

Prodotti biodegradabili a base di amido

di Catia Bastioli

I materiali a base di amido, commercializzati con il marchio Mater-Bi, sono disponibili in una vasta gamma di prodotti pienamente industrializzati. Il loro comportamento alla biodegradazione, simile alla cellulosa, le loro proprietà meccaniche simili alle plastiche tradizionali come il polietilene e il polistirolo e la ridotta sensibilità all'umidità, rendono questi materiali particolarmente adatti alla produzione di film, di pezzi stampati a iniezione e di schiume o anche di additivi nel settore dei pneumatici.

I crescente interesse nei confronti delle materie prime rinnovabili è dimostrato dalle diverse iniziative istituzionali intraprese sia in Usa sia in Europa nel corso degli ultimi anni.

Lo sforzo congiunto del Dipartimento dell'Energia americano e delle grandi aziende chimiche ed agroindustriali ha portato alla stesura e alla firma del documento "US 2020 Vision of Plant/Crop - Based Renewable Resources". Secondo questo documento, le materie prime rinnovabili dovranno sostituire almeno il 10% delle materie prime entro il 2020 e il 50% entro il 2050 [1]. La Commissione Europea ha recentemente proposto di portare la percentuale di biodiesel nei carburanti fossili al 2% entro il 2005 e al 5,6% entro il 2010.

Il crescente interesse della Commissione Europea per il potenziale delle risorse rinnovabili come materie prime per uso industriale è inoltre dimostrato dalla creazione del gruppo di lavoro "Renewable Raw Materials (Rrm)" all'interno dello "European Climate Change Panel (Eccp)", organizzato dalle Commissioni Industria e Ambiente dell'Unione Europea, che ha terminato i suoi lavori nel giugno 2001. Il gruppo di lavoro ha portato alla stesura di un documento dal titolo "Renewable Raw Materials, their potential contribution to reduce GHG emissions from European industry" [2].

Novamont, pioniere nel settore delle bioplastiche, a partire dal 1989 ha investito più di 70 milioni di euro per sviluppare un ampio portafoglio di prodotti per applicazioni specifiche a partire da materie prime vegetali rinnovabili su base annua, cercando di integrare ambiente, chimica e agricoltura. Oggi Novamont è leader mondiale nel settore delle bioplastiche.

C. Bastioli, Novamont - Via Fauser, 8 - 28100 Novara.
bastioli@materbi.com

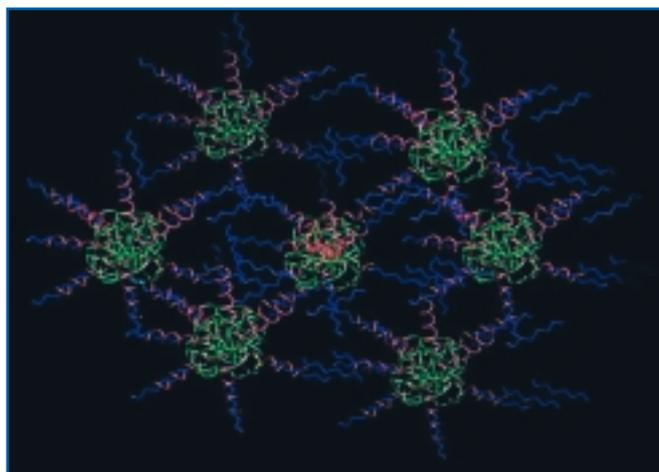


Figura 1 - Struttura di Mater-Bi a goccia

Il suo approccio può essere sintetizzato nei seguenti punti:

- offerta di un ampio portafoglio di bioplastiche a base di amido commercializzate con il marchio Mater-Bi, disegnate in modo specifico per le diverse applicazioni. L'adeguatezza delle proprietà d'uso del Mater-Bi è dimostrata dalla costante crescita del mercato, che ha comportato il raddoppio degli impianti produttivi, raggiungendo la capacità di 35.000 t/anno;
- contributo concreto Novamont allo sviluppo sostenibile, non solo con la messa a punto di nuovi materiali vegetali, ma anche con la promozione di tecniche come la Life Cycle Analysis (LCA) con approccio dalla "culla alla tomba", e relativa standardizzazione. Novamont ha pubblicato per prima i numeri di LCA ottenuti sui propri prodotti, ha poi offerto i propri dati produttivi, verificati attraverso audit, all'Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale (Anpa), per la messa a punto di una metodica standard di misura del Ciclo di Vita riferita al territorio italiano. Novamont oggi è così la prima azienda a livello internazionale in possesso di "Dichiarazione Ambientale di Prodotto" volontaria applicata alle bioplastiche [3]. L'utilizzo di materie prime vegetali, infatti, è condizione non sufficiente per un basso impatto ambientale. Il tipo di processo produttivo utilizzato, le prestazioni tecniche in funzione dell'applicazione, la densità del materiale, le modalità d'uso e di smaltimento del prodotto sono tutti aspetti da tenere in considerazione per poter valutare l'impatto ambientale;
- utilizzo di materie prime agricole abbondanti come amido, oli vegetali e cellulosa, minimizzando le modifiche delle strutture chimiche create dalla natura, onde limitare l'uso di energia non solare. Si sono sviluppate tecnologie originali proprietarie volte soprattutto alla creazione di strutture sopramolecolari di tipo "droplet like" o "stratificate" in grado di simulare il comporta-

mento meccanico e reologico di materiali plastici tradizionali. Si sono inoltre sviluppate nanoparticelle di amido in grado di rinforzare gomma naturale e sintetica in modo più efficiente di riempitivi tradizionali come il nerofumo e la silice, offrendo a società come Goodyear l'opportunità di sviluppare pneumatici a basso impatto ambientale (la tecnologia Biotred). Sono più di 80 i brevetti del portafoglio brevettuale Novamont;

- imminenti certificazioni Iso 14000 ed Emas per la nuova linea industriale costruita e in fase di completamento, nell'ottica dell'impegno nei confronti dell'ambiente;
- impegno continuo Novamont nella promozione della raccolta differenziata e compostaggio del rifiuto alimentare e verde a livello europeo ed internazionale con la pubblicazione di articoli specifici nel settore;
- impegno internazionale alla definizione di standard per la biodegradabilità ed il compostaggio;
- contributo allo sviluppo scientifico del settore delle bioplastiche con più di cento articoli scientifici e divulgativi, partecipazioni a congressi e alla stesura di libri, partecipazione a comitati europei ed internazionali;
- sottoscrizione da parte di Novamont insieme a poche altre aziende dell'accordo volontario per lo sviluppo sostenibile con l'Unep e il Ministero dell'Ambiente Italiano "International Declaration On Cleaner Production".

Dopo più di dodici anni di ricerca e sviluppo, i prodotti Mater-Bi sono in grado di offrire una valida alternativa nei diversi settori applicativi con soluzioni originali sia da un punto di vista tecnico sia ambientale.

I prodotti Mater-Bi sono principalmente utilizzati in quelle specifiche applicazioni in cui è richiesta la biodegradabilità come caratteristica funzionale; esempi includono borse e sacchetti compostabili per la raccolta differenziata del rifiuto alimentare, stoviglie per fast food (bicchieri, posate, piatti, cannucce ecc.), materiali da imballo (schiume solubili e insolubili per imballo industriale, film wrapping, carta laminata, contenitori alimentari ecc.), prodotti per agricoltura (film per pacciamatura, vasetti per vivaistica, cartellini per piante, sistemi a rilascio controllato ecc.), prodotti per igiene (pannolini, cotton fioc) [3].

Nuovi settori stanno altresì crescendo, guidati dalle originali proprietà di alcuni gradi di Mater-Bi rispetto ai materiali tradizionali, come nel caso dei film traspiranti e setosi al tatto utilizzati nel settore dell'igiene o gli articoli masticabili per animali o i "biofiller" per pneumatici.

Un esempio delle prestazioni ad elevata tecnologia raggiunte dai prodotti Mater-Bi sono i nuovi pneumatici "Biotred GT3", lanciati da Goodyear nel 2001 e recentemente adottati da Bmw e Ford, e "Le Mans", lanciati da Dunlop recentemente in Giappone [4].

I prodotti Mater-Bi a base d'amido biodegradabili sono tutti certificati in accordo agli stringenti standard europei di biodegradabilità e compostabilità En 13432, Din 54900, Uni 10785. Questi standard sono stati progettati per evitare qualsiasi effetto tossico dei prodotti per gli organismi acquatici e terrestri e per garantire la loro completa degradazione, senza rilascio di residui che potrebbero dare fenomeni incontrollati di inquinamento e di accumulo nel suolo [5, 6].

Mater-Bi: la tecnologia a base di amido

L'amido è un prodotto abbondante e poco costoso annualmente disponibile nel mais e in altre piante. È totalmente biodegradabile in una vasta varietà di ambienti e permette lo svi-

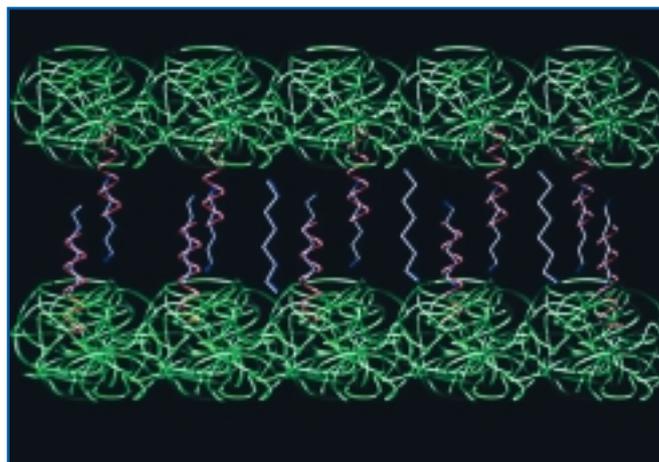


Figura 2 - Struttura di Mater-Bi a strati

luppo di prodotti totalmente degradabili per specifici bisogni di mercato. La degradazione o l'incenerimento di prodotti a base d'amido ricicla la CO₂ atmosferica accumulata dalle piante che producono amido durante la crescita, chiudendo così il ciclo biologico del carbonio.

L'amido è costituito da due maggiori componenti: amilosio, un α -D(1-4)-glucano prevalentemente lineare, e amilopectina, un α -D-(1-4)-glucano con legami α -D-(1-6) ai punti di ramificazione. Le molecole di amilosio lineare dell'amido hanno un peso molecolare di 0,2-2 milioni, mentre le molecole di amilopectina ramificate hanno un peso molecolare pari a 100-400 milioni [7, 8]. In natura, l'amido si trova in forma di grani cristallini di circa 15-100 μ m di diametro, in tre modificazioni cristalline designate come A (cereale), B (tubero), e C (pisello liscio e vari fagioli), tutte caratterizzate dalla quasi perfetta struttura a doppia elica levogira.

Nella tecnologia a base d'amido Mater-Bi, l'amido è destrutturato applicando sufficiente lavoro e calore al fine di distruggere la cristallinità dell'amilosio e dell'amilopectina in presenza di macromolecole capaci di formare un complesso con l'amilosio (agente di complessazione). Esse possono avere origini naturali o sintetiche e sono biodegradabili. Il complesso formato dall'amilosio con l'agente di complessazione è generalmente cristallino ed è caratterizzato da una singola elica di amilosio formata intorno all'agente di complessazione. Diversamente dall'amilosio, l'amilopectina non interagisce con l'agente di complessazione e rimane nel suo stato amorfo. La selezione dell'amido, la proporzione tra amilosio e amilopectina, la natura degli additivi, le condizioni di lavorazione e la natura degli agenti di complessazione permettono di ideare differenti strutture sopramolecolari con proprietà molto differenti.

Nelle Figure 1 e 2 viene riportato lo schema di una struttura "a goccia" e quello di una struttura "a strati" che possono essere prodotti come risultato della tecnologia Mater-Bi.

La struttura "a goccia" (Figura 1) è costituita da un nucleo di molecole di amilopectina quasi amorphe, protette da molecole complesse di amilosio che rendono l'amilopectina insolubile [9-11]. La struttura "a strati" è costituita da strati submicronici di molecole di amilopectina alternati a strati di agente complessante, essendo questi strati compatibilizzati dall'amilosio-complessato (Figura 2). Le due strutture e le molte altre derivate da esse spiegano la vasta gamma di proprietà meccaniche, fisico-chimiche e reologiche e le differenti percentuali di biodegradazione dei prodotti Mater-Bi.



Figura 3 - Master colorati a base di Mater-Bi della Clariant



Figura 4 - Rete estrusa per imballaggio alimentare

- vasta gamma di proprietà meccaniche: dai materiali tenaci ai rigidi;
- assenza di significativi fenomeni di invecchiamento dopo un anno di stoccaggio, anche nel caso di contatto con cellulosa;
- antistaticità;
- colorazione con pigmenti approvati per il contatto con alimenti;
- effetto antinebbia;
- compostabilità in una vasta gamma di condizioni di compostaggio: da quello domestico, al compostaggio in cumuli statici e in fermentatori ruotanti.

I prodotti Mater-Bi

Sotto il marchio Mater-Bi oggi Novamont produce una vasta gamma di prodotti, divisi in cinque famiglie, in base alle tecnologie di lavorazione: film, estrusione/termoformatura, stampaggio ad iniezione, foaming, tecnologia dei pneumatici. Questo documento presenta i recenti gradi di Mater-Bi per film e schiume.

Mater-Bi per film

I prodotti Mater-Bi per film coprono una vasta gamma di proprietà in termini di processabilità, proprietà meccaniche, trasparenza, permeabilità all'acqua, tasso di biodegradazione. Sono tutti biodegradabili e compostabili in base agli attuali standard europei e sono certificati da AIB Vincotte in Belgio, da Dincertco in Germania e da IIP in Italia, rispettivamente secondo gli standard Cen En 13432, Din 54900 e Uni 10785. I risultati degli ultimi tre anni di ricerca e sviluppo di Novamont hanno portato a un significativo miglioramento dei prodotti Mater-Bi per film in termini di:

- lavorazione in bolla e a testa piana e saldabilità
- proprietà meccaniche in funzione delle condizioni ambientali;
- prestazioni d'uso in specifiche applicazioni nei segmenti di mercato del compostaggio, imballaggio, igiene ed agricoltura.
- profilo ambientale.

Lavorazione e proprietà generali

I film in Mater-Bi sono completamente industriali e possono essere prodotti mediante la tecnologia di soffiaggio in bolla come per il polietilene a bassa densità, senza modifiche o con piccoli adattamenti, raggiungendo una produttività tra l'80 e 100% del polietilene a bassa densità (Ldpe).

Il minimo spessore raggiungibile è nell'intervallo tra i 10 e i 15 μm , in funzione del tipo di macchinario. La migliorata saldabilità dell'ultima generazione dei gradi Mater-Bi permette la produzione di sacchetti di alta qualità con la stessa produttività di Ldpe.

La ridotta sensibilità del comportamento meccanico alle condizioni ambientali garantisce la produzione di film con prestazioni adatte ad una vasta gamma di applicazioni. Il comportamento alla lacerazione, per esempio, rimane simile a quello dei film di Ldpe anche in condizioni di umidità relativa inferiore al 5% e temperatura inferiore ai 10 °C. Altre proprietà del film Mater-Bi dell'ultima generazione possono essere riassunte come segue:

- morbido, setoso al tatto;
- ampia fascia di permeabilità al vapore d'acqua (da 250 a 1.000 g/30 $\mu\text{m}^2/24\text{h}$);

La trasparenza può essere ottenuta mediante coestruzione con un materiale trasparente.

I film in Mater-Bi possono essere prodotti attraverso la tecnologia del soffiaggio in bolla seguito da orientamento sotto stiro con un significativo incremento delle loro proprietà. In particolare modo è possibile aumentare la resistenza a trazione dei film in Mater-Bi senza alterazione della loro capacità traspirante. I film di questo tipo diventano retraibili sotto specifici trattamenti termici.

Clariant ha sviluppato una famiglia di master colorati a base Mater-Bi, sotto il marchio registrato Renol, che utilizza pigmenti approvati per il contatto con gli alimenti (Figura 3). Inoltre, la ditta Manukian (Italia) ha messo a punto inchiostri ad acqua e a solvente per film in Mater-Bi basati su resine biodegradabili e pigmenti vegetali.

Applicazioni

Imballaggio per cibi

Un nuovo grado di Mater-Bi creato appositamente per la produzione di reti tessute ed estruse è ora disponibile a livello industriale (Figura 4). L'applicazione è stata recentemente introdotta in alcune importanti catene di distribuzione in Europa per l'imballaggio di frutta biologica.

Le caratteristiche meccaniche e di respirabilità dei gradi standard dei film in Mater-Bi li rendono particolarmente adatti per l'imballaggio di frutta e verdura freschi. Una nuova famiglia di prodotti Mater-Bi è stata inoltre sviluppata al fine di soddisfare altre applicazioni per l'imballaggio di alimenti biologici.

Questi nuovi prodotti Mater-Bi sono caratterizzati da:

- biodegradabilità e compostabilità secondo gli standard attuali;
- proprietà meccaniche tra Ldpe e PP;
- contatto con gli alimenti ai sensi della Direttiva Europea 90/128;
- effetto antinebbia;
- buona barriera al grasso e agli aromi;
- barriera ai vapori d'acqua tra 100 e 1.000 ml/30 $\mu\text{m}^2/24\text{h}$.

Possono essere adatti per inserti trasparenti nelle buste di carta o per "flow pack", e possono altresì essere utilizzate per vassoi via estrusione e termoformatura (Figura 5).

Imballaggio per prodotti di consumo

In questo settore la principale applicazione industriale consiste nell'imballaggio di carta. La Cartiera Lucchese ha lanciato nel 1998 una linea di carta e per la casa riciclata al 100%, avvolta in film di Mater-Bi, che ha ottenuto la prima certificazione Eco-

label per il territorio italiano nel 1999. Molte riviste sono attualmente avvolte nel film in Mater-Bi (Figura 6). Il Mater-Bi può inoltre essere utilizzato per la produzione di film pluribolla per imballaggio di oggetti fragili sia direttamente nella linea di filatura che con macchine più piccole ed economiche a doppio stadio.

Agricoltura

Mater-Agro è una famiglia di film in Mater-Bi progettati per la pacciamatura di colture agricole con ciclo di raccolta da 1 a 5 mesi. Può essere prodotto con macchine standard per estrusione di Ldpe, raggiungendo spessori di film che variano tra i 12 e i 18 μm . Mater-Agro combina le proprietà pacciamanti del film in PE con il totale risparmio sui costi di rimozione e di smaltimento. La natura di Mater-Agro e la sua completa biodegradabilità e compostabilità, provata secondo gli standard europei, infatti, rendono possibile la sua trasformazione nel suolo, dopo la sua vita utile, senza inquinare o creare fenomeni di accumulo. Il film, inoltre, tende a rimanere incollato al suolo per quasi tutto il periodo della pacciamatura, evitando dispersione di frammenti di plastica nell'ambiente. Il film Mater-Agro nero è stato utilizzato nel 2001 a livello industriale in molte aree geografiche e per varie colture con risultati del tutto soddisfacenti in termini di macchinabilità in fase di stesura, perforabilità, qualità dei terreni, prevenzione di malerbe, aratura dei frammenti di film nel suolo dopo la vita utile e loro degradazione nel suolo.

La significativa curva d'esperienza acquisita negli ultimi anni, ha portato Novamont ad identificare due film di Mater-Agro, progettati rispettivamente per climi freddi e caldi. In entrambi i casi lo spessore del film varia dai 12 ai 18 μm , a seconda del tipo di coltura. La biodegradabilità di Mater-Agro è certificata da Organismi Internazionali come Aib Vincotte (Belgio), Din Certco (Germania) e Iip (Italia) seguendo metodi standard (Cen prEn1 3432, Din 54900, Uni 10785). Nella Figura 7 è riportato il tipico comportamento alla biodegradazione in condizioni di compostaggio in confronto alla pura cellulosa, utilizzata come controllo positivo.

Igiene

Novamont ha sviluppato un grado industriale di Mater-Bi per pannolini. Oltre alla biodegradabilità e alla compostabilità, è caratterizzato dalla mano morbida e setosità e dall'alta traspirabilità pari a circa 1.000 g/30 $\mu\text{m}/\text{m}^2/24\text{h}$. Il film si comporta come un materiale standard nella produzione di pannolini su linee industriali ad alta produttività. Naty AB, una ditta svedese, dall'ottobre 1998 utilizza i film di Mater-Bi per la parte esterna del pannolino. Il prodotto Naty è al momento presente nella grande distribuzione in Svezia e in Inghilterra.

Compostaggio

Sacchetti di plastica compostabili

I sacchetti di plastica compostabili per la raccolta differenziata dei rifiuti organici sono un esempio di prodotto di successo nel settore dei materiali biodegradabili. Sacchetti di diverse misure sono già utilizzati da milioni di cittadini europei per la



Figura 5 - Vassoi prodotti per estrusione e termoformatura



Figura 6 - Pellicola trasparente per imballo in Mater-Bi

raccolta differenziata della frazione organica dei rifiuti solidi urbani da destinare a compostaggio. La cooperazione con produttori qualificati ha permesso una significativa penetrazione dei sacchetti in Mater-Bi in molti paesi europei attraverso differenti canali distributivi.

Analisi dell'LCA dei sacchetti in Mater-Bi

Partendo dall'esperienza della raccolta differenziata di Novamont, Composto ha applicato la metodologia LCA per valutare l'impatto ambientale relativo alla produzione delle materie prime e del prodotto finito e al suo smaltimento, tenendo conto del sistema di raccolta differenziata dei rifiuti organici in Svizzera.

Questo è stato il primo tentativo di determinare l'impatto ambientale dei sacchi in Mater-Bi, in confronto con i sacchetti in carta e in polietilene disponibili nel mercato svizzero, per lo stesso uso. I risultati di questo primo studio testimoniano i significativi vantaggi ambientali del Mater-Bi, a dispetto dello stato embrionale di sviluppo [5].

Sacchetti per la spesa

I sacchetti per la spesa in Mater-Bi (Mater-Bags) sono stati introdotti nel mercato dall'inizio del 1999. Da allora vengono utilizzati da molte catene di distribuzione specialmente nei paesi scandinavi, in Italia, Scandinavia e parzialmente in Germania, con un alto livello di soddisfazione. I sacchetti stanno diventando popolari principalmente in quelle aree in cui la raccolta differenziata dei rifiuti alimentari è ben radicata.

Normalmente riportano il marchio "usa e riusa" che ne permette l'identificazione da parte dei comuni. I sacchetti per la spesa in Mater-Bi si comportano come quelli in Ldpe in termi-

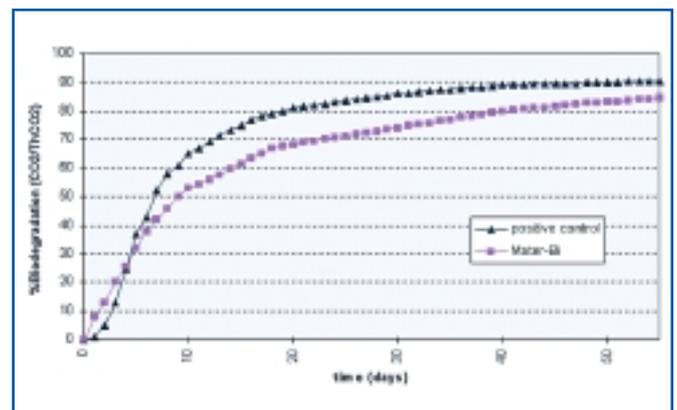


Figura 7 - Comportamento di Mater Agro in condizioni di compostaggio in confronto alla cellulosa pura



Figura 8 - Foglia espansa a base di amido

ni di carico massimo e di prestazioni d'uso in una varietà di condizioni come l'estate italiana e l'inverno scandinavo.

Schiume in Mater-Bi per imballaggio industriale

Oggi le patatine espanse rappresentano ancora la principale applicazione dei materiali a base d'amido nel settore delle schiume per imballaggio industriale. Novamont è il principale attore, insieme a

National Starch, suo principale licenziatario, attraverso una rete di sub-licenziatari. La capacità produttiva totale è di circa 15.000 t/anno. Le patatine espanse sono costituite da più di 85% di amido destrutturato e sono biodegradabili, compostabili e solubili.

La densità media di questo prodotto varia tra 6 e 8 kg/m³, paragonata ai 4 kg/m³ dei riempitivi in EPS. Gli Stati Uniti rappresentano il mercato principale [5].

Lo studio dell'LCA per le patatine espanse a base d'amido, effettuato da Composto, testimonia del basso impatto ambientale dei prodotti a base d'amido se paragonati con EPS, nonostante la più alta densità [5]. L'attività di ricerca di Novamont e la potenziata cooperazione con National Starch hanno portato ad un risultato significativo anche nel settore della foglia espansa a base d'amido. Novamont ha sviluppato la sua tecnologia per foglia espansa solubile ed insolubile ed ha messo in funzione un primo impianto industriale per la produzione di questo semilavorato. La foglia è attualmente disponibile in una varietà di dimensioni (larghezza da 30 a 45 cm; spessore da 0,4 a 1,5 cm) (Figura 8). La gamma di densità dei prodotti industriali varia tra i 55 e gli 80 kg/m³. Nel settore delle schiume l'obiettivo per il 2002 è l'industrializzazione della già sviluppata tecnologia di produzione dei contenitori per cibi. Un primo prototipo di impianto industriale è stato allestito e costituisce una base per il primo impianto industriale.

Conclusioni

I prodotti in Mater-Bi sono il risultato di un significativo investimento in ricerca e sviluppo intrapreso da Novamont che ha portato alla creazione di un ampio portafoglio brevettuale e alla conquista di una posizione di leadership nell'ancora piccolo mercato dei materiali biodegradabili.

Oggi i materiali a base d'amido in Mater-Bi sono disponibili in una vasta gamma di prodotti pienamente industrializzati. Il loro comportamento alla biodegradazione, simile alla cellulosa, le loro proprietà meccaniche simili alle plastiche tradizionali come il polietilene e il polistirolo e la ridotta sensibilità all'umidità, rendono questi materiali particolarmente adatti alla produzione di film, di pezzi stampati a iniezione e di schiume o anche di additivi nel settore dei pneumatici.

I film prodotti con Mater-Bi sono attualmente utilizzati in una vasta gamma di applicazioni industriali, per esempio:

- compostaggio: sacchetti compostabili per la raccolta differenziata;

- imballaggio industriale: sacchetti per la spesa, involucro per riviste, film pluribolle, carta laminata, tessuti e stoffe laminati;
- igiene: pannolini, assorbenti;
- agricoltura: film nero per pacciamatura Mater-Agro;
- imballaggio per cibi: reti, sacchetti per frutta e verdura, flow pack.

Mater-Agro è il primo materiale a base d'amido capace di comportarsi come un film per pacciamatura in polietilene in termini di risultati agronomici quando viene utilizzato spessori tra i 12 e i 18 µm.

La completa biodegradabilità del film senza lasciare residui, l'ottimo profilo ambientale e la proprietà del Mater-Agro di rimanere aderente al terreno durante il periodo d'uso garantiscono una drastica riduzione degli svantaggi ambientali dei tradizionali film per pacciamatura evitandone i costi di rimozione e smaltimento.

Le reti e i sacchetti per frutta e verdura sono le prime applicazioni industriali del Mater-Bi nel settore dell'imballaggio per cibi.

Nuove varietà di prodotti Mater-Bi incominciano ad essere disponibili per coprire nuove applicazioni al fine di soddisfare la crescente domanda di imballaggi per cibi biologici.

Nel settore delle schiume la tecnologia della produzione di foglia espansa è stata completamente industrializzata.

Foglia espansa in quantità industriale è oggi disponibile per lo sviluppo del mercato da parte di potenziali consumatori.

Prossimo obiettivo per il 2002 sarà l'industrializzazione della già sviluppata tecnologia dei contenitori per alimenti.

Bibliografia

- [1] Proceedings of "Corn Vision 2020 - Producing the Corn that Changes the World", National Corn Growers Association, Pioneer Hi-Bred International, Inc., 1993.
- [2] "Renewable Raw Materials, their potential contribution to reduce GHG emissions from the European Industry", European Climate Change Programme (ECCP) Working Group 5 "Industry", Work Item "Renewable Raw Material" Final Report; June 2001.
- [3] www.materbi.com web site.
- [4] *Automotive News Europe*, 2001, October 22, 15.
- [5] Life cycle assessment of Mater-Bi bags for the collection of compostable waste, Composto, Composting Promotion and Consultancy, Switzerland, September 1998.
- [6] Life cycle assessment of Mater-Bi and EPS Loose Fills, Composto, Bio-Consulting, Switzerland, July 2000.
- [7] F.H. Otey, W.M. Doane, Starch Chemistry and Technology, R.O. Whistler *et al.* (Eds.), Academic Press, 1984, 154 and 667.
- [8] J.J. Cael *et al.*, *Biopolymers*, 1975, **14**, 1885.
- [9] C. Bastioli, *Polymer Degradation and Stability*, 1998, **59**, 263.
- [10] Renewable Bioproducts, Industrial Outlets and Research for the 21st Century, C. Bastioli, Starch Based Materials: Properties and Applications, Wageningen, The Netherlands, June 24-25, 1997.
- [11] Global Status for Biodegradable Polymers Production, 7th Annual Meeting of the Bio/Environmentally Degradable Polymer Society, C. Bastioli, Cambridge, Massachusetts, August 19-22, 1998.
- [12] *Notiziario sulla protezione delle piante*, 2001, 5-6 September, 121.