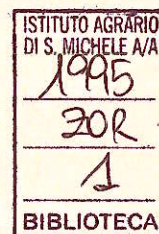




S-F-1047

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI SCIENZA E
TECNOLOGIA DELLE MACROMOLECOLE



Giornata di Studio

SU

PLASTICHE BIODEGRADABILI

Organizzata dalla:
Commissione Ambiente dell'AIM



23 MARZO 1995

C/O SALA CONVEGNI AREA DI RICERCA DEL CNR
VIA AMPÈRE 56 - MILANO

Prove di biodegradabilità, nel sistema compostaggio, di films plastici impiegabili come contenitori di frazioni organiche selezionate dei rifiuti

Gianni Zorzi, Silvia Silvestri, Andrea Cristoforetti

Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, Via Mach 1, 38010 S. Michele all'Adige

Catia Bastioli, Francesco Degli Innocenti

Novamont - Centro di Ricerca, Via Fauser 8, 28100 Novara

Premessa

L'impiego sempre crescente delle materie plastiche nella produzione di articoli, manufatti e oggetti di varia natura, sia di lunga durata che del tipo "usa e getta", si ripercuote alla fine e non di poco, sulla composizione dei RSU (rifiuti solidi urbani): l'incremento costante di questa frazione merceologica è testimoniato dal fatto che, secondo le stime più recenti, la sua presenza si è elevata nel corso di un decennio (1981-1991) da 6-8% a 12-13%. I volumi considerevoli occupati da questi materiali nei cassonetti di raccolta e poi nei siti adibiti a discarica, la loro scarsa o nulla degradabilità e al tempo stesso lo stato di persistente emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti da cui scaturisce l'assoluta necessità di ridurre i quantitativi destinati ai trattamenti finali, hanno stimolato la ricerca, lo sviluppo e la produzione di nuovi materiali biodegradabili.

L'interesse in ambito operativo verso nuovi materiali da impiegare nella produzione di sacchetti biologicamente degradabili consegue all'attivazione in numerose città di progetti di R.D. della frazione organica dei RSU, come recepimento delle disposizioni contenute nel DL 29/5/91, per essere avviata agli impianti di compostaggio e trasformata in un fertilizzante organico, il compost. Lo sviluppo di questo tipo di iniziativa presuppone che gli utenti possano disporre di contenitori appositi per la raccolta del materiale umido aventi caratteristiche di impermeabilità, resistenza al peso e agli strappi e di biodegradabilità tali da non influenzare negativamente la qualità estetica dell'ammendante finale.

La biodegradazione di un materiale viene qui intesa come una scissione di catena provocata esclusivamente dall'attacco di microrganismi quali batteri, funghi, lieviti, alghe, fino alla completa mineralizzazione in CO_2 e H_2O (Bastioli C., Bellotti V. 1990).

Sulla base di queste premesse e di una convenzione stipulata tra l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige e la Novamont S.p.A. è stata effettuata nel corso dell'anno 1993-94 una

sperimentazione, avente come obiettivi principali la verifica del livello di biodegradabilità di nuovi materiali plastici nel sistema biologico del compostaggio ed il controllo dell'eventuale influenza del Mater-Bi sull'andamento della trasformazione e sulla qualità dei compost ottenuti.

PRIMA PARTE

Quadro normativo di riferimento

La L.N.475/88 prescrive che "i sacchetti per l'asporto delle merci, ...omissis..., devono essere prodotti esclusivamente con fibre di origine animale o vegetale, con polietilene oppure con nuovi materiali che risultino biodegradabili per una quota non $< 90\%$, accertata con saggio di biodegradabilità ...". Sui sacchetti di plastica non biodegradabili viene applicata una imposta di 100 Lire, stabilita con decreto del Ministero delle Finanze (con la L.413 del 30/12/91 l'imposta viene estesa a tutti i sacchetti di plastica, di qualunque natura, biodegradabili e non).

Tale legge, essendo promulgata in assenza di un metodo standard per la determinazione della biodegradabilità, non ha potuto evitare, e questo fino all'emanazione del DM 7/12/90, un periodo di incertezza. Furono infatti messi in commercio sacchetti definiti *biodegradabili* grazie a un criterio di certificazione che si basava su test microbiologici inadeguati per quel compito ed usati in maniera impropria (es. ASTM G21/70). Questi metodi infatti sono stati studiati e messi a punto originariamente per stabilire la resistenza dei materiali plastici all'attacco batterico e non la biodegradabilità. Poggiano sulla semplice osservazione di una crescita microbica sopra la superficie del film a seguito di inoculazione di spore fungine. Era quindi sufficiente che il film plastico da immettere sul mercato contenesse qualche punto percentuale di sostanza biodegradabile, tale da permettere lo sviluppo del micelio, per superare il test ed ottenere la certificazione di biodegradabilità. Il DM 7/12/90 oltre ad indicare e descrivere il metodo (un adattamento del test aerobico Sturm modificato della OECD per la misura della biodegradabilità di sostanze solubili) stabilisce il valore minimo di biodegradazione rispetto alla carta per poter certificare come biodegradabile il materiale in esame. Pur con alcuni limiti operativi, il test, ad ogni modo elimina il rischio che prodotti non biodegradabili possano essere certificati come tali.

Nel frattempo la problematica legata alla determinazione della biodegradabilità di un materiale è stata affrontata ed è tuttora in fase di studio sia a livello europeo che internazionale. Il CEN (Comite Europeen de Normalization) sta verificando e standardizzando un metodo per la misura della biodegradazione in condizioni di compostaggio, ripreso dall'ASTM (American Society for Testing and Materials). E' ipotizzabile che anche la normativa italiana in questo settore verrà integrata con tests che

simulino altri ambienti e condizioni quali ad es. il compostaggio.

Principali caratteristiche del Mater-Bi

Con la denominazione Mater-Bi, Novamont produce attualmente tre classi di materiali biodegradabili: A, Z e V, tutte contenenti amido termoplastico e caratterizzate da differenti componenti sintetici.

PRODOTTI DELLA CLASSE A: biodegradabili non compostabili. La loro velocità di degradazione non è compatibile con il processo di compostaggio. Contengono copolimeri del vinil-alcool e sono soprattutto usati per parti rigide ottenute mediante stampaggio ad iniezione.

PRODOTTI DELLA CLASSE Z: biodegradabili e compostabili. Contengono poliesteri alifatici e sono particolarmente adatti per la produzione di film, fogli e parti ottenute per stampaggio ad iniezione.

PRODOTTI DELLA CLASSE V: biodegradabili, compostabili e solubili. Sono usati fondamentalmente in sostituzione del polistirolo espanso.

Le normali tecnologie di trasformazione utilizzate per le plastiche tradizionali possono essere impiegate, con piccole modifiche, per la lavorazione dei gradi di Mater-Bi appartenenti ad ognuna delle tre classi sopra descritte.

Per dimostrare la compostabilità dei gradi Z è stato seguito l'approccio indicato dai comitati internazionali che stanno lavorando su questa problematica (ISR/ASTM, CEN, ORCA), basato su tre livelli:

- (1) Determinazione della biodegradabilità intrinseca del materiale mediante un test respirometrico standard che simula le condizioni di compostaggio (ASTM D5338) ed un test che simula l'ambiente liquido di un impianto di trattamento delle acque di scarico di provenienza urbana (tipo Sturm modificato dell'OECD).
- (2) Test di tossicità terrestre (prova di germinazione, prova di accrescimento delle piante, tossicità acuta dei lombrichi) e caratterizzazione fisico-chimica del compost ottenuto dal test descritto al punto precedente.
- (3) Verifica finale mediante prova di compostaggio su scala reale.

Per quanto riguarda il primo punto, la biodegradabilità intrinseca, tutti i gradi Z mostrano, quando saggiati con un test respirometrico simile al test ASTM D5209-91 e al test pubblicato nel DM 7/12/90, un indice di biodegradazione (CO_2 prodotta/ CO_2 teorica), molto simile alla carta per alimenti, in accordo con quanto prescritto dallo stesso decreto per i materiali biodegradabili insolubili. Inoltre il test di compostaggio controllato, ASTM D5338, ha dato valori di biodegradazione per il Mater-Bi ZFO2U, ZFO3U e ZIO1U rispettivamente del 74%, 78% e 100%, e per la cellulosa pura circa l'85%. I test di tossicità terrestre e la

caratterizzazione fisico-chimica sul compost derivante dal test di biodegradazione hanno evidenziato una assenza di effetti negativi dovuti alla degradazione del Mater-Bi.

In particolare, il film ZFO3U, utilizzato nei sacchetti saggiati nel presente studio, è stato sottoposto ai seguenti test di laboratorio:

- (a) test ASTM D 5338-92 (J.Boelens, 1992). Il materiale in esame viene posto a contatto con del compost maturo in condizioni aerobiche ed in stato solido, e ne viene misurata la produzione di CO_2 . La temperatura segue un profilo che simula un ciclo di compostaggio e dopo 45 giorni, tempo fissato di durata del test, la percentuale di biodegradazione dello ZFO3U è stata del 61.5% (CO_2 prodotta/ CO_2 teorica). Se il test viene proseguito per ulteriori 15 giorni in condizioni termofile la percentuale sale a 78.4% (fig. 1).
- (b) Test di qualità del compost di ZFO3U (De Wilde, 1992). Le analisi chimiche, fisiche e biologiche effettuate sul compost ottenuto nella prova descritta al punto (a) non hanno evidenziato alcun effetto negativo dovuto alla degradazione del film.
- (c) Saggio di biodegradabilità aerobica secondo il DM 7/12/90. Anche con questo metodo la biodegradazione viene determinata misurando la produzione di CO_2 . Il materiale in esame viene messo in contatto con un inoculo misto, composto prevalentemente da fanghi attivi prelevati da un impianto di trattamento di liquami civili, in ambiente acquoso, aerobico, a temperatura ambiente. Dopo 56 giorni la biodegradazione è stata del 77.1% per lo ZFO3U e del 73.4% per un campione di carta per sacchetti alimentari. Il Mater-Bi quindi è da considerarsi biodegradabile ai sensi del DM 7/12/90 in quanto raggiunge una biodegradabilità maggiore del 90% rispetto a quella della carta, usata come riferimento.

Le indicazioni che più fanno apprezzare questo ritrovato nascono dalle seguenti considerazioni:

- 1) Il film potrebbe essere impiegato per la produzione di sacchi da utilizzare a livello sia familiare che di utenza collettiva per la raccolta del rifiuto organico nei locali cucina o nei centri adibiti alla lavorazione di prodotti alimentari. Questa dotazione avrebbe grande significato nelle realtà territoriali dove sono previste o già in corso iniziative di compostaggio di qualità (anche Trento rientra tra queste). I sacchi di carta utilizzati per lo più all'estero (Germania) mostrano in genere una scarsa resistenza all'umidità e alle lacerazioni e risultano quindi difficili da manipolare (praticità) e di conseguenza poco sicuri anche dal punto di vista igienico.
- 2) Il compost prodotto negli impianti tradizionali è di qualità scadente, dovuta alla commistione dell'organico con componenti merceologiche indesiderate quali vetri e plastiche difficili da separare a valle della raccolta anche in impianti tecnologicamente molto sofisticati. Il quadro generale riferito alle caratteristiche analitiche dei compost ottenuti in Italia secondo criteri tradizionali (da rifiuti raccolti in maniera

indifferenziata) evidenzia una percentuale media di plastica di 1.3%, una quantità questa non solo eccedente i limiti stabiliti dal DPR 915/82 (1%; il 53% dei campioni analizzato non risulta conforme ai requisiti di legge), ma che motiva il rifiuto dell'agricoltore all'uso del compost. L'impiego diffuso di contenitori per rifiuti o di altri manufatti altamente biodegradabili potrebbe far rientrare nei termini di legge anche quei prodotti del compostaggio che attualmente eccedono per questo parametro.

- 3) Le attività di compostaggio indirizzate al trattamento dei rifiuti mercatali fanno registrare la presenza nei prodotti finiti di frammenti plastici dovuti agli imballaggi o in particolare ai vassoi alveolari collocati all'interno degli stessi, l'impiego di nuovi manufatti in materiale biodegradabile contribuirebbe a migliorare ulteriormente la qualità del compost.
- 4) I manufatti in Mater-Bi già prodotti su vasta scala, commercializzati e successivamente destinati a diventare rifiuto, potrebbero venire raccolti insieme con la frazione organica selezionata dei RSU e conferiti agli impianti di compostaggio. A questo proposito è interessante ricordare che gli organismi internazionali prima menzionati (ISR/ASTM, CEN, ORCA) si sono costituiti con l'obiettivo di definire i criteri di compostabilità dei materiali biodegradabili per poter poi assegnare un marchio specifico ai prodotti destinati a questa forma di valorizzazione e riciclaggio. In particolare in Europa è in discussione la proposta di direttiva della Commissione delle Comunità Europee sugli imballaggi e le problematiche connesse al loro smaltimento. Questa prevede che, entro 5 anni dal termine ultimo di recepimento nel diritto nazionale, il 50-65% in peso della massa degli imballaggi debba essere eliminato dal flusso dei rifiuti a scopo di recupero, mediante riciclaggio, riutilizzo o incenerimento con recupero di energia. Il riciclaggio, attraverso il quale dovrà essere smaltita una quota che viene fissata tra il 25 e il 45% della massa totale dei rifiuti di imballaggio, comprende anche il compostaggio delle parti organiche biodegradabili, che può quindi venire ad assumere un ruolo importante nella gestione razionale dei rifiuti.

SECONDA PARTE

Individuazione delle utenze e organizzazione della Raccolta Differenziata

In collaborazione con il Comune di Trento sono state individuate 9 strutture commerciali e di servizio disponibili a partecipare volontariamente all'esperienza di selezione dell'organico. Si è trattato nello specifico di 5 supermercati, 3 mense aziendali e una mensa di una casa di riposo, che insistono all'interno del territorio comunale.

Data la breve durata della sperimentazione e l'esiguo numero di partecipanti, non è stato

possibile inserire negli obiettivi della ricerca la valutazione economica di questa specifica R.D. Le utenze sono state scelte pertanto senza prevedere un percorso ottimale del mezzo di raccolta in modo da minimizzare i tempi e i costi del servizio, ma secondo criteri che tenevano conto delle dimensioni della struttura contattata e del consenso dei responsabili ad una fattiva collaborazione alla separazione dei materiali organici.

Assieme ai tecnici del Comune sono state definite anche le dimensioni ottimali del sacco, per dar modo a Novamont di avviare la produzione per questa specifica iniziativa.

L'amministrazione comunale ha inoltre distribuito ad ogni partecipante un apposito contenitore in cui inserire il sacco, distinguibile dagli altri usati abitualmente per forma e/o colore.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL FILM E DEI MANUFATTI

Sacco

grado di Mater-Bi:	ZFO3U
composizione:	componente naturale 30 % componente sintetica 70 %
punto di fusione:	62°C
altezza:	89 cm
larghezza:	73 cm
peso:	65 g
spessore:	30 um
colore:	fondo chiaro con quadrettatura rossa

Manufatti

grado di Mater-Bi:	ZIO1U
composizione:	componente naturale 45 % componente sintetica 55 %

Il periodo di selezione e raccolta si è esteso per 3 settimane (dal 12/7 al 30/7/93) con passaggi nelle giornate di lunedì, mercoledì e venerdì pomeriggio. L'automezzo, della capacità di 8 m³, comprimeva il rifiuto senza compattarlo e al termine del percorso di raccolta conferiva l'organico all'impianto di compostaggio di Trento (di proprietà della Provincia Autonoma), all'interno del quale è riservata un'area per la ricerca che consente di riprodurre in piccola scala modalità e condizioni di processo attuate negli impianti industriali.

Comportamento dei sacchi e giudizio complessivo

Nel corso di questa prima fase ci si è proposti di valutare le caratteristiche di robustezza e resistenza (trazione, umidità e temperatura) dei sacchi e di verificare se esse corrispondevano alle aspettative degli utilizzatori. Il giudizio è stato espresso con riferimento ai seguenti parametri:

dimensioni del sacco
resistenza allo strappo
tenuta del fondo
impermeabilità
resistenza alla temperatura

Osservazioni

Come già rilevato nel corso della sperimentazione condotta a Pergine Valsugana (TN) negli anni 1990-91, le strutture coinvolte hanno aderito senza difficoltà all'iniziativa promossa, attenendosi scrupolosamente alle istruzioni date, nonostante il maggior impegno richiesto sia in termini di tempo che di attenzione al momento della cernita degli scarti.

Il segnale che ne proviene merita particolare attenzione: quando si progettano campagne di R.D. va prioritariamente garantita la continuità dell'intervento nel tempo, per non deludere chi si presta con impegno a differenziare i rifiuti; sconsigliate sono pertanto le iniziative episodiche mentre con forza va perseguita, con ovvia gradualità, la R.D. presso tutte le grosse utenze, coinvolgendo in una seconda fase le famiglie (come previsto dal DM 29/5/91). Questo percorso presuppone che le amministrazioni che interpretano il compostaggio come soluzione interattiva con gli altri sistemi tradizionali di trattamento dei rifiuti, provvedano non solo all'individuazione delle utenze da coinvolgere, ma anche e soprattutto a ridisegnare il sistema di raccolta dei RSU per conseguire le necessarie economie di scala e per ottimizzare l'efficienza dell'intero sistema (percorso degli automezzi, numero di raccolte settimanali della frazione secca ecc..).

Il giudizio complessivo sui sacchi impiegati è stato, in generale, soddisfacente. In alcune realtà tuttavia sono emersi alcuni difetti, per i quali sono state individuate soluzioni appropriate (riportate di seguito in parentesi), e precisamente:

- rottura del fondo in corrispondenza della saldatura (troppo sottile)
- lacerazioni laterali causate da oggetti e materiali appuntiti o particolarmente rigidi (scarti di finocchio, di sedano, fiori recisi come rose, gladioli, ecc...); lo stesso inconveniente è stato segnalato anche a Fürstenfeldbrück (D) dove i sacchi di carta sono risultati più vantaggiosi, relativamente a questo parametro (La causa di questo problema è stata individuata nell'eccessivo orientamento del film nella direzione longitudinale. In un'esperienza successiva realizzata a Kornenburg (A), dove sono stati distribuiti sacchi prodotti sulla base delle osservazioni compiute in questo studio, ossia dopo aver ottimizzato le condizioni di filmatura e saldatura, l'accettabilità in confronto alla carta è stata dell'87%).
- scarsa resistenza a temperature attorno a 60°C: l'osservazione è stata fatta presso la

mensa della Casa di riposo ove i cibi, mantenuti alla temperatura di 60°C in bagnomaria, hanno causato la fusione del sacchetto, anche se usato doppio. Va tuttavia precisato che anche i sacchetti in polietilene di normale spessore non reggono questo impatto e che attualmente vengono utilizzati sacchi di spessore maggiore.

Un altro aspetto rilevato dall'Istituto Agrario e dagli operatori di una mensa attiene ad un inizio di fusione di sacchetti nuovi, in pacchi da 20, lungo la linea di piegatura, dovuta ad una esposizione accidentale a fonte di calore non individuata. A seguito di queste osservazioni è parso opportuno stampigliare sui sacchi utilizzati in nuove esperienze (ad es. a Padova), una dicitura che spiega le condizioni migliori di stoccaggio e di conservazione dei sacchi.

Circa le dimensioni, alcuni utenti hanno rilevato che il sacco sperimentato non poggia sul fondo dei contenitori normalmente usati (altezza 1.10 m, diametro 40-50 cm) o di quelli messi a disposizione dal Comune, con la conseguenza che le sollecitazioni cui è stato sottoposto sono state maggiori rendendone più facile la rottura.

Le altre utenze hanno dichiarato di ritenersi soddisfatte e in alcuni casi di preferire questo sacchetto a quelli neri in polietilene tradizionalmente utilizzati.

Va infine segnalato che alcuni supermercati non impiegano alcun tipo di contenitore, poichè il rifiuto, costituito esclusivamente da scarti vegetali provenienti dalla pulizia e dalla lavorazione di ortaggi e frutta, viene raccolto in cassette o scatole di cartone e gettato sfuso nel cassonetto esterno. Questo fatto conferma la fattibilità (sostenuta anche dal DM 29/5/91) di un piano di intervento teso a raccogliere e trattare separatamente i rifiuti organici prodotti da queste categorie di utenze, poichè già privi di componenti indesiderate e prodotti in quantità concentrate e costanti durante l'intero arco dell'anno.

Compostaggio dei materiali e caratteristiche analitiche dei prodotti ottenuti

Secondo il piano sperimentale sono stati allestiti tre cumuli di 60 m³ ciascuno, costituiti da una miscela di organico selezionato, fanghi civili, cortecce di pioppo residue dall'industria cartaria, sfalci d'erba e scarti di lavorazione della frutta. Nel cumulo 1 i sacchi in Mater-Bi sono stati inseriti interi (semplice dilacerazione mediante la macchina rivoltatrice), mentre nel cumulo 3, per imitare l'azione di un mulino tritatore, sono stati ridotti a quadrati di 10 cm di lato. Il testimone, rappresentato dal cumulo 2, conteneva sacchi in carta, diffusamente utilizzati in Germania per la raccolta selezionata dei rifiuti organici.

In totale, supponendo che tutto il materiale di un cumulo sia stato conferito in sacchi da 100 litri, nei cumuli 1 e 3 sono stati introdotti 585 sacchi (38 kg), mentre nel cumulo 2 i sacchetti di carta corrispondenti a 38 kg sono risultati essere 543.

Nel cumulo 3 sono stati inseriti anche quattro telai in acciaio verniciato contenenti un foglio

di Mater-Bi ed uno di carta di uguali dimensioni, racchiusi tra due reti metalliche. Questa attrezzatura aveva lo scopo di permettere in ogni tempo di processo e fino al termine dello stesso, il ritrovamento ed il riconoscimento dei due materiali e di consentire a cadenze prefissate (le stesse che per i controlli analitici) la verifica dello stato di degradazione della carta e del Mater-Bi.

All'esterno della rete sono stati appesi, liberi o racchiusi in una reticella di nylon, altri manufatti in Mater-Bi di composizione diversa dal ZF03U e precisamente bottigliette, tappi, biglietti (ski-pass, autopark ...), la cui degradazione è stata seguita con controlli visivi periodici.

Il processo di trasformazione è stato condotto con le tecnologie e metodologie ormai collaudate dell'impianto di Trento e si è completato nell'arco di 90 giorni. Ad intervalli prefissati (0, 22, 44, 64, 90 giorni di processo) sono stati prelevati campioni di materiale e di Mater-Bi, per controllare sia l'andamento della trasformazione che la biodegradazione del film.

I compost ottenuti, raffinati a 10 mm e analizzati (tab. 1) per derivarne il livello qualitativo, hanno evidenziato apprezzabili proprietà agronomiche, confrontabili e per taluni aspetti superiori a quelle di altri ammendanti, quali:

- assenza di plastiche
- assenza di fattori fitotossici,
- reazione prossima alla neutralità,
- buona dotazione di sostanza organica stabilizzata e sufficientemente umificata,
- elevati tenori di azoto e fosforo,
- ottimale tenore di umidità.

Dal confronto tra le tesi con Mater-Bi (C1 e C3) e il testimone con carta (C2) non sono emerse in genere differenze significative imputabili alle diverse tipologie di sacchetti.

I valori di salinità, relativamente elevati se confrontati con quelli di altri prodotti e in particolare con il compost da cortecce e fanghi, sono imputabili alla frazione organica dei RSU. La qualità agronomica dei materiali ottenuti rimane ad ogni modo soddisfacente soprattutto per destinazioni d'uso specifiche (pieno campo) e meno per settori specialistici (colture in contenitore).

Per quanto riguarda gli aspetti di ordine ambientale si osservano bassi tenori di metalli pesanti, di gran lunga inferiori alle concentrazioni che caratterizzano i compost da rifiuti indifferenziati e confrontabili con quelli che si riscontrano in altri prodotti ottenuti esclusivamente da rifiuti organici selezionati, fatta eccezione per zinco e rame il cui incremento è da ricondurre alla presenza ponderalmente elevata di fanghi nelle miscele di partenza. Il quadro analitico attesta infine la piena conformità del compost ai limiti fissati dalla normativa vigente così come allo standard della proposta di modifica della 748/84 attinente agli ammendanti compostati misti.

Tab. 1: Caratteristiche analitiche dei compost sperimentali e di altri ammendanti organici

Parametri	Compost sperimentali			Compost Trento		Compost		Letame	Torba	Pollina	DPR 915/82	Bozza 748 verde misto
	C1	C2	C3	A	B	RSU	RD					
H ₂ O %	34.6	42.5	41.9		40.6	29.2	47.6	72.3	61.6	42.5	< 45	< 50
pH	7.17	7.16	7.01		7.71	8.10	7.82	8.38	5.88	8.47	6 : 8.5	6 : 8.5
CES μ S/cm	3440	3520	3330		1507	4051	2497	2424	630	6851	-	da dichiarare
Ceneri % ss	47.7	39.5	35.9		27.3	52.4	56.8	28.2	24.5	34.4	-	-
C org. % ss	27.77	31.07	33.56		38.40	23.19	23.60	36.65	39.98	31.01	-	> 30 > 25
S.O. % ss	47.88	53.56	57.86		66.20	39.80	40.69	63.18	68.92	53.46	> 40	-
HR %	23.84	25.14	24.26		20.80	21.05	21.94	21.26	17.91	19.48	> 20	-
HI %	14.69	14.10	14.03		10.15	10.21	11.81	12.77	12.28	7.33	-	-
HA/FA	1.61	1.28	1.37		1.04	1.20	1.45	1.45	2.25	0.61	-	-
C/N	11.29	12.38	13.37		17.50	16.8	18.0	18.8	40.5	11.4	< 30	< 25
N % ss	2.17	2.46	2.51		2.20	1.42	1.45	1.93	1.10	2.99	> 1	da dichiarare
P2O5 % ss	3.48	4.15	3.55		2.82	0.76	0.92	1.72	0.21	4.95	> 0.5	da dichiarare
K2O % ss	0.71	0.64	0.69		0.73	0.72	1.02	1.77	0.13	3.11	> 0.4	da dichiarare
CaO % ss	8.21	7.98	7.68		6.57	8.64	6.24	7.86	2.78	8.20	-	-
MgO % ss	1.62	1.28	1.07		0.72	1.26	1.08	0.93	0.50	1.09	-	-
Zn mg/kg ss	559	650	643	369	496	855	246	245	63	550	2500	400 1000
Cu mg/kg ss	218	191	177	93	128	405	70	54	32.5	280	600	100 300
Ni mg/kg ss	25.6	18.7	18.7	12.9	13.1	85	23.4	10.3	22.0	9.0	200	50 100
Pb mg/kg ss	30.8	37.3	37.6	25.3	27.7	751	81	32.3	9.4	22.7	500	100 170
Cr mg/kg ss	66	58	48.7	36.8	48.4	231	39.8	30.0	63.3	15.7	510	-
Cd mg/kg ss	0.45	0.54	0.57	0.41	0.44	< 5	1.09	< 5	< 5	< 5	10	1.5 3.0
Plastiche % ss	0	0	0	0	0	1.35	-	0	0	0	≤ 1	≤ 0.45
Ig %	76	77	59		73	40	80	82	87			

Controllo della biodegradazione di Mater-Bi

Al termine del processo e dopo raffinazione del prodotto a 10 mm (granulometria richiesta da alcuni settori di impiego del compost), sono stati prelevati campioni sia di materiale finito sia di sovrvallo per la ricerca nel C1 e C3 di eventuali residui di Mater-Bi e nel C2 di carta. Isolati circa 40-50 litri rappresentativi del compost ottenuto e suddivisi in sottocampioni, si è proceduto alla ricerca visiva di eventuali frammenti di bioplastica e di carta. L'esito dell'esame è stato totalmente negativo, nel senso che non è stato rintracciato alcun frammento né di un tipo di contenitore né dell'altro.

La stessa indagine è quindi stata successivamente effettuata su analoghi volumi di sovrvallo, con i seguenti risultati:

cumulo 1: 23.75 g di Mater-Bi in 45 l di sovrvallo e 0 g nel compost vagliato a 10 mm
cumulo 2: 0 g di carta in 53 l di materiale di scarto e 0 g nel compost vagliato a 10 mm
cumulo 3: 12.40 g di Mater-Bi in 40 l di sovrvallo e 0 g nel compost vagliato a 10 mm

I dati esposti, se rapportati all'intera produzione di compost grezzo ottenuta (35 m³), danno un'indicazione sulla quantità di Mater-Bi ancora presente a fine processo, prima della vagliatura finale. I valori riscontrati variano non poco a seconda se i sacchi erano stati inseriti interi (cumulo 1), oppure se il Mater-Bi era stato ridotto di pezzatura fino a brandelli di 10 cm di lato (cumulo 3). Infatti mentre nel C1 la percentuale di degradazione è stata, nell'arco di 90 giorni di processo, pari a 70.85% in peso (11.08 kg di Mater-Bi non degradato su 38 kg iniziali), nel C3 la percentuale si eleva a 82.87% (residuano 6.51 kg rispetto ai 38 kg introdotti).

	Quantità iniz.		Quantità fin.		Biodegradazione	
	Mater-Bi (kg)	carta (kg)	Mater-Bi (kg)	carta (kg)	Mater-Bi (%)	carta (%)
C 1	38	-	11.08	-	71	-
C 2		38		0		100
C 3	38	-	6.5	-	83	-

E' ragionevole supporre che l'amminutamento del film abbia facilitato l'attacco del materiale sia da parte degli agenti fisici, temperatura e umidità, sia di quelli microbiologici: la superficie esposta è aumentata non solo per effetto del taglio ma anche per le limitate possibilità di adesione tra foglio e foglio.

Il film intero, al contrario, ha subito l'azione disgregatrice della macchina rivoltatrice, che lo ha ricondotto a brandelli spesso molto lunghi e arricciati, riducendo in tal modo la superficie libera.

I residui di Mater-Bi non completamente degradati conservano una pezzatura tale da

consentirne la separazione completa nel sovrapposto e, in questo modo, anche il loro recupero. Gli scarti della vagliatura infatti, se non inquinati da materiali indesiderati, vengono normalmente reimmessi in circolo in testa all'impianto, rendendo possibile una ulteriore degradazione del Mater-Bi. E' interessante notare che nel test ASTM D5338 per la determinazione della biodegradabilità effettuato dall'Organic Waste System, l'esecuzione di un secondo ciclo termofilo ha causato l'insorgere di una nuova fase di degradazione.

Nella comparazione con i sacchi in plastica non biodegradabile tradizionalmente impiegati per la raccolta dei rifiuti, va osservato che 38 kg di PE introdotti in cumuli analoghi a quelli allestiti nella presente esperienza, rappresenterebbero in termini ponderali lo 0.1 % dell'intera massa avviata a compostaggio; lo stesso quantitativo si ritroverebbe inalterato alla fine del ciclo produttivo e a causa dei consistenti cali di peso dovuti alle perdite di processo tale percentuale si eleverebbe a 0.28%, facendo registrare una concentrazione non indifferente.

Ulteriore verifica della biodegradazione del film di Mater-Bi nel corso del tempo

Oltre alla stima finale del Mater-Bi complessivamente degradato nei cumuli 1 e 3 rispetto alle quantità inizialmente introdotte, è stato studiato l'andamento della biodegradazione del film nel corso del tempo.

A questo scopo, tutti i campioni prelevati alle cadenze prefissate sono stati accuratamente lavati e asciugati, e da questi ritagliati numerosi dischetti a due diametri, 5 mm e 14 mm, per la determinazione del peso (tab. 2): i valori medi ottenuti, riferiti alle due misure indicate, sono riportati nei grafici 2 e 3. Poichè il campionamento è di tipo visivo (si preleva quanto si è in grado di riconoscere come Mater-Bi) ciò che si determina è il calo di peso del materiale rinvenuto al momento di ogni prelievo.

Omettendo di analizzare i dati medi delle pesate relative al 22° giorno di processo, che evidentemente richiedono ulteriori approfondimenti in quanto possono essere molteplici le cause che hanno determinato l'andamento anomalo che si è registrato (impossibilità di pulire a fondo il campione senza strapparli, difficoltà a stendere il film per ritagliare dischi di forma perfettamente circolare, due strati di film sovrapposti e strettamente aderenti l'uno all'altro), il dato generale che si ricava dalla prova sui due cumuli sta ad indicare che il Mater-Bi che residua al termine del processo di compostaggio di 90 giorni (quello separato con la vagliatura) è degradato per il 40 % circa.

Tab. 2 Riduzione di peso di campioni di Mater-Bi nel corso del tempo

CUMULO 1

diam. = 5 mm	t=0 d	t=22 d	t=44 d	t=64 d	t=90 d
Ripetizioni (N°)	50	30	30	31	33
Media Peso (mg)	1.095	1.565	0.891	0.492	0.444
Dev. standard	0.041	0.410	0.337	0.068	0.178
Varianza	0.001	0.170	0.113	0.004	0.031
CV	3.768	26.360	37.851	13.953	40.040
diam. = 14 mm					
Ripetizioni (N°)	50	20	20	17	25
Media Peso (mg)	8.031	14.084	6.935	2.844	3.262
Dev. standard	0.309	4.603	1.041	0.245	1.129
Varianza	0.095	21.192	1.084	0.060	1.275
CV	3.851	32.685	15.018	8.625	34.622

CUMULO 3

diam. = 5 mm	t=0 d	t=22 d	t=44 d	t=64 d	t=90 d
Ripetizioni (N°)	50	32	50	30	50
Media Peso (mg)	1.095	0.534	0.463	0.467	0.243
Dev. standard	0.041	0.207	0.079	0.079	0.055
Varianza	0.001	0.042	0.006	0.006	0.003
CV	3.768	38.770	17.202	17.006	22.664
diam. = 14 mm					
Ripetizioni (N°)	50	20	21	21	18
Media Peso (mg)	8.031	4.383	3.536	3.122	3.293
Dev. standard	0.309	1.207	0.761	0.302	0.331
Varianza	0.095	1.458	0.580	0.091	0.109
CV	3.851	27.548	21.548	9.699	10.050

Biodegradazione del film e di manufatti in Mater-Bi supportati da telai metallici

Contestualmente all'esperienza principale, è stata condotta una verifica di biodegradabilità utilizzando 4 telai introdotti nel cuore del cumulo 3, contenenti ciascuno un foglio di Mater-Bi ed uno di carta di dimensioni analoghe; la prova ha interessato anche alcuni oggetti in Mater-Bi, racchiusi in una reticella di nylon appesa ai telai. Il programma di lavoro prevedeva una serie di controlli visivi a tempi prestabiliti i cui esiti sono raccolti in un'ampia documentazione fotografica.

Per quanto attiene ai fogli inseriti tra le due reti metalliche dei telai, si osserva una evidente e già estesa degradazione del Mater-Bi dopo 20 giorni di processo, mentre la carta appare poco o niente alterata, tant'è che solo al controllo del 44° giorno fa rilevare i primi segni della degradazione.

Non va trascurato che la rete metallica ha, in tutti i casi, parzialmente isolato dal sistema i materiali in esame, i quali non hanno potuto beneficiare dell'azione meccanica della rivoltatrice, che si è rivelata invece importante per accelerare la biodegradazione, come già precedentemente sottolineato.

I manufatti saggiati erano grossi tappi colorati (gialli e verdi), bottigliette, ski-pass e lamine colorate o meno in arancione. Gli oggetti indicati sono prodotti con Mater-Bi ZIO1U, con una maggiore percentuale di componente naturale e quindi caratterizzati da una velocità di biodegradazione più elevata rispetto al film: infatti dopo 8 giorni gli oggetti di spessore più sottile risultavano notevolmente alterati e difficili da riconoscere; i tappi e le lamine di spessore maggiore erano per contro ancora ben visibili. Il controllo effettuato al 44° giorno di processo ha accertato la sola presenza di pochi residui non più identificabili, poi del tutto scomparsi nel prosieguo della trasformazione.

Conclusioni

Le risposte ottenute nel corso della sperimentazione, considerate sia la fase di impiego dei sacchi in Mater-Bi, sia quella successiva di compostaggio, sono da ritenersi più che positive. Vengono confermati in ambito operativo i risultati ottenuti in laboratorio facendo prevedere ampie opportunità di utilizzo del nuovo ritrovato nelle iniziative di raccolta differenziata dei rifiuti organici da avviare a compostaggio. Questa prospettiva corrisponde anche agli indirizzi perseguiti dalla Unione Europea in tema di imballaggi e loro smaltimento. La proposta di direttiva prevede, nell'arco di cinque anni, il recupero mediante riciclaggio di una quota compresa tra il 25 e il 45% della massa totale degli imballaggi. In tal senso il compostaggio potrà quindi venire ad assumere un ruolo importante nella gestione razionale delle frazioni organiche biodegradabili dei rifiuti.

Riferimenti bibliografici

Bastioli C., Bellotti V., Del Giudice L., Gilli G. (1993) Mater-Bi: properties and biodegradability. *Journal of Environmental Polymer degradation*, 1(3), 181-191.

Bastioli C. (1994) The starch based thermoplastic. *Recycle '94 Davos Global Forum and exposition*. March 14-18, Switzerland.

Boelens J. (1992) Aerobic biodegradation under controlled Composting conditions of test substance ZIO1U, OWS September 30.

Boelens J. (1992) Aerobic biodegradation under controlled Composting conditions of test

substance ZFO3U, OWS July 31.

D.M. 7/12/90 Definizione delle modalità del saggio di biodegradabilità dei sacchetti di plastica per l'asporto delle merci. Gazz.Uff. 14/12/1990. Serie generale n°291.

EEC Directive 79/831

Gasperi F., Zorzi G. (1993) Lo standard qualitativo di compost da rifiuti organici selezionati. GEA, n°2 (in stampa).

Gilmore D.F., Antoun S. et al. (1992) The fate of biodegradable plastics in municipal leaf compost. Journal of Industrial Microbiology, 10, 199-206.

Landratsamt of Fuerstenfeldbrueck/Bavaria Pilot project - Mater- Bi sacke, report June 1993.

L.N. 475/88 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 9 settembre 1988, n°397, recante disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti industriali. Gazz.Uff. 10/11/1988. Serie generale n°264.

Wilde B.D., Boelens J., (1992) Compost quality tests of test substance ZFO3U compost. OWS, 11/6.

Yoshida Y., Uemura T. (1993) 3rd International Scientific Workshop on Biodegradable Plastics and polymers, Osaka 9-11 November, p. 72.

Zorzi G., Silvestri S. et al. (1993) Compostaggio di rifiuti speciali assimilabili agli urbani. Indirizzi ed esperienze. Atti delle giornate di studio: Rifiuti urbani e industriali. Milano, 2/1993.