



ISTITUTO Superiore Pascal/Comandini

P.le Macrelli, 100
47521 Cesena
Tel. +39 054722792
Cod.fisc. 90076540401 -
Cod.Mecc. FOIS01100L
FOIS0100L@istruzione.it
FOIS0100L@pec.istruzione.it



BIOPLASTICHE A BASE DI ALGHE

1. Preparazione dei campioni

Le alghe *Gracilaria salicornia* e *Ulva Lactuca* sono state lavorate prima della fase di sperimentazione. Le alghe appena raccolte sono state lavate in un grande contenitore con acqua di rubinetto per eliminare le impurità solide e il sale. A questo scopo viene utilizzata acqua fredda per evitare la dissoluzione dell'amido. L'essiccazione delle alghe è necessaria se non vengono utilizzate immediatamente per prevenirne la degradazione che inciderebbe sui biopolimeri presenti. Lo sbiancamento delle alghe raccolte è stato effettuato immergendo le alghe essiccate in acqua di rubinetto e stendendole su un pannello di plastica per l'essiccazione al sole. Dopo l'essiccazione è stata cosparsa di acqua e il processo è stato ripetuto fino a quando il campione di alghe non era completamente sbiancato.

2. Test di assorbimento dell'acqua

Il test di assorbimento dell'acqua è stato conforme alla norma ASTM D570 (metodo di prova standard per l'assorbimento dell'acqua delle materie plastiche).

Il test è stato eseguito su nove campioni per determinare i livelli dei fattori di controllo con il più basso assorbimento d'acqua. È stato considerato un test di immersione ripetuto con campionamento di due ore e un'immersione a lungo termine in cui quest'ultimo è stato pesato ogni 24 ore fino a quando la media delle tre letture consecutive era inferiore all'1% dell'aumento totale di peso.

È stato osservato che l'assorbimento di acqua diminuisce con l'aumentare del contenuto di amido (8% p/v) mentre al livello minimo è stato riscontrato un aumento dell'assorbimento di acqua. Ciò può essere spiegato dall'interazione dell'amido con l'acido acetico, formando acetato di amido, di natura igroscopica che riempie gli spazi porosi nel film bio plastico, riducendo così l'assorbimento di acqua, come riportato da Larotonda *et al.* (2005). Wongphan *et al.* (2022a), Wong-phan *et al.* (2022b) hanno indicato una diminuzione della sensibilità all'acqua e della solubilità a causa dell'interazione dei polimeri idrofili che riducevano i gruppi idrossilici liberi e l'igroscopicità.

Si riscontra un aumento dell'assorbimento d'acqua ad un livello più elevato di polvere di alghe inclusa nella miscela. Si è visto che ciò porta alla solubilità della bio plastica dopo aver raggiunto il suo punto di saturazione dove si è formata una sospensione.

L'elevato tasso di assorbimento dell'acqua può essere spiegato con l'aumento della porosità del film bio plastico che porta ad una maggiore penetrazione dell'acqua con conseguente rigonfiamento.



ISTITUTO Superiore Pascal/Comandini

P.le Macrelli, 100
47521 Cesena
Tel. +39 054722792
Cod.fisc. 90076540401 -
Cod.Mecc. FOIS01100L
FOIS0100L@istruzione.it



FOIS0100L@pec.istruzione.it

Il contenuto di glicerolo non ha avuto un effetto considerevole sull'acqua assorbita, un contenuto di acido acetico più elevato porta ad un aumento dell'assorbimento d'acqua.

Si è riscontrato che il glicerolo aveva il contributo minimo pari all'1,96%, che può essere considerato trascurabile, quindi è stato aggiunto all'errore aggregato che indica che nessun fattore importante è stato omesso per una corretta analisi degli esperimenti. Il contributo percentuale dei seguenti costituenti: amido, alghe e acido acetico erano il 26,23%.

3. Misurazione della biodegradazione

La perdita di massa del film bio plastico è stata considerata come l'indice per la misurazione della biodegradazione.

Il test di interrimento nel suolo è stato effettuato su scala di laboratorio in cui i campioni di film di bio plastica (50 mm × 20 mm) sono stati interrati a una profondità di 75 mm in terreno di compostaggio per condizioni aerobiche e incubati a temperatura ambiente come precedentemente studiato da RC Nissa et al. (2019).

La perdita di peso percentuale è stata determinata come segue:

$\% \text{ perdita di peso} = \text{peso secco iniziale} / \text{peso dopo il campionamento (5 giorni)}$

È stato registrato il peso essiccato iniziale di ciascun campione ed è stato selezionato un periodo di campionamento di 5 giorni. Il grado di disintegrazione è stato determinato attraverso la percentuale di particelle trattenute su un setaccio da 2 mm. I pezzi recuperati sono stati lavati, asciugati a 40 ± 2 pesati per calcolare la perdita di massa, in conformità alla norma ISO 20200:2015.

4. Resistenza alla trazione

Le sperimentazioni sono state eseguite a questi livelli di fattore e sono state condotte prove di trazione per convalidare le condizioni ottimali di Taguchi.

Poiché dalla combinazione dei livelli dei fattori di controllo si desidera una resistenza alla trazione più elevata, è stato illustrato che il rapporto S/N più elevato si otterrebbe con amido (11% p/v), alghe (5% p/v), glicerolo (1% p/v) e acido acetico (2% p/v).

Si può osservare che la bio plastica con un maggiore contenuto di amido è associata ad un aumento della resistenza alla trazione. Ciò può essere spiegato dal loro elevato contenuto di amilopectina e amilosio che creano robusti legami intermolecolari, richiedendo quindi una grande quantità di energia per la rottura (Dureja et al. 2011).

Si riscontra un aumento della resistenza alla trazione con un livello più elevato di polvere di alghe inclusa nella miscela.



ISTITUTO Superiore Pascal/Comandini

P.le Macrelli, 100
47521 Cesena
Tel. +39 054722792
Cod.fisc. 90076540401 -
Cod.Mecc. FOIS01100L
FOIS0100L@istruzione.it



FOIS0100L@pec.istruzione.it

Ciò è dovuto alle alghe che agiscono come materiali di riempimento che aiutano a migliorare le proprietà meccaniche grazie ai legami idrogeno aggiuntivi formati nella bio plastica. Pertanto, l'aumento dei legami chimici con la bio plastica rende quest'ultima più difficile da rompere e quindi ne aumenta la resistenza (Kumoro e Purbasari, 2014). Un aumento del contenuto solido del polimero aumenta la forza del legame e la connettività tra le molecole del polimero che successivamente migliora la distribuzione della forza interna e della forze esterne applicate. (Bumbudsan pharoke et al., 2022).

La tendenza crescente della resistenza alla trazione delle alghe in questo studio concorda con i risultati della letteratura di M Othman et al. (2018) per cui il riempitivo di ossa di calamaro ha causato un aumento significativo della resistenza alla trazione. Il contenuto di glicerolo ha un impatto significativo sulle proprietà meccaniche per cui una maggiore concentrazione porta ad una diminuzione della resistenza alla trazione.

L'interazione tra polimeri e plastificanti ha interrotto il legame polimerico, riducendo la resistenza delle matrici (Chatkitanan e Harnkarnsujarit, 2020). Tuttavia, a basse concentrazioni, la bioplastica formata è fragile e si formano crepe durante il processo di essiccazione. Il glicerolo agisce come un plastificante che porta ad un materiale flessibile. Con un contenuto troppo elevato si può notare un rigonfiamento del film bio plastico a causa della sua natura idrofila.

Sui materiali delle borse in commercio è stata eseguita una prova di trazione secondo la norma ASTM D882 e un confronto con il miglior risultato ottenuto dal materiale bio plastico derivato dalle alghe. Dalle prove di resistenza alla trazione dei diversi materiali dei sacchetti ed alcuni valori sperimentali del materiale bio plastico realizzato si può osservare che la resistenza alla trazione della bio plastica derivata dalle alghe è paragonabile a quella del tipo non tessuto che è un sacchetto riutilizzabile. Pertanto, il materiale sviluppato ha la resistenza alla trazione necessaria per la realizzazione di una borsa riutilizzabile. Tuttavia, rispetto ai sacchetti di plastica, c'è una grande differenza in termini di resistenza, ma il materiale a base di alghe è completamente organico, quindi rispettoso dell'ambiente.

5. Trasmissione del vapore acqueo

Il test di assorbimento dell'acqua è stato conforme alla norma ASTM D570 (metodo di prova standard per l'assorbimento dell'acqua delle materie plastiche). Il test è stato eseguito per tutti i nove provini preparati per determinare i livelli dei fattori di controllo con il più basso assorbimento d'acqua.

È stato considerato un test di immersione ripetuto con campionamento di due ore e un'immersione a lungo termine in cui quest'ultimo è stato pesato ogni 24 ore fino a quando la media delle tre letture consecutive era inferiore all'1% dell'aumento totale di peso o 5 mg, che indicava la saturazione. I provini sono stati tagliati in strisce con dimensioni 76,2 mm. di lunghezza per 25,4 mm.



ISTITUTO Superiore Pascal/Comandini

P.le Macrelli, 100
47521 Cesena
Tel. +39 054722792
Cod.fisc. 90076540401 -
Cod.Mecc. FOIS01100L
FOIS0100L@istruzione.it



FOIS0100L@pec.istruzione.it

Per l'applicazione di sacchetti riutilizzabili è necessario un materiale con basso assorbimento d'acqua. La percentuale di assorbimento di acqua è stata registrata con un campionamento di 2 ore per le prime 6 ore, seguito da un campionamento di 6 ore fino a 24 ore, dopodiché i dati sono stati rilevati quotidianamente fino al raggiungimento della saturazione.

La velocità di assorbimento dell'acqua segue una crescita logaritmica fino al punto di saturazione, che si è verificato entro 12-18 ore dall'immersione per la maggior parte degli esperimenti. Un'immersione di 24 ore ha prodotto una percentuale stabile di assorbimento d'acqua, mentre un ulteriore aumento da 24 ore a 48 ore ha mostrato che si era verificata la saturazione.

È stato osservato che l'assorbimento di acqua diminuisce con l'amido (8% p/v) mentre al livello minimo è stato riscontrato un aumento dell'assorbimento di acqua.

Ciò può essere spiegato dall'interazione dell'amido con l'acido acetico, formando acetato di amido, di natura igroscopica che riempie gli spazi porosi nel film bioplastico riducendo così l'assorbimento di acqua, riportato da Larotonda *et al.* (2005). Wongphan *et al.* (2022a), Wong-phan *et al.* (2022b) hanno indicato una diminuzione della sensibilità all'acqua e della solubilità a causa dell'interazione dei polimeri idrofili che riducevano i gruppi idrossilici liberi e l'igroscopicità.

Si riscontra un aumento dell'assorbimento d'acqua ad un livello più elevato di polvere di alghe inclusa nella miscela. Si è visto che ciò porta alla solubilità della bioplastica dopo aver raggiunto il suo punto di saturazione, dove si è formata una sospensione.

L'elevato tasso di assorbimento dell'acqua può essere spiegato con l'aumento della porosità del film bioplastico che porta ad una maggiore penetrazione dell'acqua con conseguente rigonfiamento. Il contenuto di glicerolo non ha avuto un effetto considerevole sull'acqua assorbita. Un contenuto di acido acetico più elevato, il materiale porta ad un aumento dell'assorbimento d'acqua.

Si è riscontrato che il glicerolo aveva il contributo minimo pari all'1,96%, che può essere considerato trascurabile, quindi è stato aggiunto all'errore aggregato che indica che nessun fattore importante è stato omesso per una corretta analisi degli esperimenti. Il contributo percentuale del costituente amido, alghe e acido acetico erano il 26,23%,

Il test di trasmissione del vapore acqueo è stato eseguito per 3 esperimenti in cui la variazione di massa è stata registrata a intervalli di 6 ore.

I tre campioni testati per la trasmissione del vapore acqueo sono stati: Esperimento 1, Esperimento 2 e Trazione ottimale poiché avevano la resistenza alla trazione più elevata. L'analisi degli spettri ha aiutato a identificare l'interazione. Diversi picchi identificati al numero d'onda inferiore potrebbero essere dovuti all'interazione dei composti nel film bio plastico (Ma *et al.*, 2007). L'interazione dei bio polimeri presenti è vantaggiosa, poiché aumenterebbe le proprietà meccaniche della microstruttura e ridurrebbe la dimensione dei pori per una migliore resistenza all'acqua.

La combinazione per la trazione ottimale che aveva un alto contenuto di alghe aveva un tasso più elevato di trasmissione del vapore acqueo di 7,6710 g/h.m² che potrebbe essere dovuto alla morfologia porosa del film formato ad alta concentrazione di alghe durante l'esperimento numero 2 (3,0181 g /h.m²) aveva il valore più basso. Gli spazi nelle matrici polimeriche hanno consentito elevati tassi di diffusione del vapore acqueo attraverso i film che hanno aumentato i valori WVP (Chat-kitanan



ISTITUTO Superiore Pascal/Comandini

P.le Macrelli, 100
47521 Cesena
Tel. +39 054722792
Cod.fisc. 90076540401 -
Cod.Mecc. FOIS01100L
FOIS0100L@istruzione.it



FOIS0100L@pec.istruzione.it

e Harnkarnsujarit, 2021). Inoltre è stato osservato che il contenuto di glicerolo avrebbe effetto sulla permeabilità al vapore acqueo della pellicola. Ciò può essere attribuito alla funzione del glicerolo che agisce come plastificante rompendo i legami idrogeno intermolecolari della catena polimerica riducendo così le proprietà di barriera al vapore acqueo (Chang et al., 2006).

Conclusioni

Il modello dell'esperimento Taguchi applicato per la determinazione della combinazione ottimale dei componenti della bio plastica ha rivelato una resistenza alla trazione massima di 7,325 MPa, un assorbimento d'acqua minimo del 60,3% e l'analisi del test di degradazione del suolo ha determinato una disintegrazione del 91,32% entro 30 giorni. Con un maggiore contenuto di alghe, la velocità di trasmissione del vapore acqueo aumenta, il che può essere spiegato dalla struttura porosa creata.

È stata osservata anche una tendenza decrescente nella velocità di trasmissione del vapore acqueo con un aumento del contenuto di acido acetico che indica un cambiamento nella microstruttura a causa della reazione con i polimeri dell'amido, riducendo quindi i diametri dei pori e la permeabilità del film. L'uso dell'alga *Ulva lactuca* come sostituto dell'amido ha mostrato una migliore resistenza alla trazione e una migliore capacità di assorbimento dell'acqua. Il test ha concluso che esiste un'opzione praticabile per la sostituzione dell'amido e quindi è possibile creare una bio plastica completamente a base di alghe.

Il confronto effettuato con i materiali delle borse esistenti (non biodegradabili) ha mostrato che il materiale derivato dalle alghe aveva proprietà meccaniche comparabili, con una resistenza alla trazione più elevata per alcune combinazioni che indicavano un potenziale utilizzo per la produzione di borse riutilizzabili ecologiche e sostenibili. È stato riscontrato che la bio plastica a base di alghe ha proprietà e caratteristiche identiche a quelle della plastica a base di petrolio, pur essendo notevolmente biodegradabile in natura.

Questo studio potrebbe essere utilizzato come punto di partenza per avere nuove conoscenze sui diversi metodi di produzione di bio plastiche a base di alghe.

Si ringrazia per la collaborazione

