



ELEONORA POLO

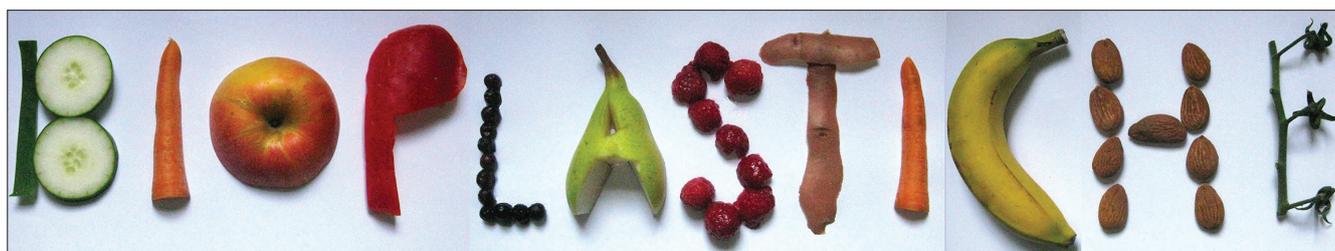
CNR - ISTITUTO PER LA SINTESI ORGANICA E LA FOTOREATTIVITÀ (ISOF)

BOLOGNA

ELEONORA.POLO@ISOF.CNR.IT

BIOPLASTICHE, UN RITORNO AL FUTURO

Bioplastiche, biopolimeri e plastiche verdi sono materiali emergenti di grande attualità perché potrebbero aiutarci nella delicata transizione verso materie plastiche a minore impatto ambientale rispetto a quelle impiegate attualmente. Ma conosciamo davvero questi materiali?



Sono passati quasi sessant'anni dalla famosa battuta del film *Il laureato* (Mike Nichols, 1967): «Voglio dirti solo una parola, ragazzo. Solo una parola. Plastica, Ben. Il futuro è nella plastica», eppure è ancora attuale e purtroppo lo sono anche i danni causati dall'abbandono nell'ambiente della plastica. Non è più rimandabile rivedere il design e le applicazioni degli oggetti di plastica, un materiale prezioso che non va demonizzato, perché svolge un ruolo importante nella società e nell'economia, purché sia usato e gestito in modo intelligente e responsabile.

Il 3 luglio 2019 è entrata in vigore la direttiva 2019/904 [1] del Parlamento Europeo sulla riduzione dell'impatto sull'ambiente di alcuni prodotti monouso di plastica. È un passo avanti importante, ma non dobbiamo illuderci che, come per magia, spariranno in breve tempo tutti i rifiuti di plastica in giro per il pianeta. La direttiva è uno strumento valido per sostenere un modello di economia circolare che privilegi manufatti e dispositivi riutilizzabili, sostenibili e non tossici, limitando l'impiego dei prodotti monouso, perché usiamo ancora per applicazioni di breve durata proprio i materiali plastici che impiegano più tempo a de-

gradarsi. La necessità di trovare alternative meno problematiche per la salute del pianeta dovrebbe stimolare l'innovazione tecnologica e l'adozione di comportamenti più responsabili da parte di tutti i cittadini.

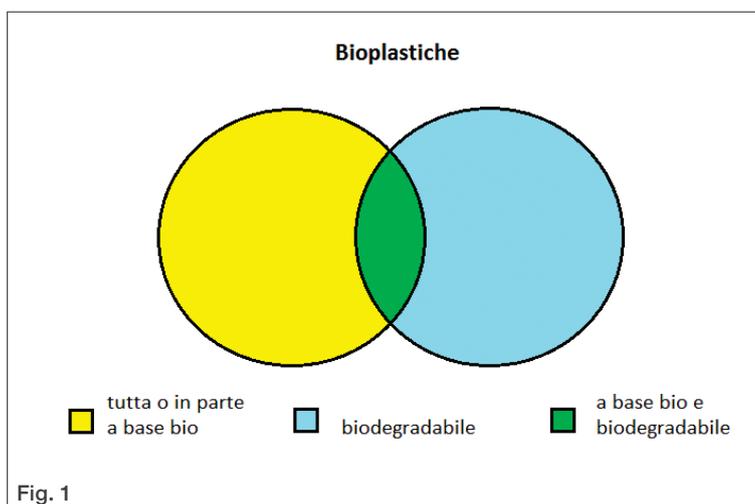
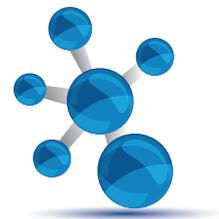
Le bioplastiche possono aiutarci in questa transizione, ma non devono diventare un alibi per non cambiare le nostre abitudini e le modalità di imballaggio e produzione. Si possono considerare una sorta di *airbag* che ci tutela in caso di incidente, ma non dobbiamo cercare lo scontro per provarne l'efficacia.

Benché esse rappresentino appena il 2% della produzione mondiale di polimeri, sono un settore industriale in grande espansione e si prevede che arriveranno a coprire il 20% del mercato nel giro di pochi anni. L'Italia, con 252 aziende, 2.550 addetti, 88.500 tonnellate di manufatti prodotti e un fatturato annuo di 685 milioni di euro (V. rapporto annuale di Assobioplastiche [2]), è uno dei leader europei del settore.

Non c'è niente di nuovo sotto il sole

Ripercorrendo la storia delle materie plastiche [3] emerge un dato interessante: tutti i polimeri arti-

La dott. Eleonora Polo è docente del corso di Didattica della Chimica presso il Dip. di Scienze Chimiche e Farmaceutiche dell'Università di Ferrara.



ficiali sintetizzati nell'Ottocento provenivano da fonti rinnovabili, erano biodegradabili e avevano protetto dall'estinzione specie vegetali e animali, sempre più sfruttate per ottenere materiali pregiati ormai insufficienti a soddisfare i bisogni di una popolazione mondiale in crescita e con un maggiore potere d'acquisto. Dal punto di vista sociale hanno permesso l'accesso di ampie fasce della popolazione a beni un tempo riservati a pochi privilegiati. Questo equilibrio si è incrinato nel 1907 con l'invenzione della bachelite, il primo polimero sintetico che non ha un corrispettivo in natura, non è riciclabile né biodegradabile. Allora e nei decenni successivi, nessuno ha saputo - o voluto - pensare al fine vita di questi materiali fantastici che, nella maggior parte dei casi, ci sopravviveranno.

Sappiamo davvero cosa sono le bioplastiche?

Nel linguaggio comune sono quasi sempre associate a shopper, sacchetti per la pesata e sacchi per la raccolta della frazione organica, ma c'è molto di più. Inoltre, i termini bioplastica, biopolimeri, polimeri a base bio e plastiche verdi sono spesso considerati sinonimi, ma non è così. Oltretutto, per questa famiglia così eterogenea di polimeri non esiste ancora una definizione universale. In Europa la più diffusa è quella formulata da European Bioplastic: "Un materiale può essere definito bioplastica se possiede *almeno* una di queste caratteristiche: deriva, *anche solo in parte*, da risorse rinnovabili o è biodegradabile" (Fig. 1). L'ambiguità

di questa definizione sta nel fatto che non garantisce proprio la caratteristica che desideriamo di più, la biodegradabilità, cioè la capacità di un materiale di trasformarsi completamente in composti chimici semplici (anidride carbonica, acqua, composti inorganici e biomassa) per azione enzimatica di microrganismi come batteri, funghi o alghe.

C'è bioplastica e bioplastica

Sulla base di questa definizione si possono individuare tre classi di polimeri.

Tipo A: polimeri a base biologica derivati da fonti rinnovabili e biodegradabili

Oltre ai polimeri naturali (*biopolimeri*), che sono sempre biodegradabili, si possono ottenere bioplastiche attraverso:

- i) *ristrutturazione chimica, termica e meccanica di polimeri naturali* come l'amido (da mais, frumento, patate, tapioca, riso) per trasformarli in materiali lavorabili caratterizzati da una maggiore resistenza all'acqua e migliori proprietà meccaniche, ma senza alterarne la struttura chimica. Sono le bioplastiche più diffuse (il 75% del mercato) ed economiche;
- ii) *polimerizzazione tradizionale di monomeri ottenuti per fermentazione di biomolecole* (zuccheri, amidi). L'esempio più noto è l'acido polilattico (PLA, Fig. 2a), un poliestere termoplastico ottenuto polimerizzando l'acido lattico prodotto per fermentazione batterica di amidi. È stata la seconda bioplastica (2002) commercializzata su larga scala. Questo materiale presenta eccellenti proprietà fisiche e meccaniche, che lo rendono un ottimo candidato per la sostituzione di vari polimeri termoplastici da fonte petrolchimica. È anche usato in molti impianti medici perché si degrada nell'organismo in 6-24 mesi producendo acido lattico;
- iii) *sintesi all'interno di microrganismi geneticamente modificati partendo da zuccheri o lipidi*. I più noti sono i polidrossialcanoati (PHA, Fig. 2b), poliesteri biodegradabili di qualità elevata ottenuti per fermentazione con batteri. In particolari

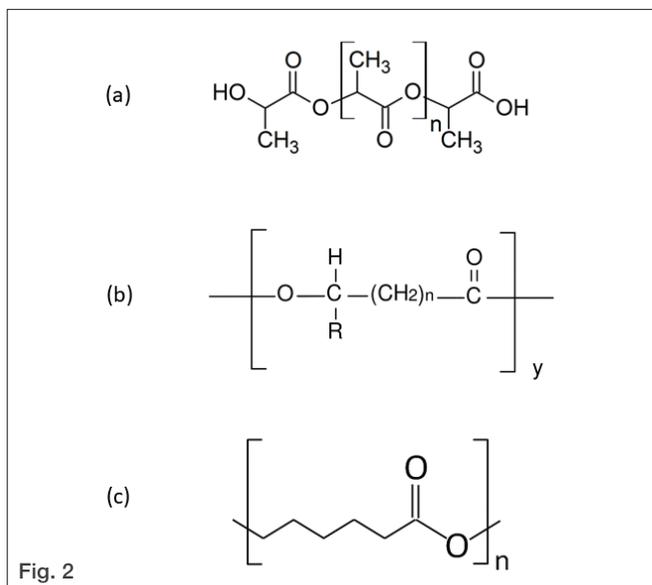


Fig. 2

condizioni di coltura (assenza di nutrienti come azoto, fosforo e zolfo) i microorganismi stessi diventano *reattori* di polimerizzazione che accumulano i PHA sotto forma di granuli che possono arrivare a costituire fino al 90% del peso secco della massa batterica. La composizione e le proprietà dei polimeri ottenuti dipendono dai batteri impiegati e della matrice di coltura.

Tipo B: polimeri derivati da fonti rinnovabili, ma non biodegradabili

Sono le cosiddette *plastiche verdi*, la versione più ecologica di polimeri come polietilene, polipropilene e polietilentereftalato (PET). In questo caso i monomeri, anziché essere ricavati dal petrolio, derivano dal bioetanolo prodotto per fermentazione di alcune specie vegetali. Il polimero finale è identico a quello di origine fossile, quindi spesso non è biodegradabile. Tuttavia, il ciclo di produzione genera meno gas a effetto serra e presenta un'impronta di carbonio più bassa.

Tipo C: polimeri biodegradabili derivati da fonti non rinnovabili

Sono alcune famiglie di poliesteri o di poliammidi (es. policaprolattone, Fig. 2c) che sono biodegradabili grazie alla chimica dei loro legami, analoga

a quella di vari biopolimeri.

In conclusione, la capacità di biodegradarsi di un polimero *dipende dalla sua chimica e non dalla sua provenienza*, quindi è irrilevante il fatto che derivi da fonti rinnovabili (biomassa) o non rinnovabili (fossili).

Biodegradabile è anche compostabile?

Un polimero biodegradabile è simile a una costruzione di Lego che può essere smontata nei suoi mattoncini elementari. La biodegradazione è un processo a stadi che inizia con la degradazione meccanica, un processo in cui la struttura del materiale si deteriora in modo irreversibile. Ad essa si associa l'attacco chimico-fisico provocato dall'ambiente circostante (calore, luce ultravioletta, agenti chimici del terreno) che produce frammentazione o depolimerizzazione finché non si arriva a molecole che possono essere metabolizzate dai microrganismi (Fig. 3). È dunque un processo molto complesso e sensibile a qualsiasi variazione ambientale. Non è quindi una proprietà assoluta, perché ogni habitat presenta popolazioni microbiche e condizioni differenti. È per questo motivo che le previsioni sui tempi di degradazione dei materiali polimerici sono così incerte, a meno che non si eseguano le valutazioni in un ambiente perfettamente controllato come quello utilizzato per definire i disciplinari dell'Unione Europea.

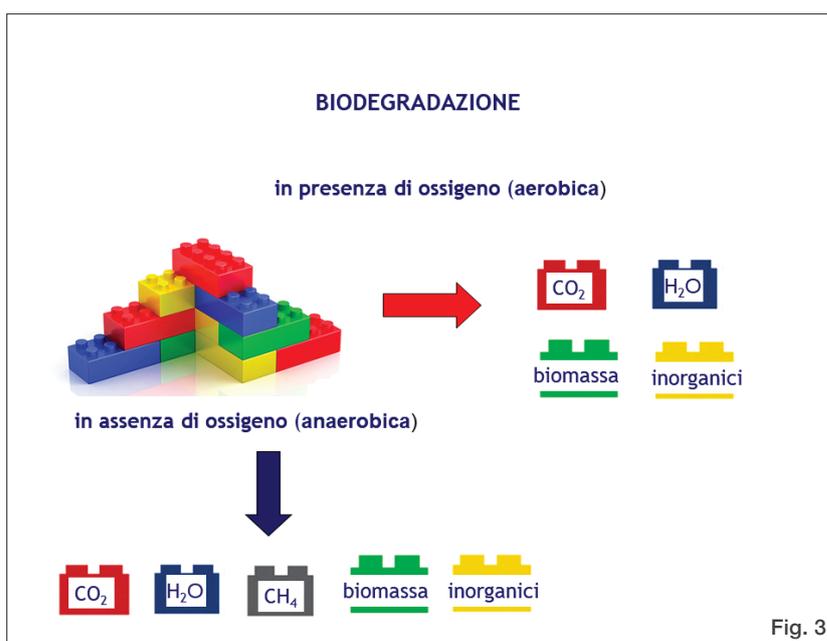
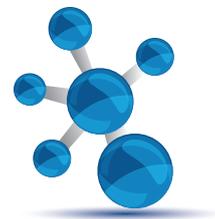


Fig. 3



Ha fatto il giro dei media la foto di uno shopper biodegradabile recuperato ancora intatto dopo essere rimasto tre anni sottoterra. Le scritte sono diventate illeggibili, ma la sportina ha mantenuto la sua integrità tanto da poter essere ancora utilizzata. Fa parte di un esperimento condotto dai biologi inglesi Thompson e Napper, che hanno studiato la biodegradabilità nel tempo di tutti i tipi di shopper in commercio in vari ambienti terrestri e acquatici [4].

Dal punto di vista della biodegradabilità possiamo dunque suddividere i polimeri, bioplastiche comprese, in tre grandi famiglie:

- a) biopolimeri, che, essendo interamente a base biologica, sono naturalmente biodegradabili e di solito rimangono tali anche dopo essere stati modificati;
- b) polimeri sintetici dallo scheletro portante costituito da soli atomi di carbonio (polietilene, polipropilene, PVC, polistirene,...), una struttura chimicamente molto stabile e difficile da biodegradare soprattutto se i carboni sono legati solo ad atomi di idrogeno;
- c) polimeri nella cui catena principale sono presenti anche atomi come azoto, ossigeno,... (poliammidi, poliuretani, poliesteri,...) che costituiscono, per così dire, un *punto debole* della struttura che favorisce l'attacco chimico e la degradazione.

Inoltre, a parità di polimero, i tempi e le modalità di degradazione risentono della formulazione (additivi, peso molecolare, grado di polimerizzazione, difetti nella catena polimerica, coloranti, stabilizzanti,...). Ogni singolo oggetto, poi, ha una *forma particolare* e una *storia specifica* che ne determinano lo stato di conservazione e la resistenza. Infatti la prima degradazione avviene preferenzialmente sulle superfici esposte e deteriorate, come spigoli e incrinature, ed è facilitata da un rapporto elevato fra superficie e volume (un film è più facile da aggredire di un blocco compatto).

La *compostabilità* è un requisito molto più restrittivo (norma UNI-EN 13432/2000) perché l'obiettivo finale è produrre compost da impiegare come fertilizzante nel settore agricolo. Si determina con un processo accelerato di deterioramento biologico realizzato in appositi impianti (temperatura costante di 60 °C, umidità controllata e presenza

di microrganismi). Il fenomeno della biodegradazione è ottimizzato per ottenere alte velocità di conversione e controllo della qualità del compost finale. La certificazione di compostabilità prevede che siano rispettate *contemporaneamente tutte le seguenti condizioni*:

- biodegradazione almeno del 90% dopo 6 mesi;
- disintegrazione di almeno il 90% della massa in frammenti inferiori a 2 mm (assenza di contaminazione visiva) dopo 3 mesi a contatto con materiali organici;
- bassi livelli di metalli pesanti;
- qualità del compost finale che non danneggi la crescita delle piante e rispetti valori precisi di alcuni parametri (pH, contenuto salino, livelli di azoto, fosforo, magnesio, potassio e solidi volatili).

Quindi *un materiale compostabile è sempre biodegradabile, ma non è vero il contrario*. Va anche ricordato che la compostabilità è garantita nei termini di legge solo in un impianto di compostaggio industriale che rispetti le condizioni del disciplinare, mentre le compostiere domestiche richiedono tempi più lunghi e, in caso di abbandono nell'ambiente, soprattutto se acquatico, l'esito della degradazione è ancora più incerto nei tempi e nei modi.

Perché le bioplastiche sono ancora una percentuale esigua rispetto alle plastiche tradizionali?

Nell'Unione Europea il loro uso dipende ancora molto dalle politiche nazionali, in particolare dal supporto legislativo e dall'introduzione di incentivi fiscali, insieme alla necessità di ridurre le discariche e grazie all'aumento dell'interesse dei consumatori per le plastiche sostenibili.

Tuttavia, devono essere ancora risolti alcuni problemi.

Costo elevato

Il costo delle bioplastiche risente di tutte le fluttuazioni nel prezzo e nel rifornimento delle derivate alimentari. Inoltre diventa meno competitivo ogni volta che si abbassa il costo del petrolio. Sul prezzo finale incide anche l'investimento economico richiesto dalla costruzione degli impianti di produzione e di lavorazione, perché quelli esistenti per i polimeri tradizionali sono difficilmente adatti o modificabili a questo scopo.

Prestazioni dei materiali

Le bioplastiche sono comunemente associate all'idea di materiali poco resistenti, ma questo vale per le tipologie di manufatti più economici (shopper) in cui spesso si risparmia sulla quantità di materiale. Sono già in vendita da tempo bioplastiche che offrono prestazioni paragonabili a quelle di alcuni polimeri tradizionali, anche se sono costose e dalla produzione più limitata.

Consumo di terreno agricolo

Come per i biocarburanti, non sembra etico utilizzare terra coltivabile per produrre vegetali da trasformare in plastica, soprattutto se il terreno viene ricavato deforestando porzioni estese di territorio. Queste coltivazioni impoveriscono il suolo, minacciano la biodiversità, influiscono negativamente sui cambiamenti climatici e contribuiscono all'aumento dei prezzi delle derrate alimentari nei Paesi più poveri. Tuttavia, la quota più ampia (67%) di terreno coltivabile è in realtà occupata dai pascoli, contro l'1% destinato ai biocarburanti e lo 0,02% alle bioplastiche. Un'alternativa interessante, di cui sono già presenti esempi di successo anche nel nostro Paese, è il recupero degli scarti dell'industria alimentare e casearia, in cui la parte non edibile è convertita in materiali di qualità.

Incertezza su riciclo e fine vita

Le bioplastiche in molti casi potrebbero essere riciclate, ma non sono compatibili con gli impianti e i sistemi di smistamento attualmente in funzione. Inoltre, la grande varietà di formulazioni rende il riciclo complesso e poco remunerativo. Occorrerebbero infrastrutture per la raccolta e il trattamento ben distribuite sul territorio, ma questo sarà possibile solo quando il volume di produzione e il mercato delle bioplastiche riciclate potrà garantire margini sufficienti di guadagno.

Questo sacchetto dove lo metto?

Per i consumatori è diventato sempre più complicato separare in modo corretto gli imballaggi: in Italia solo la metà dei manufatti biodegradabili arriva agli impianti di compostaggio; il 20% è buttato per errore nella plastica e il 30% finisce in discarica o nei termovalorizzatori (dati Corepla 2017). Anche i chimici spesso buttano le bottiglie di PLA

nella plastica! Le etichette attuali sono troppo piccole, difficili da interpretare per un utente non informato e collocate in punti poco visibili e variabili da manufatto a manufatto.

Conclusioni

Alcuni problemi si risolveranno nel tempo con l'aumento della diffusione delle bioplastiche e migliorando l'efficienza dei processi di lavorazione. Ma in questa fase iniziale sono indispensabili supporti legislativi, incentivi fiscali e sostegno finanziario. Per aiutare i consumatori nel conferimento occorrono etichette più chiare, campagne capillari di informazione e la creazione di infrastrutture per la raccolta e il trattamento.

In ogni caso è necessario rivedere le nostre modalità di consumo [5], riducendo gli imballaggi e limitando al massimo la plastica usata e gettata di ogni tipo, perché anche le bioplastiche vanno usate con intelligenza e nei contesti appropriati.

BIBLIOGRAFIA

- [1] eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904&from=EN
- [2] www.assobioplastiche.org/ricerca.html
- [3] E. Polo, C'era una volta un polimero. Storie di grandi molecole che hanno plasmato il mondo, Apogeo Education, Maggioli Editore, Sant'Arcangelo di Romagna, 2013.
- [4] I.E. Napper, R.C. Thompson, *Environ. Sci. Technol.*, 2019, **539**, 4775.
- [5] European Commission, A circular economy for plastics, 2019, www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2019/03/2019_RI_Report_A-circular-economy-for-plastics.pdf

Bioplastics, Back to the Future

Bioplastics, biopolymers and green plastics are emerging materials of great interest because they could help us in the delicate transition towards plastics with a lower environmental impact than those currently used. Do we really know these materials?