



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dalla Natura per la Natura: sviluppo di bio-compositi nell'ambito del progetto **AgriCo.Pack**

**Vannini Micaela, Marchese Paola,
Sisti Laura, Celli Annamaria**

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei
Materiali (DICAM) – Università di Bologna

Il progetto AgriCo.Pack



Scopo dell'attività di ricerca:

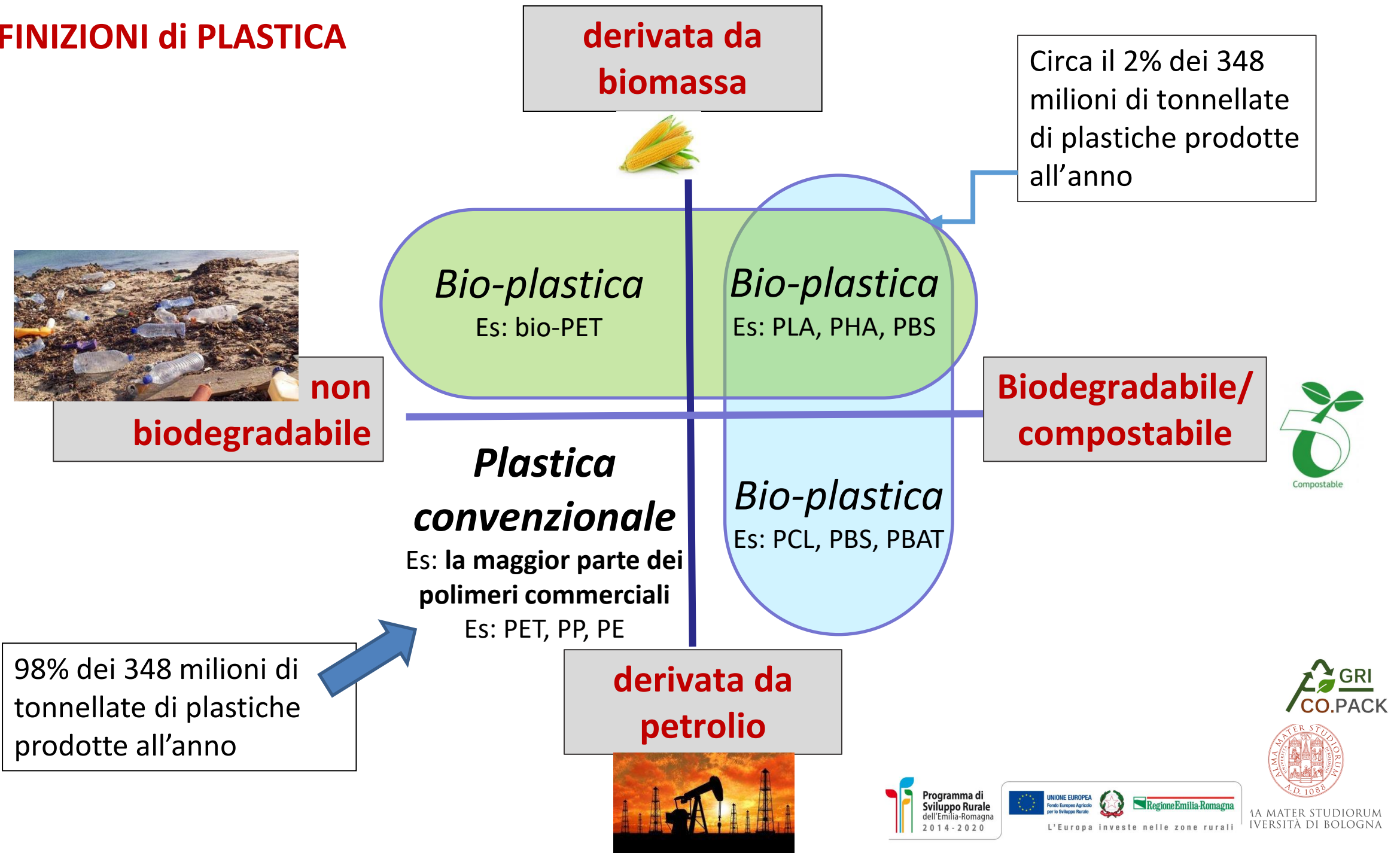
- Sviluppo di un nuovo packaging sostenibile per prodotti freschi
- Valorizzazione di scarti agricoli

In UniBo:

- Ottimizzazione di una formulazione caratterizzata da un biopolimero come matrice e da scarti agricoli come riempitivo al fine di ottenere un nuovo biocomposito



DEFINIZIONI di PLASTICA





Biopolimeri utilizzati

Sono stati selezionati 3 polimeri bio-based e compostabili come possibile matrice polimerica:

- **PLA**, acido polilattico,
- **PBS**, poli(1,4-butilene succinato),
- **Ecovio**[®], una miscela commerciale di PLA e di poli(1,4-butilene adipato-co-tereftalato) (PBAT).

 Non biodegradabili

 comprovata biodegradabilità

 comprovata biodegradabilità in determinate condizioni o per determinati gradi commerciali



Compost INDUSTRIALE

Temperatura 58°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 6 mesi (Norma: EN 13432)



SUOLO

Temperatura 25°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 2 anni (Certificazione: TÜV AUSTRIA OK SUOLO biodegradabile; DIN Certco biodegradabile nel suolo)



Home Compost

Temperatura 28°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 12 mesi (certificazione: TÜV AUSTRIA OK compost HOME; DIN Certco Home compostabile)



DIGESTIONE ANAEROBICA

Termofilo 52°C/mesofilo 37°C; specifica standard non ancora disponibile, ma generalmente il 90% considerato come completamente biodegradabile

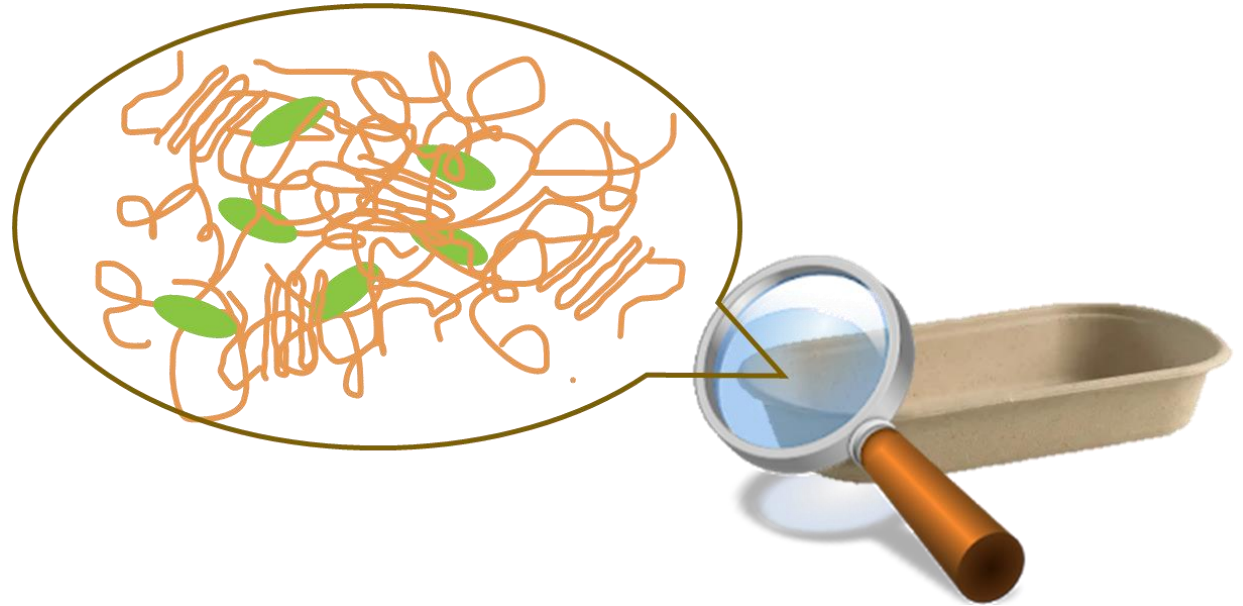


Nuovi biocompositi sostenibili

Polimero bio-based e biodegradabile

+

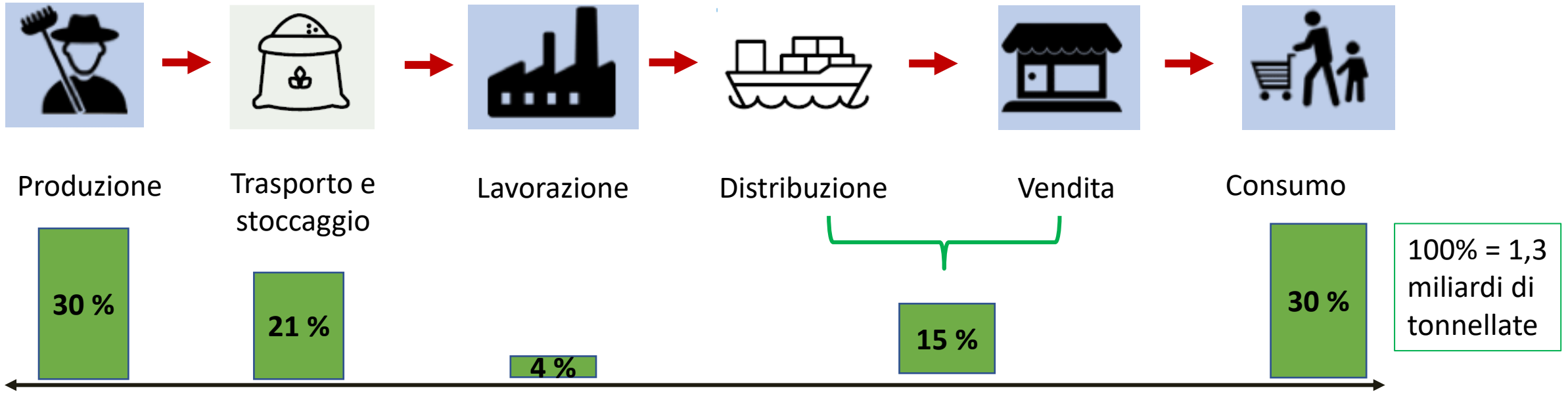
Scarti agricoli solidi e pretrattati



Vantaggi:

- 1) valorizzazione di un rifiuto agricolo
- 2) contributo alla diminuzione di costo di un biopolimero
- 3) aumento della velocità di biodegradazione

Scarti prodotti lungo la filiera dell'alimentare



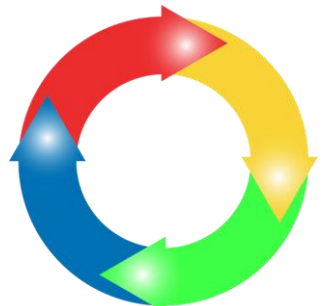
Otoni, C., et al. 2021. Adv. Mater. 2021, 33, 2102520

Smaltimento degli scarti alimentari:

- Compostaggio
- Incenerimento
- Discarica



SCARTI AGRO-INDUSTRIALI
 Diventano una risorsa per
 creare nuovi materiali
 sostenibili



ECONOMIA CIRCOLARE



ALMA MATER STUDIORUM
 UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Scarti agricoli utilizzati

Larga Produzione in Europa.
15-40% diventa scarto



Bucce di patata

In Europa: 600.000 ha coltivati a melo.
9.000 T di mele prodotte all'anno.
2-5 tonnellate /ha di residui all'anno.



Residui di potatura dei meli

1/3 dell'area Agricola in Europa.
Raccolto in balle con scarti del 25-45%.



Fieno

Azienda Agricola Brugnoli

Azienda Agricola Ortigiani

Pretrattamento dei residui: essiccamento e macinazione

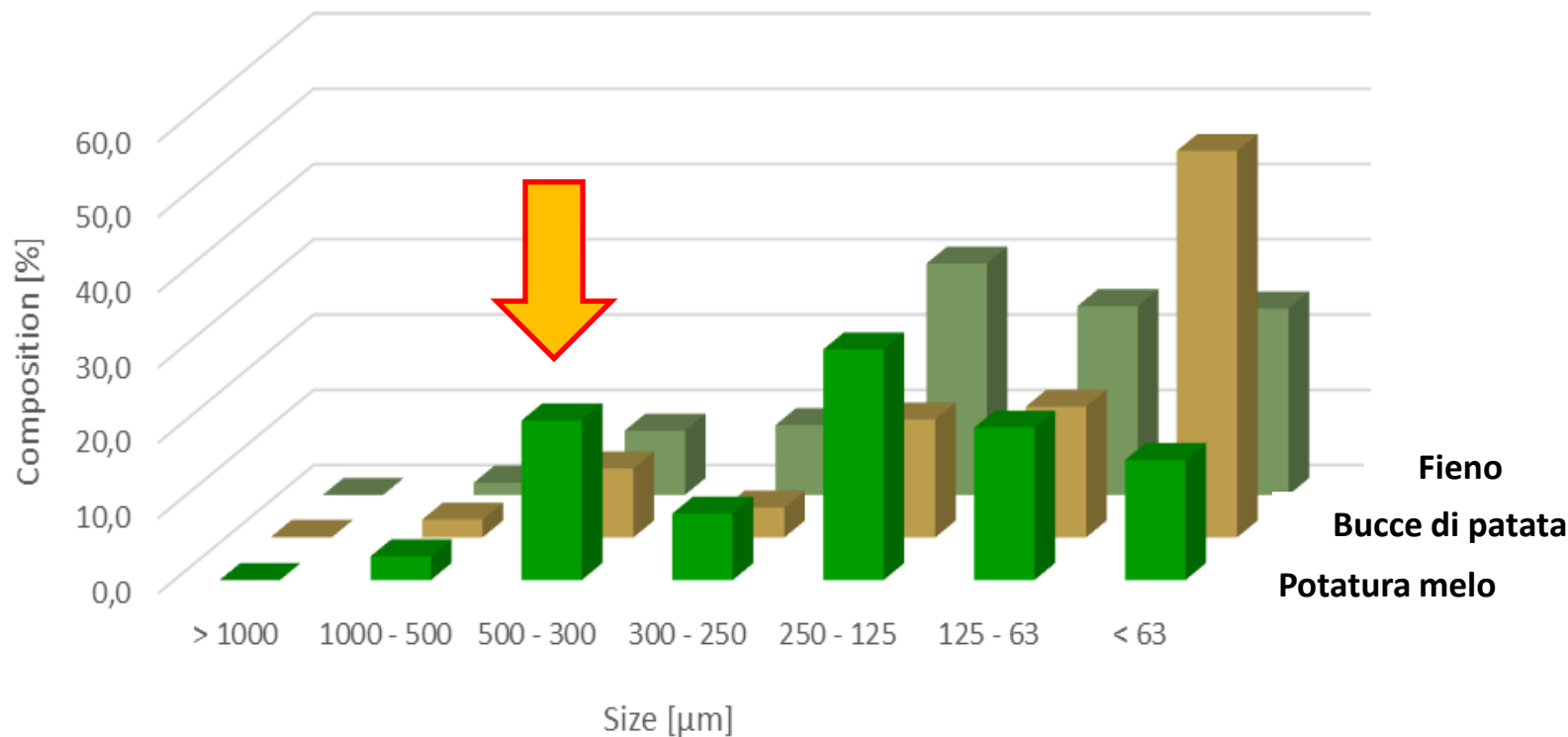
Obiettivo: dimensioni delle particelle attorno ai **300 μm**



Bucce di patata

Fieno

Residui di potatura

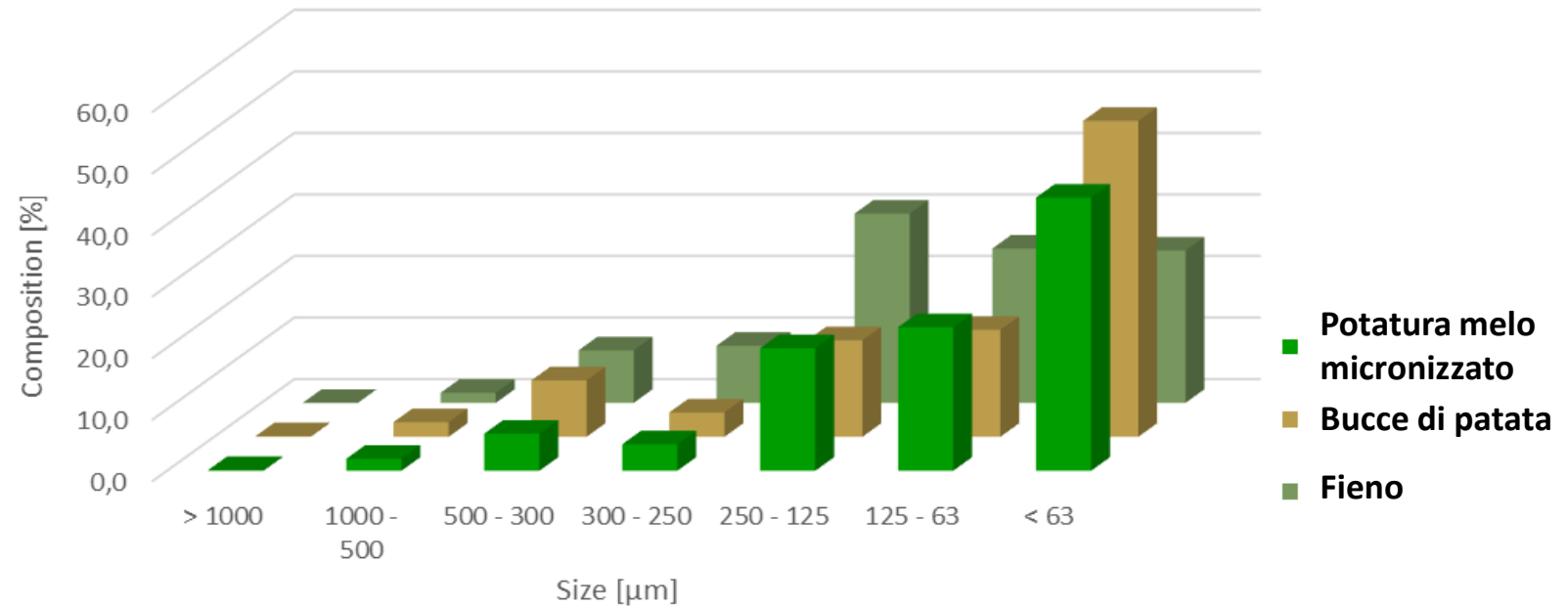


- Il residuo ottenuto dalla potatura del melo contiene una grande quantità di particelle di dimensioni maggiori di $300 \mu\text{m}$.



- Il residuo richiede un ulteriore trattamento di micronizzazione

Pretrattamento dei residui: macinazione



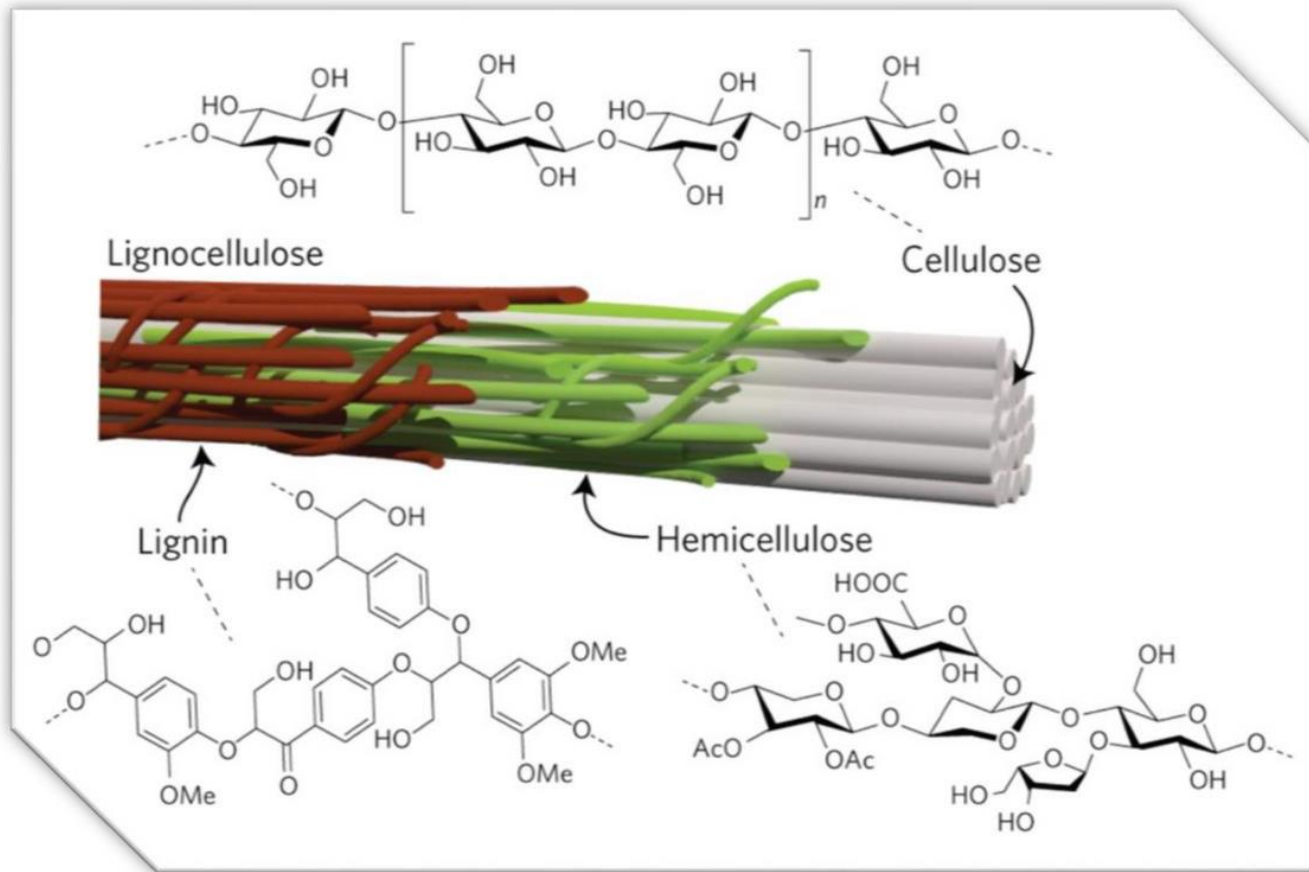
Residui scelti:

Fieno e bucce di patata macinati,

Residui di potatura micronizzati



Caratterizzazione dei residui: composizione chimica

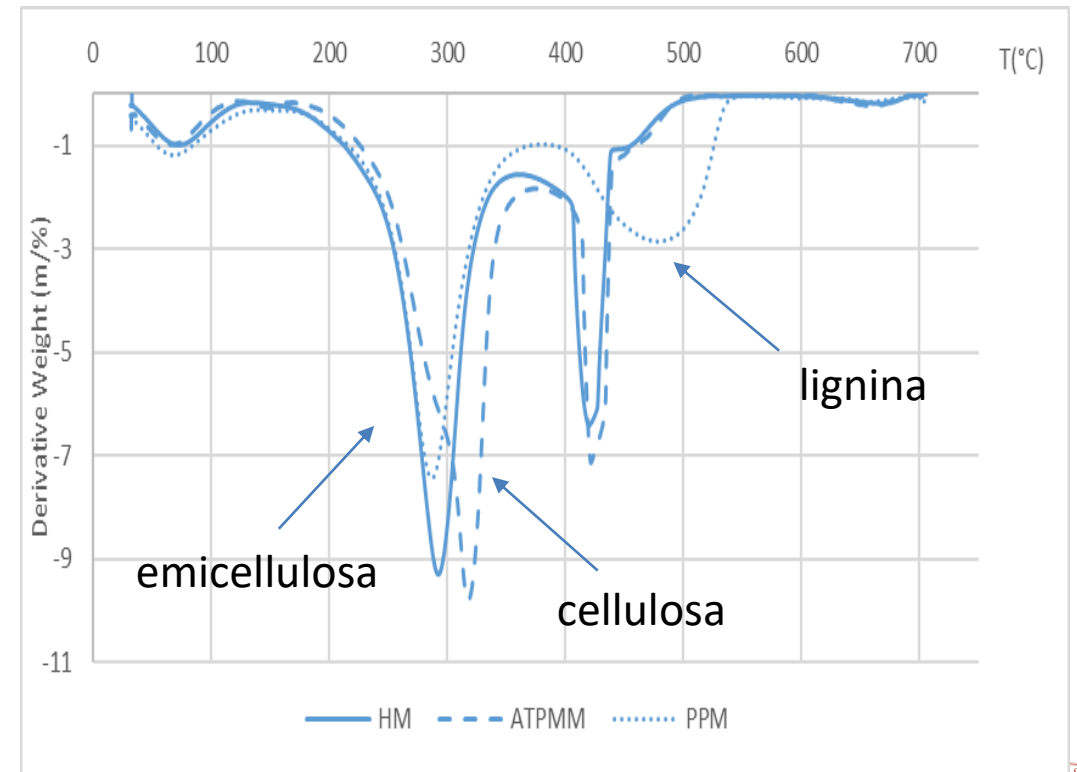
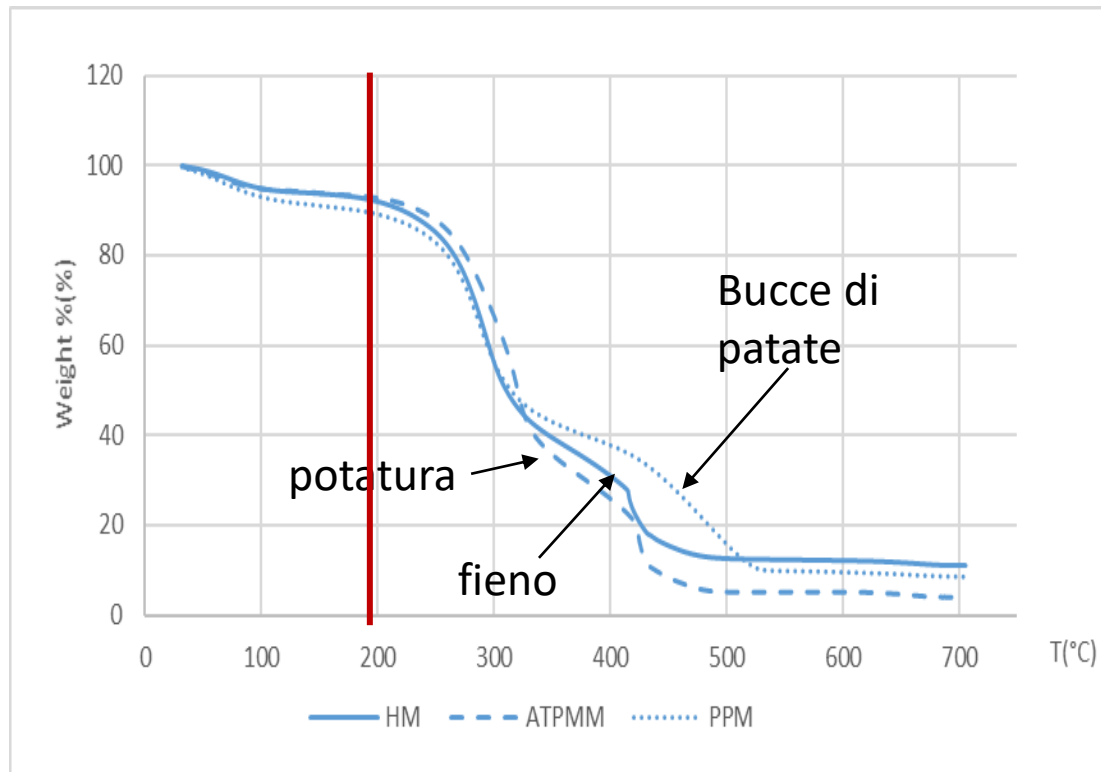


I residui ligneo-cellulosici sono caratterizzati dalla presenza di:

- ✓ Cellulosa
 - ✓ Emicellulosa
 - ✓ Lignina
- in quantità variabile

Caratterizzazione dei residui: stabilità termica e composizione chimica

L'analisi termogravimetrica (TGA) conferma i risultati dell'analisi chimica e permette di determinare la temperatura alla quale potere i residui senza avere decomposizione.



Preparazione dei compositi

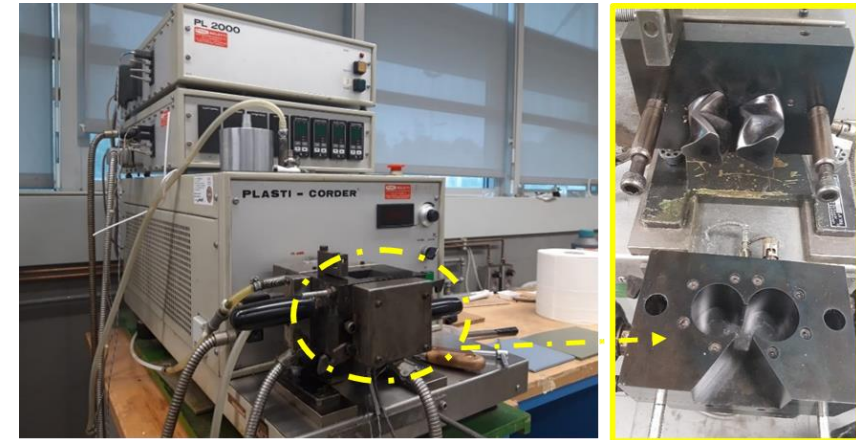
Bucce di patate



Potatura del melo



Fieno



La preparazione dei compositi è stata effettuata tramite miscelazione allo stato fuso in un mescolatore **Brabender microcompounder**.

Quantità di residui variabili fra **10 e 30-40% in peso** sono state aggiunte alle tre matrici polimeriche.

(tempo di mescolamento: **6 minuti @50rpm**)

Temperature di mescolamento:

195°C per formulazioni a base di **PLA**

155°C per formulazioni a base di **Ecovio**

140°C per formulazioni a base di **PBS**

- **Approccio sostenibile**
- **no solventi**
- **no additivi**

Compositi a base di PLA: caratterizzazioni

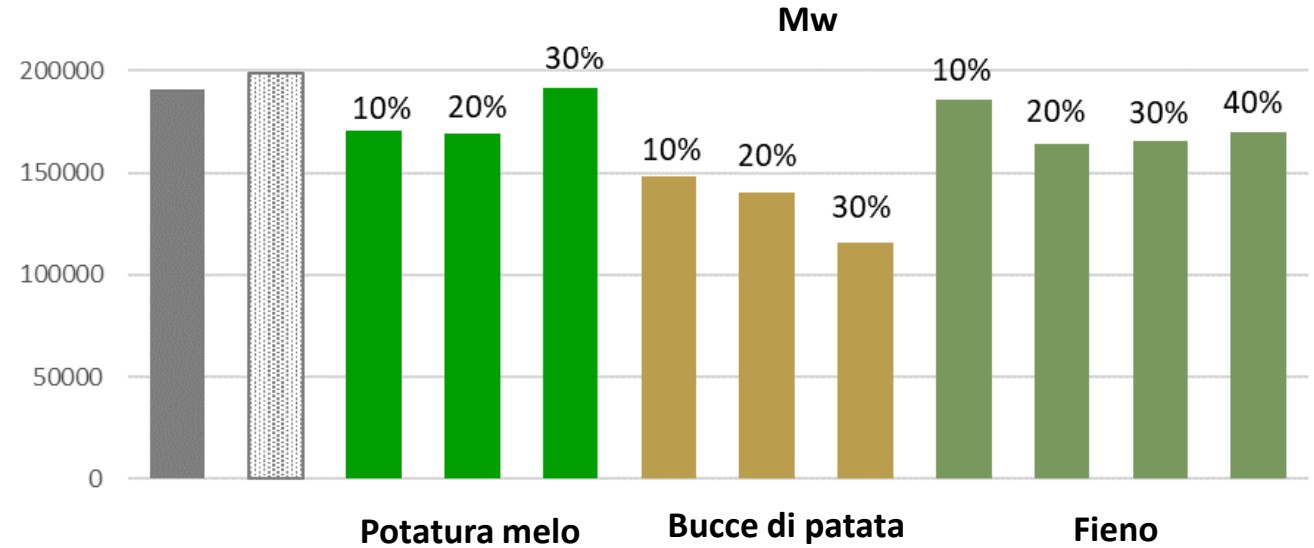


I compositi contenenti bucce di patata mostrano una diminuzione di peso molecolare

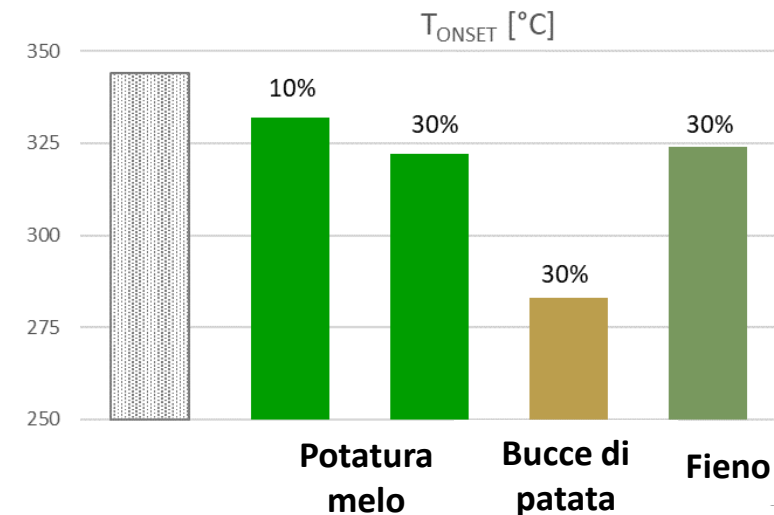
La stabilità termica del materiale diminuisce all'aumentare della presenza di residuo.

Tutti i compositi sono stabili fino a 280°C.

Peso Molecolare

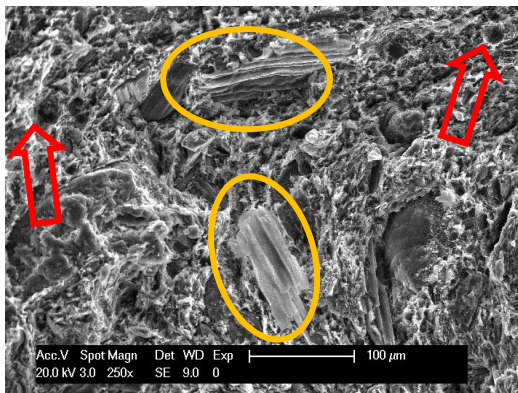
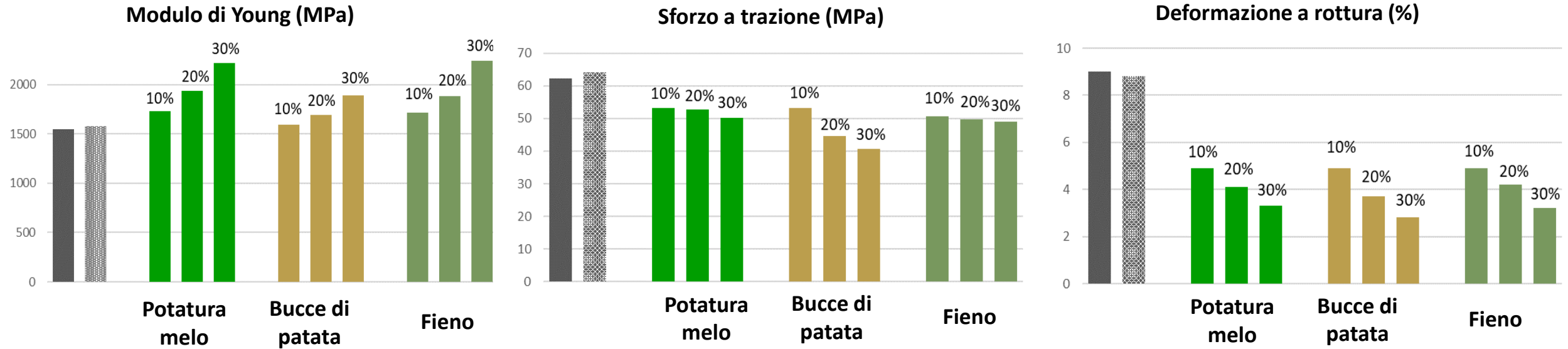


Stabilità Termica

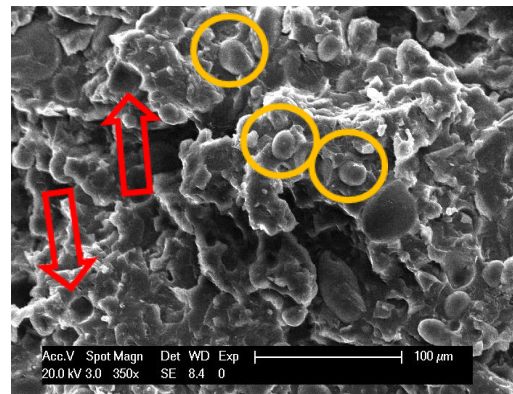


Compositi a base di PLA: caratterizzazioni

Le variazioni di **proprietà meccaniche** sono moderate e comparabili.



Fieno 30% in peso

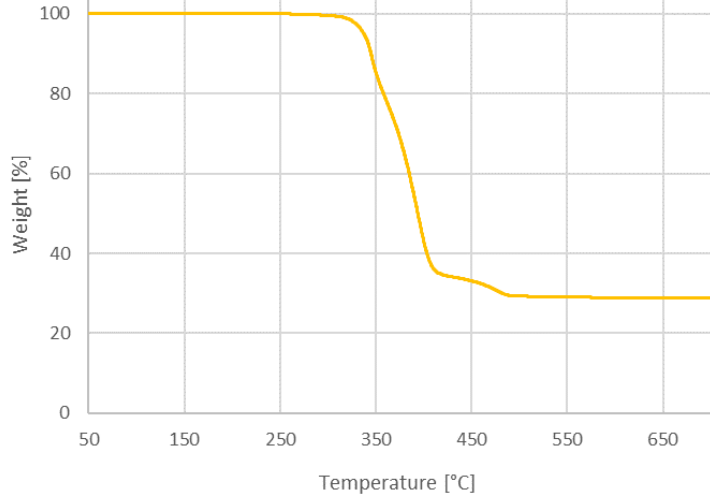


Bucce di patata 30% in peso

Scarsa compatibilità tra le fasi

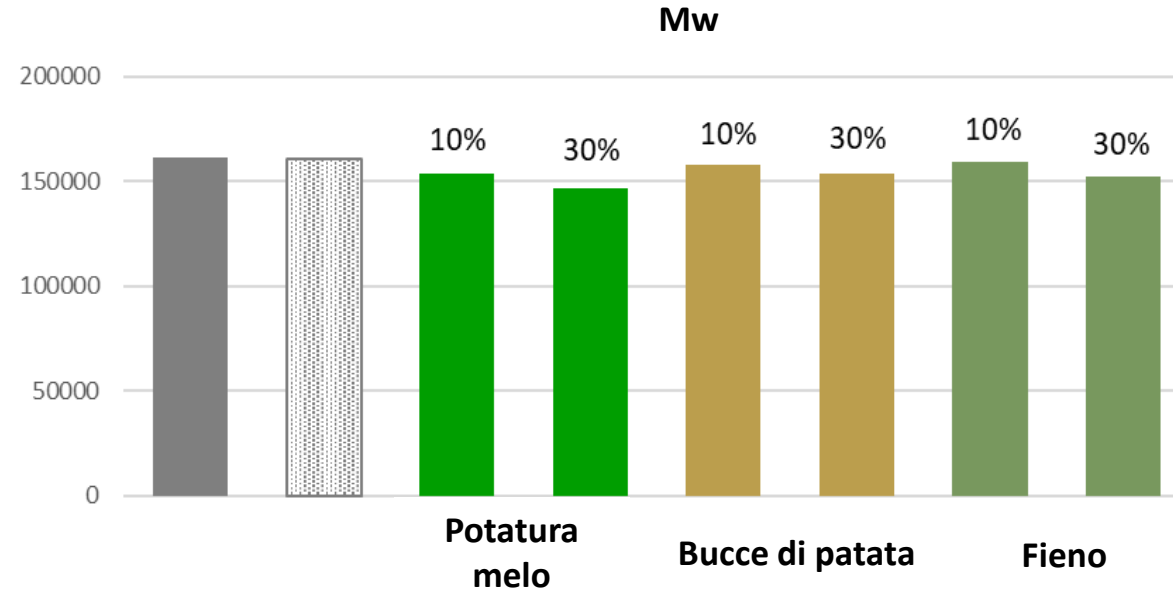


Compositi a base di Ecovio: caratterizzazioni



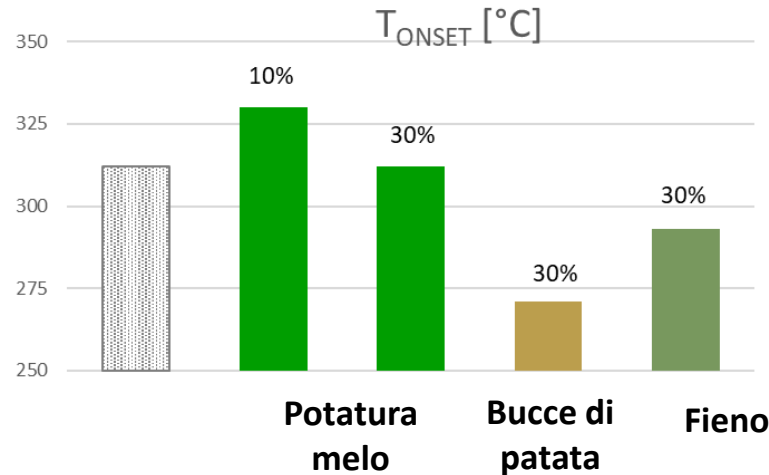
Dall'analisi TGA si è osservato che l'Ecovio è addizionato con il 30% in peso di talco.

Peso Molecolare



Il peso molecolare è costante

Stabilità Termica

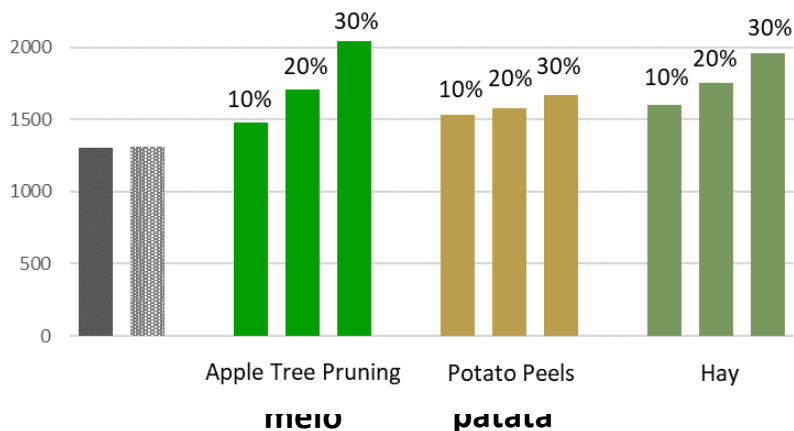


I materiali sono stabili fino a 270°C.

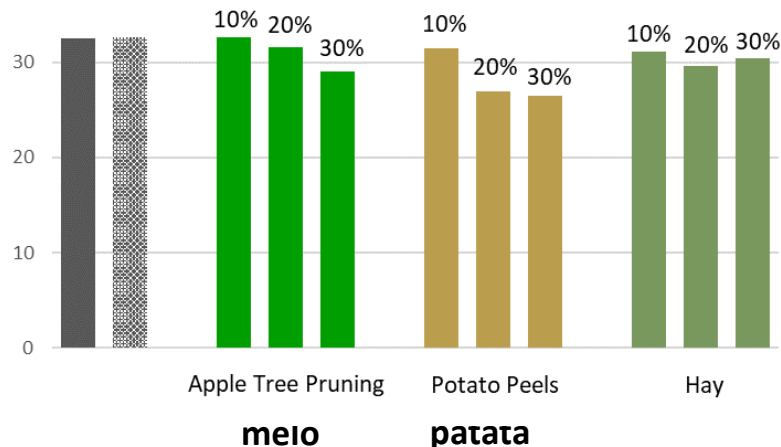
Compositi a base di Ecovio: caratterizzazioni

Proprietà Meccaniche

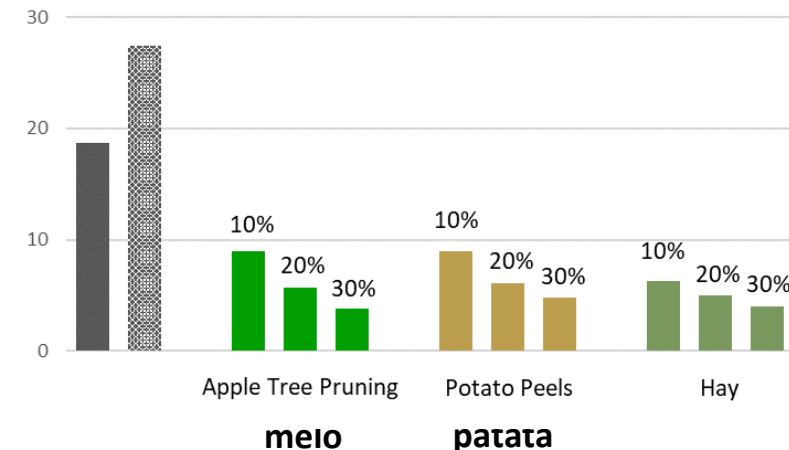
Modulo di Young (MPa)



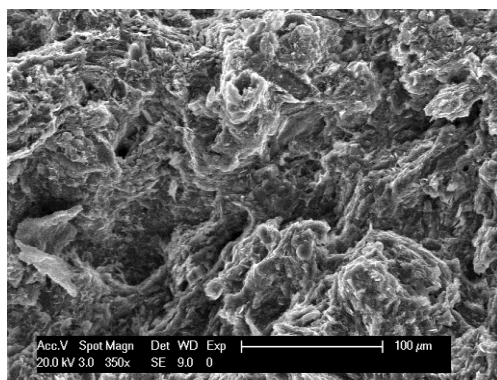
Sforzo a trazione (MPa)



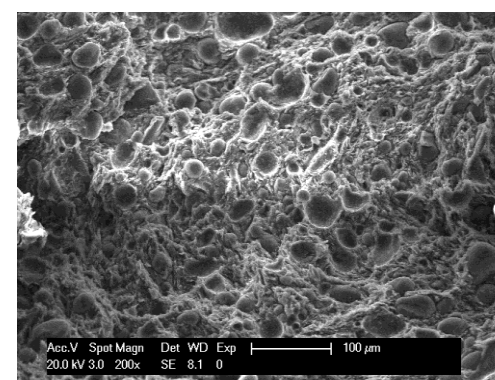
Deformazione a rottura (%)



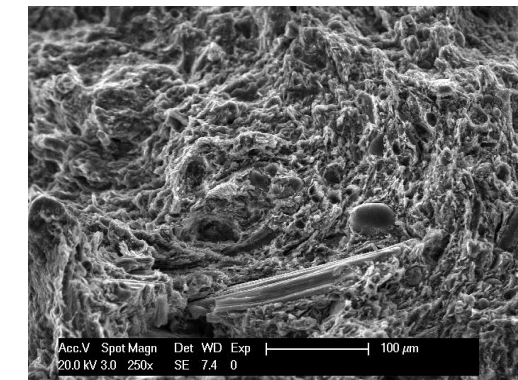
La variazione delle **proprietà meccaniche** è legata alla presenza contemporanea di talco e di scarto vegetale.



Potatura del melo
30% in peso



Bucce di patata 30%
in peso

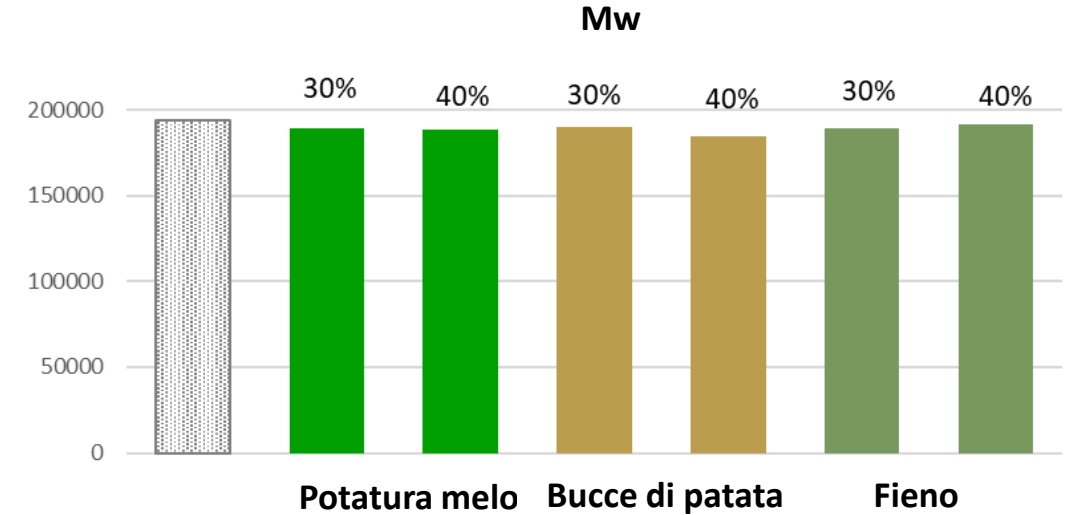


Fieno 30% in peso

Compositi a base di PBS: caratterizzazioni

Il peso molecolare rimane costante

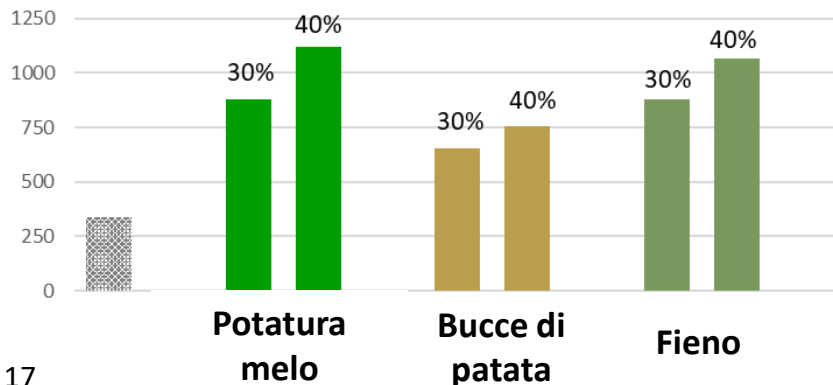
Peso Molecolare



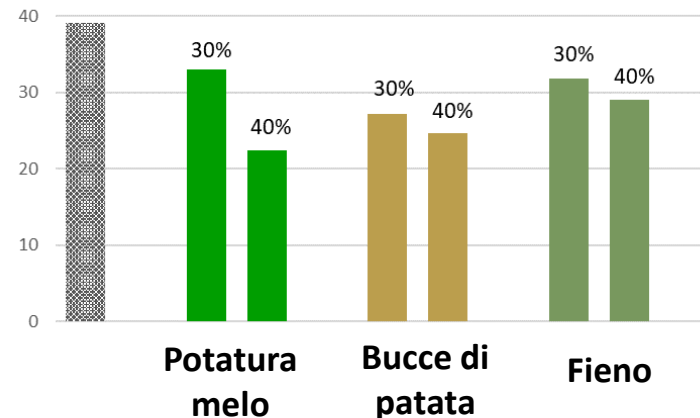
Si osserva un certo decremento delle proprietà meccaniche.

Proprietà Meccaniche

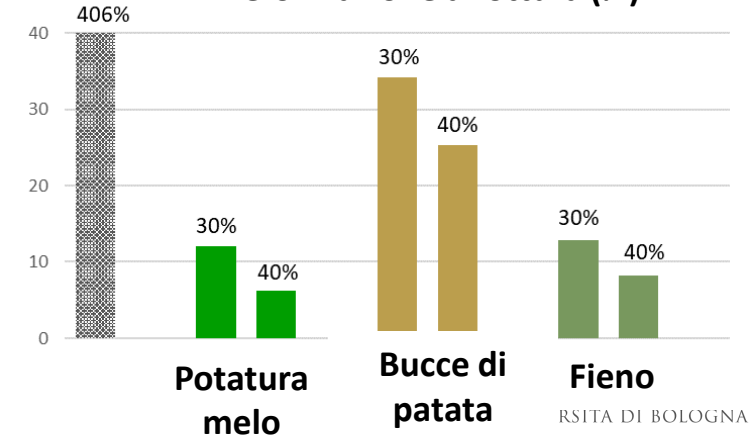
Modulo di Young (MPa)



Sforzo a trazione (MPa)



Deformazione a rottura (%)



Conclusioni

- ✓ E' stato dimostrato che gli scarti agricoli possono essere valorizzati nella preparazione di biocompositi senza l'utilizzo di significativi pre-trattamenti
- ✓ Le formulazioni ottenute a scala di laboratorio risultano processabili
- ✓ Le proprietà meccaniche decrescono in maniera non significativa con l'aggiunta di una quantità di residuo variabile fra il 10 e il 30-40% in peso
- ✓ Il costo del biopolimero può diminuire in maniera importante
- ✓ Le formulazioni non contengono additivi garantendo il mantenimento della compostabilità
- ✓ Scarti e matrici polimeriche analizzate sono risultati utilizzabili per la produzione di un packaging sostenibile a scala pilota

Grazie a:

Francesca Mazzolini
Stefano Bianchi

per avere condotto con successo
attività di ricerca nell'ambito di
AgriCo.Pack





ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Annamaria Celli

Department of Civil, Chemical, Environmental, Materials Engineering (DICAM) – University of Bologna (Italy)

annamaria.celli@unibo.it

www.unibo.it

Biodegradabilità e compostabilità delle principali bioplastiche

Condizioni ambientali



AMBIENTE MARINO

Temperatura 30°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 6 mesi (Certificazione: TÜV AUSTRIA OK biodegradabile MARINO (ISO sotto preparazione))



ACQUA

Temperatura 21°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 56 giorni (Certificazione: TÜV AUSTRIA OK ACQUA biodegradabile)



SUOLO

Temperatura 25°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 2 anni (Certificazione: TÜV AUSTRIA OK SUOLO biodegradabile; DIN Certco biodegradabile nel suolo)



Home Compost

Temperatura 28°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 12 mesi (certificazione: TÜV AUSTRIA OK compost HOME; DIN Certco Home compostabile)



DISCARICA

Nessuna certificazione disponibile, poiché questo non è un preferito opzione di fine vita



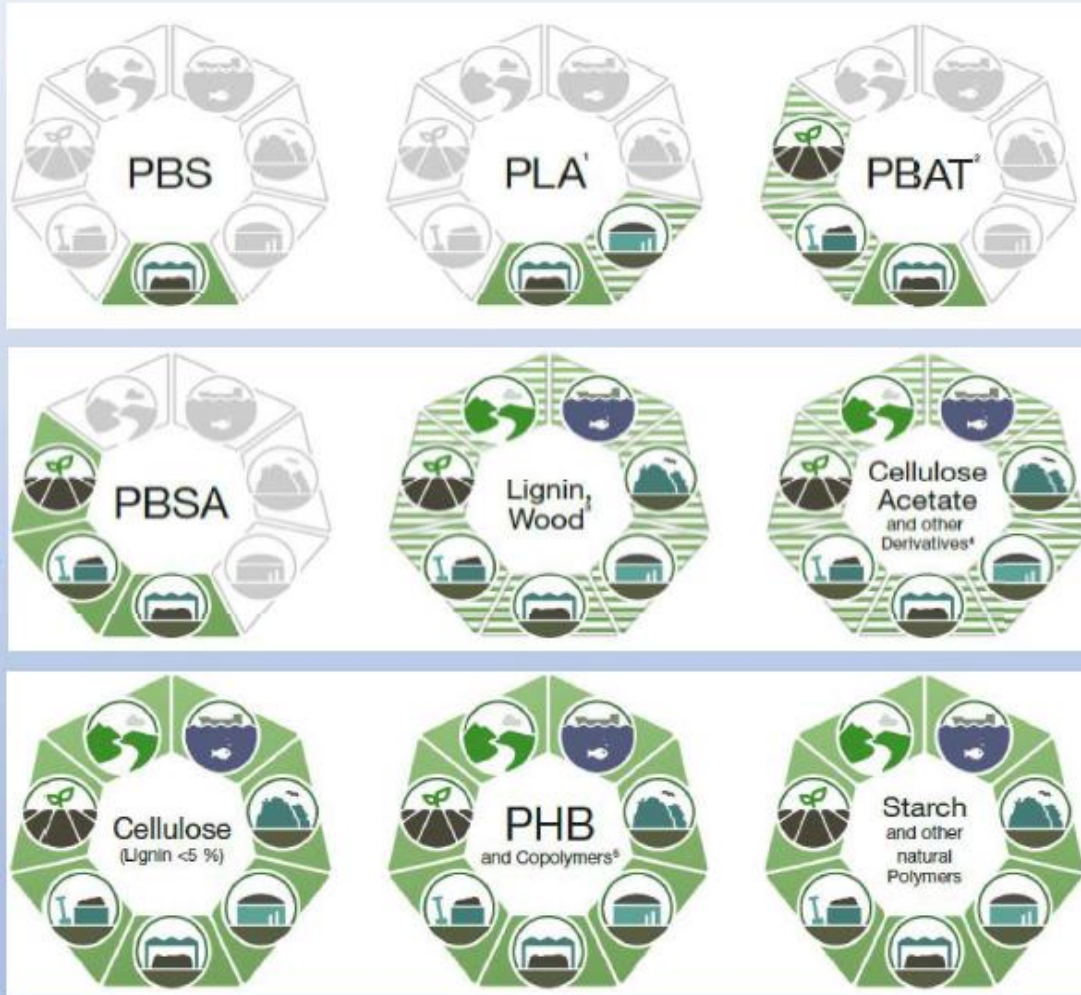
DIGESTIONE ANAEROBICA

Termofilo 52°C/mesofilo 37°C; specifica standard non ancora disponibile, ma generalmente il 90% considerato come completamente biodegradabile



Compost INDUSTRIALE

Temperatura 58°C, 90% di biodegradazione in un massimo di 6 mesi (Norma: EN 13432)



Non biodegradabili



comprovata biodegradabilità



comprovata biodegradabilità in determinate condizioni o per determinati gradi commerciali

