati i seguenti film flessibili:

Tabella 1: Composizione dei film realizzati in termini di matrice polimerica utilizzata, sostanza attiva e sua quantità percentuale.

MATRIX	FILLER	LOADING (WT/WT%)
LDPE	-	
LDPE	CUTIN	5%
LDPE	LEMON EXTRACT	4%
LDPE	APPLE & GINGER	5%
LDPE	TOMATO EXTRACT3 (H2O 100%)	4%
G-POLYMER	-	
G-POLYMER	CUTIN	5%
G-POLYMER	LEMON EXTRACT	4%
G-POLYMER	APPLE & GINGER	5%
G-POLYMER	TOMATO EXTRACT1 (H2O 29%/70%ETOH/1%HCOOH)	4%
PLA	-	
PLA	CUTIN	5%
PLA	LEMON EXTRACT	4%
PLA	APPLE & GINGER	5%
PLA	TOMATO EXTRACT2 (75%H2O/25%ETOH)	4%

WP2

OS3. Realizzazione e caratterizzazione e studio delle proprietà e performances dei film attivi da utilizzare per il prolungamento della shelf-life dei prodotti confezionati/rivestiti. In particolare, sono state studiate proprietà termiche, proprietà barriera, proprietà superficiali e proprietà meccaniche per valutarne le performances e per individuare le correlazioni tra proprietà e struttura. Ciascuna proprietà sarà descritta ed analizzata in dettaglio nel seguito:

ANALISI STRUTTURALE

Caratterizzazione FTIR

La riflettanza totale attenuata (ATR) è una tecnica di campionamento della spettroscopia infrarossa che sfrutta la riflessione del raggio che attraversa il campione. In questa tecnica il campione è posto in stretto contatto con un elemento ottico definito elemento di riflessione interna (o cristallo ATR) costituito da un cristallo a elevato indice di rifrazione. Il raggio IR emesso dalla fonte, prima di giungere al campione, passa attraverso questo elemento: quando l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo critico avviene il fenomeno noto come riflessione totale. Questo raggio riflesso, arrivando sulla superficie del campione che costituisce l'interfaccia, può penetrare fino a uno spessore di 2 μm del materiale meno rifrangente. In tal modo forma un'onda evanescente, che a seguito dell'assorbimento di radiazione da parte del campione risulterà in un raggio attenuato; in questo modo è possibile registrare lo spettro ATR. Dallo spettro ATR è poi possibile risalire alla struttura chimica del campione tramite l'analisi della posizione dei picchi presenti nello stesso. I campioni sotto forma di film sono stati analizzati con uno strumento FT-IR Frontier Dual Range Perkin Elmer con risoluzione di 4 cm^{-1} , in un range di numero d'onda da 4000 a 400 cm^{-1} e con un numero di scan pari a 32.

I film polimerici tal quali e quelli caricati con le sostanze attive sono stati sottoposti ad analisi ATR e i loro spettri sono stati messi a confronto.

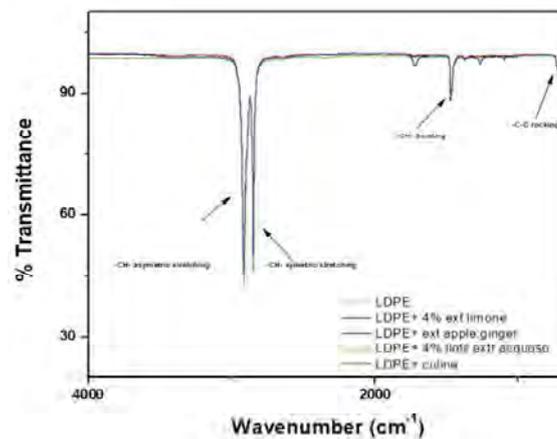


Figura 17: Spettri IR del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica LDPE

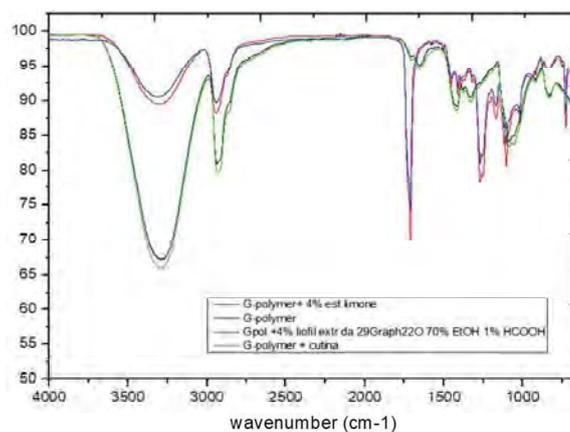


Figura 18: Spettri IR del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica G-Polymer

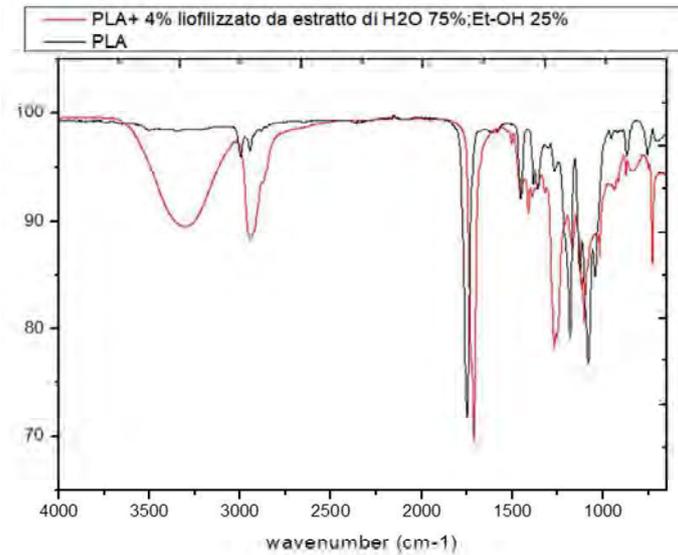


Figura 19: Spettri IR del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica PLA

ANALISI TERMICHE

Caratterizzazione termogravimetrica (TGA)

La stabilità termica dei campioni è stata studiata mediante TGA. Lo strumento utilizzato è un TGA Q5000 TA Instruments, costituita da una bilancia termogravimetrica per lo studio della composizione e della stabilità termica di campioni solidi nell'intervallo di temperatura compreso tra 25 e 1200°C.

Le misure sono state condotte, utilizzando circa 10 mg di campione, ad una velocità di riscaldamento di 10°C/min nel range da 40 a 800°C in flusso d'azoto. I campioni sono stati posti in un crogiuolo di platino, mentre uno vuoto è usato come riferimento per tutte le analisi. Dai termogrammi ottenuti è possibile ottenere la temperatura alla quale la velocità di degradazione è massima (T_{max}), che corrisponde all'ascissa del punto di flesso del termogramma. L'analisi termogravimetrica è stata effettuata anche sui campioni contenenti i filler con lo scopo di evidenziare l'influenza di quest'ultimi sulla stabilità termica dei campioni.

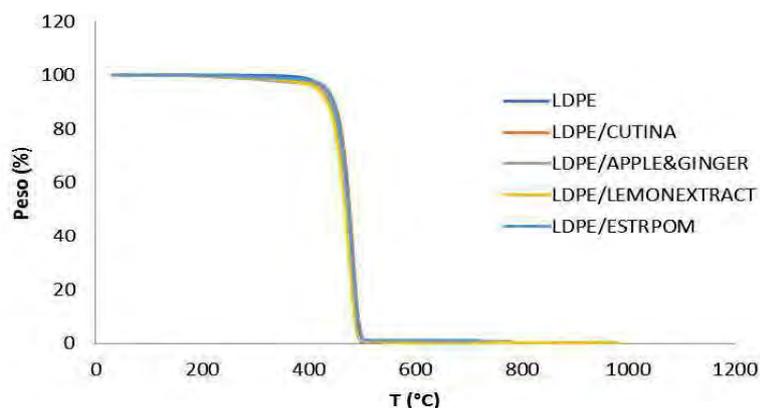


Figura 20: Anali termogravimetrica del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica LDPE

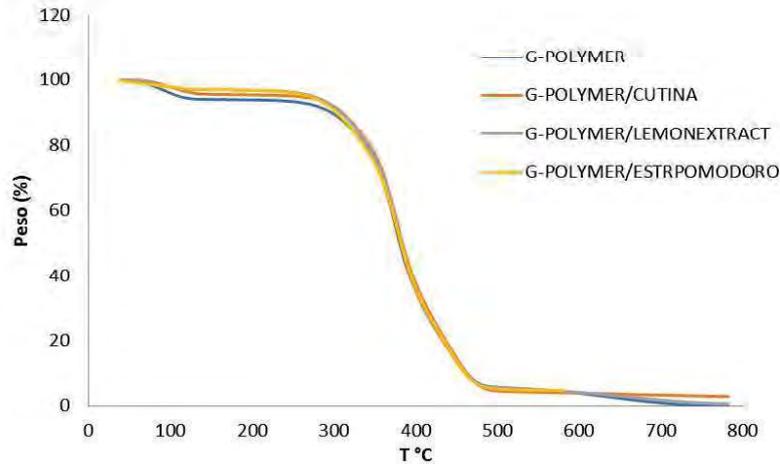


Figura 21: Analisi termogravimetrica del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 3 sostanze attive nella matrice polimerica G-Polymer

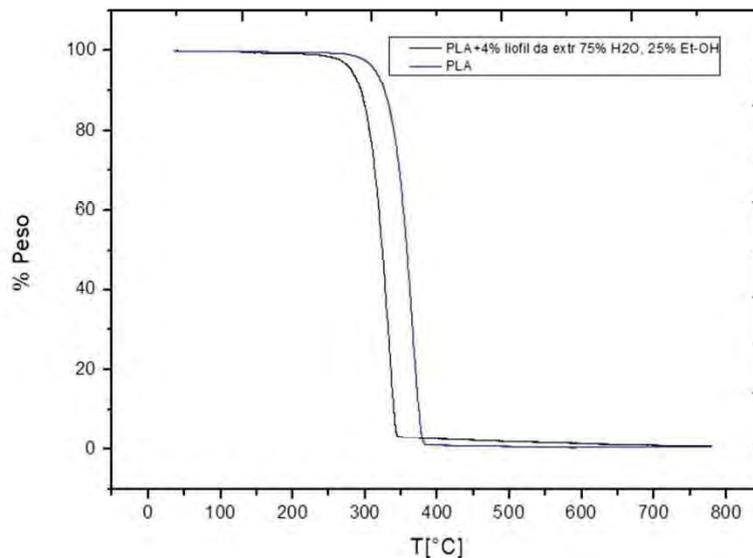


Figura 22: Analisi termogravimetrica del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 3 sostanze attive nella matrice polimerica PLA

Caratterizzazione DSC

Il DSC permette di misurare la quantità di calore in gioco durante una transizione che avviene sempre con assorbimento o emissione di energia. L'analisi è stata effettuata utilizzando un DSC Discovery Q1000 DSC Discovery TA Instruments: calorimetro differenziale a scansione per l'identificazione delle temperature di transizione di fase e delle cinetiche di reazione di sistemi polimerici e compositi.

Dopo aver imposto ai due campioni un programma termico prefissato, si fornisce o sottrae al campione in esame, in corrispondenza del fenomeno di transizione, una quantità finita di energia per mantenerlo alla stessa temperatura del riferimento.

Ogni campione (circa 6 mg) è stato sottoposto al seguente programma termico:

Film a base LDPE	Film a base G-Polymer
• Da -80°C a 380°C a 10°C/min	• Da -80°C a 280°C a 10°C/min
• Da 380°C a -80°C a 10°C/min	• Da 280°C a -80°C a 10°C/min
• Da -80°C a 400°C a 10°C/min	• Da -80°C a 300°C a 10°C/min

Dall'analisi al DSC si possono ricavare varie informazioni come la temperatura di transizione vetrosa (T_g) che si

determina dal massimo della derivata prima del tratto di interesse del termogramma, la temperatura di fusione (T_m) che si legge in corrispondenza del massimo del picco endotermico del termogramma durante la fase di riscaldamento e la temperatura di cold crystallization (T_{cc}) letta in corrispondenza del massimo del picco esotermico del termogramma durante la fase di riscaldamento.

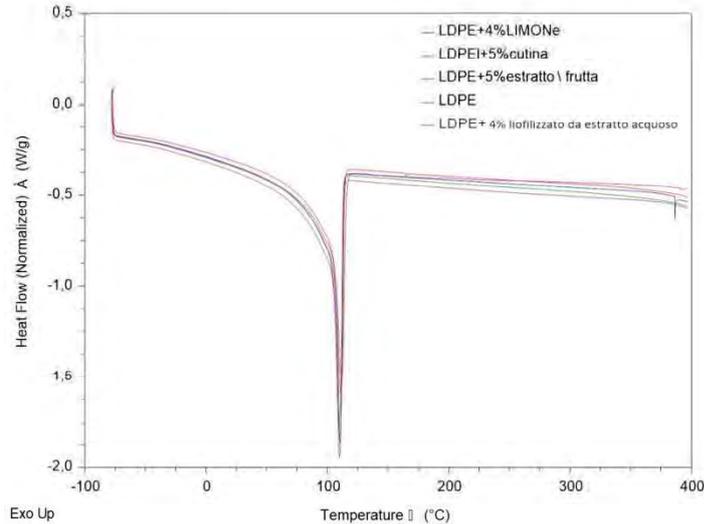


Figura 23: Analisi calorimetria del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica LDPE

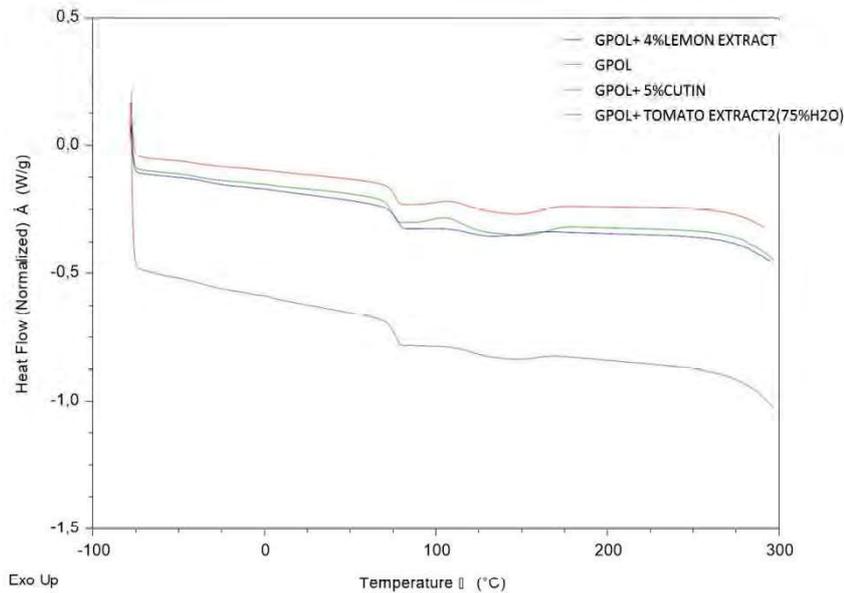


Figura 24: Analisi calorimetria del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 3 sostanze attive nella matrice polimerica G-Polymer

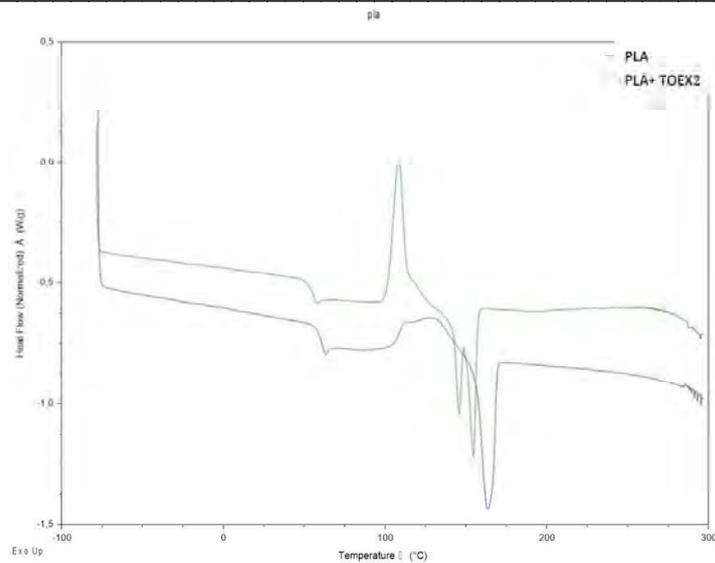


Figura 25: Analisi calorimetrica del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando la sostanza attiva nella matrice polimerica PLA

I risultati ottenuti mostrano che la presenza delle sostanze attive non modifica la cristallinità, le temperature di transizione e la degradazione termica dei film a base LDPE e G-Polymer. Per i film a base PLA, si nota che la presenza della sostanza attiva induce una leggera influenza sulla cristallinità del film attivo e un aumento della stabilità termica del film attivo.

Permeabilità all'acqua

La prova di permeabilità all'acqua è stata effettuata con MOCON Permatran W 3/31 (Mocon). Il sistema permette di determinare, attraverso sensore IR, la WVTR (Water Vapor Transmission Rate) di film polimerici in fissate condizioni di temperatura e umidità relativa a monte e a valle del film. In particolare, i film sono stati tagliati in campioni di area superficiale 5 cm² e sono stati testati ad una temperatura di 25°C. Le prove di permeabilità sono state condotte a umidità relativa pari allo 0% per il flusso di coda e 50% per quello di testa, con un flusso di azoto pari a 10 ml/min.

Le caratteristiche di permeazione a composti a basso peso molecolare quali vapor d'acqua e ossigeno sono state determinate per verificare l'effetto delle molecole attive sulle proprietà barriera dei film.

I valori riportati in Figura 26 mostrano che l'effetto barriera all'acqua dell'LDPE non è influenzato dalla presenza della cutina né del lemon extract mentre la presenza dell'apple/ginger e dell'estratto di pomodoro fanno aumentare notevolmente il valore di permeabilità all'acqua, probabilmente a causa dell'effetto plasticizzante dell'estratto a mezzo acqua (100%).

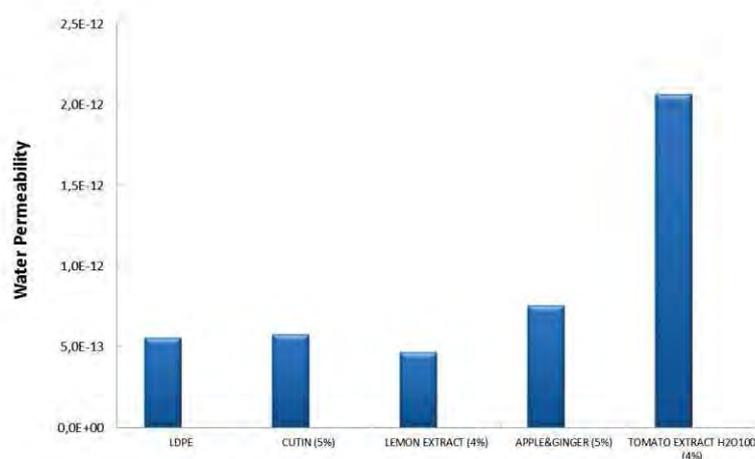


Figura 26: Permeabilità al vapor d'acqua ($T=25^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\%$) del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica LDPE

I valori riportati in Figura 27 mostrano che la permeabilità all'acqua del G-Polymer viene ridotta in presenza di cutina (riduzione del 40% circa) e lemon extract (riduzione del 47% circa), mostrando, quindi, un miglioramento delle proprietà barriera. Tale effetto è sempre presente, anche se un po' meno marcato anche nel caso di film additivati con estratto di pomodoro (riduzione del 25% circa).

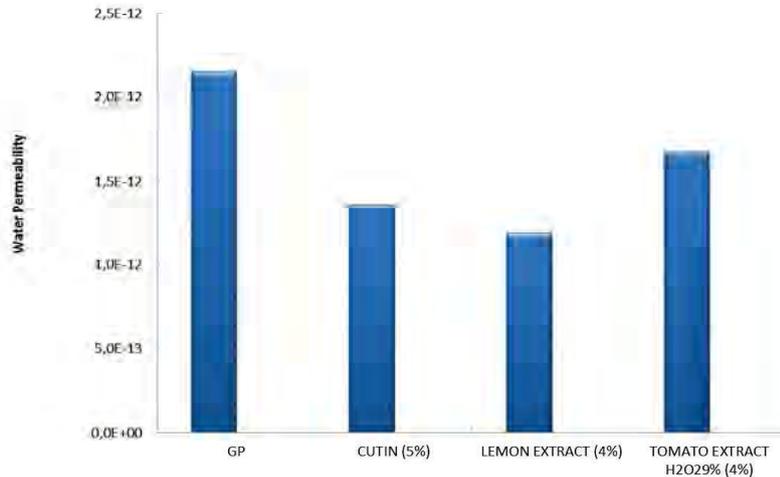


Figura 27: Permeabilità al vapor d'acqua ($T=25^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\%$) del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 3 sostanze attive nella matrice polimerica G-Polymer

I valori riportati in Figura 28 mostrano che la permeabilità all'acqua del PLA viene ridotta in presenza di cutina e lemon extract ed apple&ginger mostrando, quindi, un miglioramento delle proprietà barriera piuttosto significativo del 33, 37 e 54% rispettivamente. Tale effetto è sempre presente, anche se un meno marcato anche nel caso di film additivati con estratto di pomodoro.

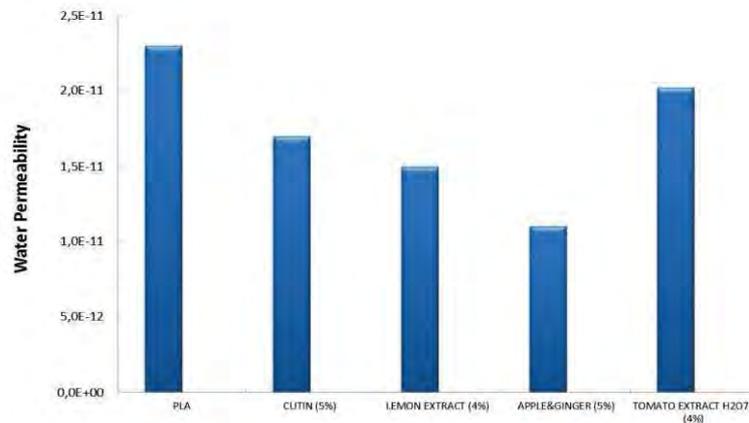


Figura 28: Permeabilità al vapor d'acqua ($T=25^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\%$) del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica PLA

Permeabilità all'ossigeno

La prova di permeabilità all'ossigeno è stata effettuata con MOCON Oxtran W 2/21 (Mocon, Germania). Il sistema permette di determinare, attraverso un sensore coulometrico, la OTR (Oxygen Transmission Rate) di film polimerici in fissate condizioni di temperatura, in condizioni dry o di umidità relativa a monte e a valle del film. In particolare, i film sono stati tagliati in campioni di area superficiale 5 cm^2 e sono stati testati ad una temperatura di 25°C .

I valori riportati in Figure 29 mostrano che l'effetto barriera all'ossigeno dell'LDPE non è influenzato dalla presenza delle sostanze attive. Si evidenziano valori di PO_2 pressoché simili a quelli del film non additivato.

In Figura 30 è mostrata la permeabilità dei film a base G-Polymer additivati con le 3 sostanze attive. Come atteso, la PO_2 aumenta a causa dell'effetto plasticizzante dei composti attivi sull'HAVOH altamente amorfo. Per tale motivo, la sperimentazione in vitro e in vivo, si concentrerà principalmente sui film a base LDPE e PLA.

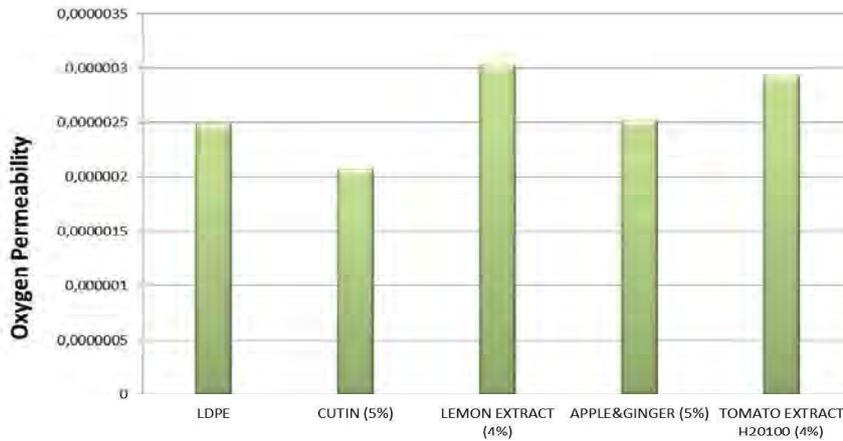


Figura 29: Permeabilità all'ossigeno ($T=25^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\%$) del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 4 sostanze attive nella matrice polimerica LDPE

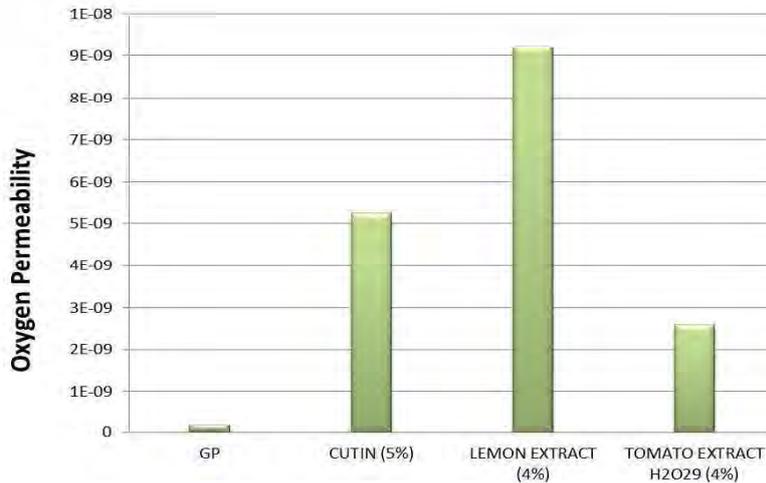


Figura 30: Permeabilità all'ossigeno ($T=25^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\%$) del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando le 3 sostanze attive nella matrice polimerica G-Polymer

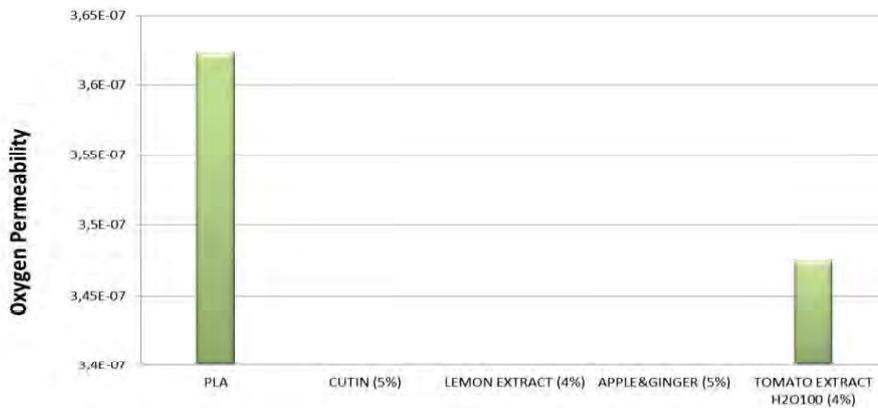


Figura 31: Permeabilità all'ossigeno ($T=25^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\%$) del film tal quale e dei film attivi ottenuti additivando la sostanze attive nella matrice polimerica PLA

Prove angolo di contatto

Allo scopo di valutare le proprietà superficiali dei film realizzati nel progetto, sono state effettuate prove angolo di contatto su tutte le miscele, disperdendo sui film due solventi: acqua distillata e diiodometano e glicol etilenico. Lo strumento utilizzato è un Contact Angle System (OCA) della Dataphysics. L'apparecchiatura è dotata di un microscopio ottico che serve a determinare la forma della goccia deposta sulla superficie del solido e valutarne, attraverso un software di analisi grafica, gli angoli che si formano alla base. In Figura 32 e 33 sono riportati degli esempi di misure di angolo di contatto su film di LDPE e G-Polymer, tal quale e additivati con cutina, utilizzando due diversi solventi: diiodometano e acqua.

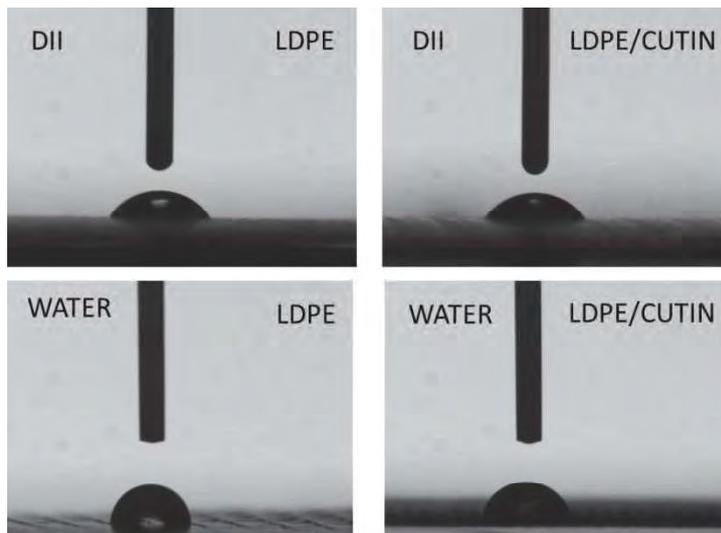


Figura 32: Immagini di misure di angolo di contatto su film a base LDPE, tal quale e additivato con cutina. Solventi utilizzati: acqua e diiodometano (DII)

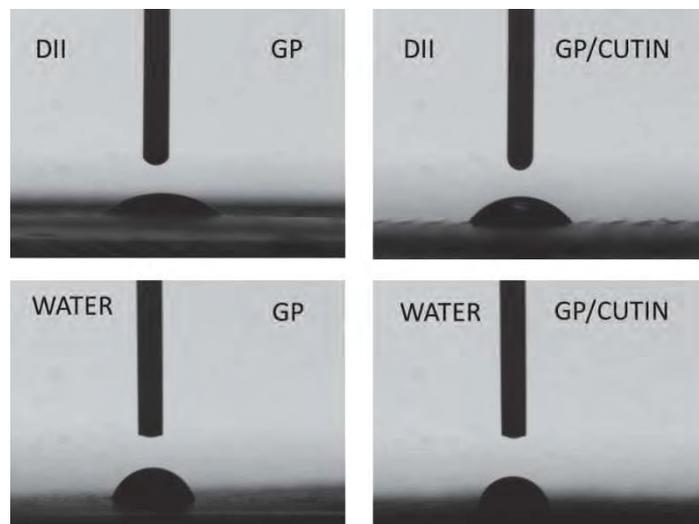


Figura 33: Immagini di misure di angolo di contatto su film a base G-Polymer (GP), tal quale e additivato con cutina. Solventi utilizzati: acqua e diiodometano (DII)

In tabella sono riportati i valori medi dell'angolo di contatto che forniscono informazioni sulla bagnabilità (solvente acqua) e sulla stampabilità (solvente glicol etilenico e diiodometano) dei film investigati.

Proprietà meccaniche

Per valutare le proprietà meccaniche dei film, è stato utilizzato il metodo standard per film sottili di plastica, disciplinato dalla normativa fissa **D882-02**. Tale metodo consente la determinazione delle proprietà di trazione di materie di plastica sotto forma di film sottili, con spessori minori di 1,0 mm.

I campioni utilizzati per la prova devono essere costituiti da strisce di larghezza e spessore uniformi di almeno 50 mm più



lunghe rispetto alla presa utilizzata, e avere una larghezza nominale nel range 5,0-25,4 mm. Tali campioni devono essere condizionati a $23\pm 2^\circ\text{C}$ con un'umidità relativa di $50\pm 5\%$. Il numero di campioni da testare dipende dalle proprietà d'isotropia o anisotropia del materiale; nel caso di materiale isotropo bastano 5 campioni, mentre nel caso di materiali anisotropi almeno 10.

Le prove sono state effettuate con lo strumento Lonos Test, il quale ha una cella di carico di 25Kg. I campioni di dimensione 10 cm x 1 cm sono stati messi all'interno delle morsette e tirati a trazione con una velocità di 5 mm/min.

I film più performanti dal punto di vista delle proprietà del materiale sono stati inviati ai partner di progetto Università di Santiago de Compostela (Spagna), INSA (Portogallo) e Università di Coimbra (Portogallo) perché venissero effettuate prove di migrazione, di verifica dell'efficacia antiossidante in vitro e successivamente di verifica dell'attività antiossidante su alimenti modello soggetti a fenomeni di irrancidimento. Le prove effettuate ed i risultati ottenuti sono riportate nei report di fine progetto di ciascun partner. I più importanti risultati ottenuti sono descritti sinteticamente nel paragrafo delle Conclusioni in questo report.

WP4

OS4. Pubblicazioni su riviste scientifiche, disseminazione dei risultati attraverso convegni nazionali ed internazionali del settore

Pubblicazione su Rivista Internazionale – Special Issue

- **B. Galzerano, M. Stanzione, M. Lavorgna, A. Sanches Silva, M.A. Andrade, F. Vilarinho, F. Ramos and G.G. Buonocore** "New antioxidant LDPE films containing apple and ginger extract". *Italian Journal of Food Science – Special Issue SLIM 2019* (2019), 143-147
- **M. Stanzione, B. Galzerano, M. Lavorgna, H. Aloui, K. Khwaldia and G.G. Buonocore** "Development of cutin-based antioxidant films" *Italian Journal of Food Science – Special Issue SLIM 2019* (2019), 148-154
- M.A. Andrade, C. Barbosa, F. Vilarinho, A. Sanches Silva, **M. Stanzione, B. Galzerano, G.G. Buonocore, K. Khwaldia and F. Ramos.** New antioxidant LDPE films containing apple and ginger extract. Potential migration of phenolic compounds from active food packaging. In: Book of proceedings of Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities (2019), 374-376.

Pubblicazione su Rivista Nazionale

- **M. Stanzione, A. Sanches Silva, M. Andrade, C.H. Barbosa, F. Vilarinho, G.G. Buonocore.** La Natura conserva la Natura - Film flessibili contenenti estratti naturali ad attività antiossidante per la conservazione di frutta secca. COM-PACK Imballaggi Ecosostenibili N.44 pag. 17-19 (2020)

Presentazioni Orali e Poster a Conferenze e Workshop Internazionali

- M. Andrade, C. Barbosa, F. Vilarinho, **G. Buonocore, A. Sanches Silva, K. Khwaldia, F. Ramos.** The circular economy of fruits by-products extracts: Potential use in the food industry. 1st Iberphenol Conference – 1st Iberian Congress on Phenolic Compounds. Vigo, October 2019
- Sanches-Silva, M. Andrade, F. Vilarinho, F. Ramos, **G. Buonocore, R. Sendón, K. Khwaldia.** The use of industrial fruits by-products to develop active bioplastics: the contribution of VIPACFood project Pittsburgh Conference & Exposition- (PITTCO2020). Chicago, March 2020
- M. Andrade, C. Barbosa, F. Vilarinho, A. Sanches Silva, **G. Buonocore, K. Khwaldia, F. Ramos.** Inhibition of lipid oxidation through active packaging with extracts from industrial fruit by-products (Inibição da oxidação lipídica através de embalagens ativas com extratos de subprodutos industriais de fruta). International Conference of Agro industry (Congresso Internacional da Agroindustria) - CIAGRO2020 - OnLine 25-27 September 2020
- A. Sanches-Silva, M. Andrade, C. H. Barbosa, F. Vilarinho, F. Ramos, **G. Buonocore, M. Stanzione, R. Sendón, L. Barbosa-Pereira, K. Khwaldia.** The potential of industrial fruits by-products to produce antioxidant extracts and their application in active food packaging. 4th International Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food in Xi'an, China (4-ISPMF). Xi'an (China)- online, November-December 2020
- **G.G. Buonocore, M. Stanzione, B. Galzerano, M. Lavorgna.** New Active Packaging Films: The Vipacfood Approach. *Workshop "Novel Technologies to prolong the shelf life of fresh produce"* associated with the VIPACFood project Meeting – Fisciano (SA) 19-20 Settembre 2019

SINTESI E CONCLUSIONI

La combinazione tra imballaggi attivi e imballaggi riciclabili o biodegradabili è una delle sfide tecnologiche di maggiore interesse per il mondo accademico e scientifico negli ultimi anni. Attraverso questi sistemi è possibile estendere la durata di conservazione (shelf life) dei prodotti alimentari confezionati e ridurre l'inquinamento ambientale correlato all'accumulo di rifiuti plastici. In questo scenario, si sono inserite le attività del progetto VIPACFOOD il cui partenariato ha coinvolto 8 enti di ricerca e università dei Paesi del Mediterraneo, quali Tunisia, Italia, Portogallo e Spagna.



Figura 1. Logo del Progetto, sviluppato nell'ambito delle attività di Dissemination (WP4)

L'obiettivo dell'attività di ricerca è, infatti, l'utilizzo e la valorizzazione dei sottoprodotti e rifiuti industriali della filiera alimentare attraverso l'estrazione, da essi, di componenti attivi e funzionali ad elevato valore aggiunto. In particolare, si è voluto valorizzare i sottoprodotti di frutti, estraendo da essi componenti impiegati per la realizzazione di imballaggi funzionali attivi per il confezionamento ed il prolungamento della shelf-life di alimenti grassi secchi al fine di rallentare il fenomeno di ossidazione dei grassi.

Una delle linee di ricerca del progetto, condotta in collaborazione tra l'IPCB-CNR (Italia), l'Istituto Nazionale di Salute (INSA) e l'INIAV (Portogallo), ha riguardato lo sviluppo di film flessibili attivi a matrice poliolefinica e a matrice biodegradabile (LDPE, PLA e G-Polymer). In tali matrici polimeriche è stato inglobato, durante il processo di manifattura su scala di laboratorio, i seguenti filler naturali estratti, dai partner del progetto, da sottoprodotti o scarti di produzione di aziende alimentari: cutina, estratto di pomodoro, estratto di frutta ed estratto di limone. I film attivi sono stati realizzati mediante tecniche di *direct melt processing* usando un approccio a due step. Dapprima il fuso polimerico e la sostanza attiva sono stati miscelati per giungere ad un grado di dispersione omogeneo ed uniforme (*melt mixing*), successivamente un processo di compressione mediante una pressa a piani caldi (*hot compression*) ha consentito di realizzare diverse campionature sotto forma di film sottili, dello spessore di circa 100 micron, per la successiva fase di caratterizzazione (Figura 2). I campioni prodotti sono stati studiati mediante diverse tecniche sperimentali al fine di determinarne le caratteristiche meccaniche (resistenza, modulo ed elongazione a rottura) e funzionali (stabilità termica, permeabilità all'acqua e bagnabilità superficiale), importanti per la specifica applicazione nel food packaging. L'efficacia antiossidante dei film così ottenuti è stata valutata mediante prove *in vitro* e prove *in vivo*, ovvero prove per il monitoraggio dei fenomeni ossidativi di mandorle confezionate nei film attivi.

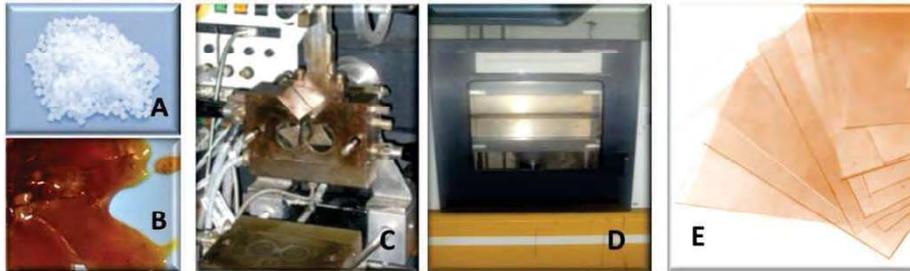


Figura 2. Granuli di LDPE (A) ed Estratto di limone (B) sono stati alimentati nel miscelatore discontinuo (C). La massa ottenuta è stata pressata a caldo (D) per ottenere i film attivi dello spessore di circa 100 micron (E)

L'analisi dei risultati ha evidenziato che i film attivi mantengono pressoché invariate le caratteristiche strutturali e funzionali rispetto ai film non additivati, in alcuni casi presentano addirittura dei miglioramenti prestazionali. In particolare, le prove effettuate mediante calorimetria a scansione differenziale (DSC), termogravimetria (TGA) e prove tensili hanno mostrato che non ci sono variazioni significative tra il comportamento dei film attivi, sia a base di LDPE che di PLA, rispetto a quelli non additivati. Le prestazioni dei film ottenuti, soprattutto quelle meccaniche, restano quindi invariate. Al contrario, le prove di permeabilità al vapor d'acqua (PW) mostrano una riduzione del valore di PW dei film attivi rispetto a quello dei film tal quali. In particolare si evidenzia un miglioramento delle proprietà barriera del 20% per i film a base LDPE e del 40% per i film a base PLA. Inoltre, i valori di bagnabilità a solventi quali glicoletilenico e diiodometano dei film attivi si riducono rispetto ai film non additivati, indice di un miglioramento della stampabilità superficiale. Per verificare che il composto attivo inglobato nella matrice polimerica abbia conservato l'efficacia antiossidante dopo i processi di manifattura dei film, sono state effettuate prove per valutare il contenuto fenolico e dei flavonoidi su simulanti tenuti in contatto per 10 giorni a $T=40^{\circ}$ con film tal quali e attivi. I risultati ottenuti dalle prove *in vitro* mostrano che i film attivi hanno una buona capacità antiossidante, in particolare modo il film PLA+4%LE. I film attivi LDPE/4%LE e PLA/4%LE sono stati utilizzati per preparare bustine termosaldate in cui sono state confezionate mandorle, l'alimento ad elevato contenuto di grassi selezionato nel progetto. In particolare è stato determinato il valore di p-anisidina degli estratti di mandorle che sono state in contatto con i film attivi a temperatura ambiente per diversi tempi di conservazione. Dai risultati ottenuti (Figura 4) si evince che il film attivo esplica una buona funzione antiossidante.

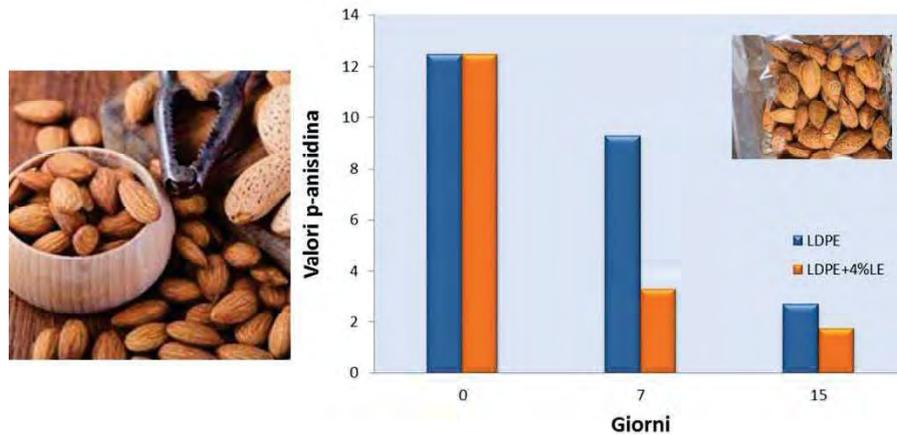


Figura 3. Valori di p-anisidina in funzione del tempo di estratti di mandorle confezionate con film attivo e con film non additivato

Il valore di p-anisidina dell'estratto di mandorle confezionate con il film attivo è inferiore rispetto a quello dell'estratto di mandorle confezionate nel film non additivato, mostrando quindi una minore ossidazione del campione. La riduzione osservata è particolarmente significativa (~ 65%) a 7 giorni di conservazione e si mantiene elevata (~37%) fino a 15 giorni. I film attivi possono essere quindi potenzialmente utilizzati come imballaggio attivo per rallentare l'ossidazione e migliorare la conservazione di mandorle confezionate.

SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)

Osservazioni alla relazione tecnico-scientifica

4. Obiettivi, benefici e criticità del progetto

SPAZIO RISERVATO AL COORDINATORE DEL PROGETTO				
Descrizione degli obiettivi del progetto				
Obiettivi generali	Obiettivi specifici	Linee di attività in WP	Risultati attesi	Risultati raggiunti <i>(Se il risultato atteso non è stato raggiunto specificare la motivazione nel campo note)</i>
a. Valorizzare i sottoprodotti della trasformazione della frutta e gli scarti della biomassa algale attraverso l'estrazione di componenti attivi e funzionali ad alto valore aggiunto e lo sviluppo di prodotti innovativi ad alto valore aggiunto, elevata stabilità e commerciabilità.	1. Messa a punto di tecniche e tecnologie per inglobare componenti attivi e funzionali in film polimerici poliolefinici o biodegradabili o polimeri da fonti naturali	<ul style="list-style-type: none"> • WP 2 	Procedure per inglobare componenti attivi e funzionali in film polimerici poliolefinici o biodegradabili o polimeri da fonti naturali	<ul style="list-style-type: none"> • Il risultato è stato raggiunto completamente, in accordo con le tempistiche del GANTT di progetto e con la proroga di 6 mesi richiesta per motivazioni legate all'emergenza sanitaria per COVID-19. <i>Sono state definite le procedure in termini di tecniche e tecnologie di processo (melt mixing a due step: mixing + compression molding) per la realizzazione di film attivi a base poliolefinica (LDPE) e biodegradabile (PLA e G-Polymer)</i>
	2. Messa a punto della formulazione ottimale in termine di uso additivi quali plasticizzanti e/o compatibilizzanti per la realizzazione dei film	<ul style="list-style-type: none"> • WP 2 	Formulazione (matrice/composto attivo/additivo) da usare per la realizzazione dei film	<ul style="list-style-type: none"> • Il risultato è stato raggiunto completamente, in accordo con le tempistiche del GANTT di progetto e con la proroga di 6 mesi richiesta per motivazioni legate all'emergenza sanitaria per COVID-19. <i>E' stata messa a punto la formulazione ottimale per la realizzazione dei film attivi. In particolare sono state definite le concentrazioni ottimali, sia in termini di sostanza attiva additivata (cutina, lemon extract, estratto di pomodoro, estratto mela/zenzero) sia in termini di additivi plasticizzanti per migliorare la processabilità delle matrici polimeriche individuate: LDPE, PLA e G-Polymer</i>
b. Sviluppare tecnologie di trattamento post-raccolta sicure ed economicamente convenienti che permettano di ridurre gli scarti, di migliorare la sicurezza alimentare e la durata dei prodotti, nonché	Realizzazione e caratterizzazione e studio delle proprietà e performances dei film attivi da utilizzare per il prolungamento della shelf-life dei prodotti confezionati/rivestiti. In particolare, si studieranno proprietà quali le	<ul style="list-style-type: none"> • WP2 	<ul style="list-style-type: none"> • Film flessibili ottenuti attraverso tecniche classiche di lavorazione dei polimeri (melting, estrusione, compression molding) e/o tecnica solvent/casting. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il risultato è stato raggiunto completamente, in accordo con le tempistiche del GANTT di progetto e con la proroga di 6 mesi richiesta per motivazioni legate all'emergenza sanitaria per COVID-19. Sono stati realizzati diversi film flessibili dello spessore di circa 100-150 micron ottenuti a partire da LDPE, PLA e G-Polymer contenti le sostanze attive ottenute da sottoprodotti fornite dai diversi



<p>di ridurre la quantità di imballaggio utilizzato nel confezionamento degli alimenti, per ottenere benefici sociali, ambientali ed economici.</p>	<p>proprietà morfologiche e strutturali, proprietà barriera e proprietà meccaniche.</p>	<ul style="list-style-type: none">• WP4	<ul style="list-style-type: none">• Correlazioni proprietà/struttura a dei materiali attivi messi a punto• Pubblicazioni su riviste scientifiche, disseminazione dei risultati attraverso convegni nazionali ed internazionali del settore	<p>partner del progetto. Prototipi su scala di laboratorio sono disponibili presso l'istituto IPCB-CNR.</p> <p>Tutti i film sono stati studiati e caratterizzati per quel che riguarda le proprietà del materiale tra cui proprietà strutturali, termiche, barriera, meccaniche e superficiali. Sono state identificate le correlazioni tra struttura e proprietà dei film attivi realizzati.</p> <p>I film con le migliori prestazioni in termini di proprietà barriera e meccaniche, sono stati inviati ai partner di progetto che ne hanno testato l'efficacia in vitro. Successivamente studi di shelf-life hanno mostrato l'efficacia di tali materiali nel prolungare la shelf-life di alimenti (i.e. mandorle) confezionati in quando è stato possibile rallentare fenomeni di irrancidimento a causa dell'azione antiossidante delle sostanze attive inglobate nel film polimerico per l'imballaggio.</p> <ul style="list-style-type: none">• Il risultato è stato raggiunto completamente, in accordo con le tempistiche del GANTT di progetto e con la proroga di 6 mesi richiesta per motivazioni legate all'emergenza sanitaria per COVID-19. <p>Risultati del progetto sono stati pubblicati su riviste scientifiche nazionali ed internazionali e divulgati in convegni nazionali ed internazionali del settore, come riportato nella sezione Risultati (Pag. 24)</p>
<p style="text-align: center;">NOTE</p>				



SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)
Osservazioni al raggiungimento degli obiettivi del progetto

5. Ostacoli occorsi ed azioni correttive messe in atto

Descrivere gli ostacoli occorsi durante la realizzazione delle attività del progetto indicando la linea di attività interessata, l'Unità operativa coinvolta e le azioni che sono state attivate al fine di rimuovere gli ostacoli che impedivano la realizzazione degli obiettivi.

Numero WP	Unità operative coinvolte	Ostacolo	Azioni correttive
		Nello svolgimento delle attività non sono stati riscontrati ostacoli o criticità dal punto di vista tecnico-scientifico. E' stato necessario richiedere una proroga per completare le attività di ricerca a causa della situazione sanitaria nazionale collegata alla gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19. Infatti, a causa dell'impossibilità di accedere ai laboratori dell'Istituto per la temporanea chiusura delle strutture nel periodo di lockdown, non era stato possibile completare alcune delle attività sperimentali previste nell'ambito del WP2 e WP4. Con i mesi di proroga, tutte le attività sono state portate a termine con successo.	

SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)
Osservazioni alle azioni correttive messe in atto

Timbro dell'Ente proponente il progetto



Firma leggibile del Coordinatore del progetto

[CNR-IPCB]



SPAZIO RISERVATO ALL'ESPERTO (qualora designato)

Valutazione complessiva del progetto



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per i Polimeri, Compositi e Biomateriali - UOS di Napoli/Portici

Luogo e Data

Firma leggibile dell'Esperto (qualora designato)



¹te

Inserire una delle 6 aree prioritarie previste dal capitolo 2 del Piano Strategico per l'Innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale (2014-2020), ovvero:

- Area 1 - Aumento sostenibile della produttività, della redditività e dell'efficienza delle risorse negli agro ecosistemi**
- Area 2 - Cambiamento climatico, biodiversità, funzionalità suoli e altri servizi ecologici e sociali dell'agricoltura**
- Area 3 - Coordinamento e integrazione dei processi di filiera e potenziamento del ruolo dell'agricoltura**
- Area 4 - Qualità, tipicità e sicurezza degli alimenti e stili di vita sani**
- Area 5 - Utilizzo sostenibile delle risorse biologiche a fini energetici ed industriali**
- Area 6 - Sviluppo e riorganizzazione del sistema della conoscenza per il settore agricolo, alimentare e forestale**
- Area 7 - Pesca e acquacoltura**

² Inserire una delle seguenti linee di attività (previste dal Piano Strategico per l'Innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale 2014-2020). La linea di attività da inserire dovrà corrispondere all'area strategica di intervento indicata nel precedente campo, ovvero per la:

Area 1 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Scelte varietali, di razza, di destinazione d'uso, miglioramento genetico mediante l'utilizzo di biotecnologie sostenibili;
- b. Uso sostenibile dei nutrienti, dei prodotti fitosanitari e dei prodotti zooprofilattici, utilizzazione di microrganismi, insetti utili e molecole bioattive per la difesa delle piante;
- c. Ottimizzazione dei processi produttivi (tecnica colturale, alimentazione, benessere animale, pratiche di prevenzione, risparmio energetico, ecc.), anche mediante l'utilizzo di sistemi di supporto alle decisioni (telerilevamento, agricoltura e zootecnia di precisione, meccanizzazione integrale, robotica e altri sistemi automatici intelligenti, applicazione di principi e strumenti di intelligenza artificiale ecc.) e biotecnologie sostenibili;
- d. Soluzioni tecnologiche per il miglioramento degli impianti e delle strutture aziendali;
- e. Gestione efficiente della risorsa idrica e della qualità delle acque;
- f. Conservazione, conservabilità e condizionamento delle produzioni (riduzione degli sprechi, conservanti naturali ecc.);
- g. Strumenti e sistemi funzionali alla gestione aziendale (pianificazione, costi di produzione, diversificazione ecc.) e alla sua caratterizzazione (impronta ecologica).

Area 2 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Strategie per la mitigazione e per lo studio dell'adattamento al cambiamento climatico;
- b. Valorizzazione delle varietà e razze locali e salvaguardia delle risorse genetiche;
- c. Tutela del fattore "suolo": conservazione, qualità, fertilità e salvaguardia della biodiversità microbica;
- d. Valorizzazione di alcuni servizi ecologici forniti dal settore primario: manutenzione e ripristini ambientali, verde urbano, agricoltore/selvicoltore custode, bonifica dei terreni inquinati ecc.;
- e. Valorizzazione del ruolo sociale dell'agricoltura: "agricoltura sociale", relazioni urbano – rurale, accettabilità sociale dell'attività agricola.

Area 3 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Soluzioni organizzative, economiche e sociali alle difficoltà strutturali di integrazione orizzontale e verticale nei distretti e nelle filiere;
- b. Soluzioni tecnologiche per il miglioramento dei processi di filiera;
- c. Sviluppo di sistemi distributivi, commerciali, promozionali e di marketing.

Area 4 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Produzione di alimenti di qualità per tutti (food security);
- b. Miglioramento, tutela e tracciabilità della qualità e della distintività e adeguamento dei relativi standard di certificazione;
- c. Tecniche sostenibili per la trasformazione, conservazione e confezionamento dei prodotti agroalimentari;
- d. Valorizzazione della relazione tra alimentazione e salute e della valenza nutraceutica dei prodotti agroalimentari.

Area 5 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Sviluppo e razionalizzazione delle filiere di biomasse e di biocarburanti con adeguati requisiti di sostenibilità ambientale ed economica;
- b. Sviluppo di bioraffinerie per la produzione di materiali industriali e mezzi tecnici a partire da residui e scarti agricoli nell'ottica dell'adeguata remunerazione del settore agricolo.

Area 6 - Inserire una delle seguenti linee di attività:

- a. Nuovi strumenti di governance per il coordinamento e l'efficienza del sistema della conoscenza: analisi dei fabbisogni, pianificazione, monitoraggio, valutazione ecc.;
- b. Promozione del trasferimento dell'innovazione mediante servizi di supporto, formazione e consulenza alle imprese agricole, alimentari e forestali;
- c. Sviluppo di nuove modalità.

³ Inserire uno degli 13 settori produttivi previsti dall'Allegato A del Piano Strategico per l'Innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale (2014-2020), ovvero:



- a) Zootecnico;
- b) Orticolo;
- c) Cerealicolo;
- d) Viticolo;
- e) Frutticolo;
- f) Olivicolo;
- g) Biologico;
- h) Floricolo;
- i) Forestale;
- j) Innovazione sociale;
- k) Piante officinali;
- l) Risicolo;
- m) Pesca e acquacoltura.