Maria Luisa Doldi

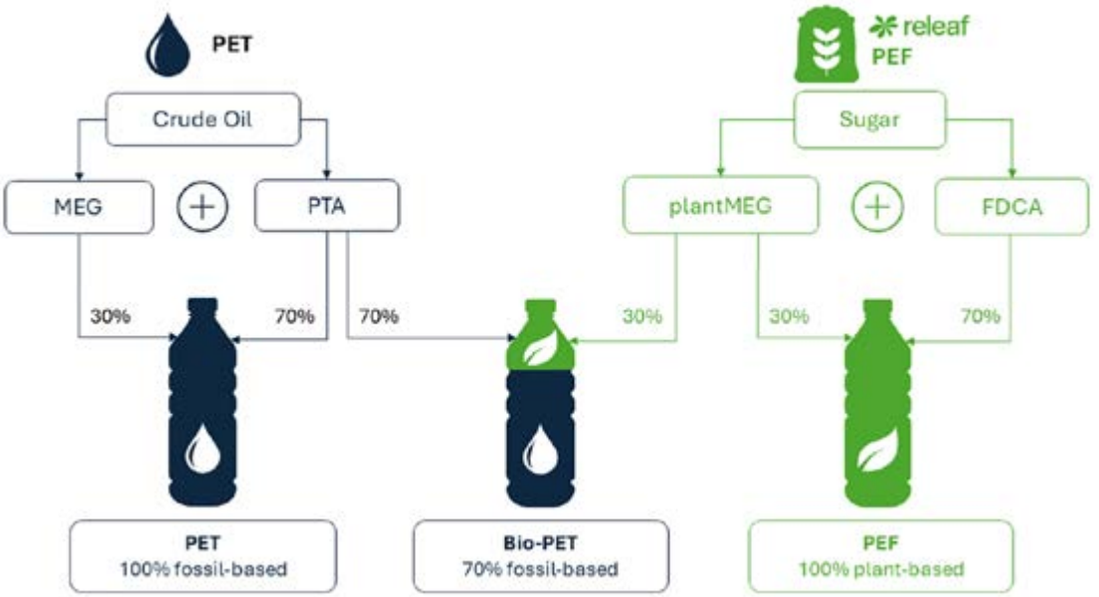
PEF: la plastica a base biologica che potrebbe rivoluzionare gli imballaggi

È stato sviluppato un metodo per produrre su scala industriale il PEF (contrassegnato e commercializzato come Releaf®), un sostituto 100% biobased del PET

L'acido 2,5-furandicarbossilico (FDCA) è una delle 12 molecole di maggiore interesse industriale secondo il DOE (United States Department of Energy), il dipartimento a cui fanno capo alcuni dei più importanti laboratori di ricerca nel campo delle energie rinnovabili. Per il suo potenziale come punto di partenza per la produzione di bioplastiche, questa molecola ha attirato l'attenzione della comunità scientifica anche in Europa, dove si produce il 17% della plastica mondiale. L'FDCA è stato ampiamente studiato come monomero per la produzione di poliesteri come il polietilene furanoato (PEF), considerato il più valido sostituto biobased del polietilene tereftalato (PET). L'FDCA è in sostanza derivato da zuccheri (glucosio, fruttosio, fonti alimentari, non alimentari e di seconda generazione) attraverso un processo catalitico e successivamente polimerizzato in PEF. Il PEF possiede notevoli proprietà meccaniche e termiche, un'elevata barriera ai gas, una bassa impronta di carbonio e una ridotta produzione di gas serra durante la sua sintesi. Tuttavia, finora non è mai stato possibile sviluppare un sistema di produzione della molecola che fosse efficiente e industrializzabile. Presto, però, potremmo essere a un punto di svolta. Avantium, azienda con sede ad Amsterdam, ha sviluppato una tecnologia innovativa per produrre in modo efficiente FDCA dagli zuccheri. Nel 2017 è nato il consorzio PEFerence che comprende 13 aziende e 11 Paesi, guidato dalla stessa Avantium, per riunire l'intera filiera. L'obiettivo

Bottiglie in PEF (Releaf®) assolutamente indistinguibili da bottiglie in PET

è quello di sostituire una parte significativa dei poliesteri di origine fossile, come il polietilene tereftalato (PET), e dei materiali da imballaggio come il vetro e il metallo con poliesteri furanici al 100% di origine biologica. Il progetto, finanziato da Horizon 2020, ha permesso la costruzione di un impianto FDCA unico al mondo per produrre PEF su scala industriale e in modo efficiente, superando tutte le difficoltà finora irrisolte. Sono stati sviluppati prototipi in fase di test presso alcuni partner e clienti del consorzio anche nel settore delle bevande (succhi di frutta, bibite e birra), e alla fine del 2024 il Consorzio ha ufficialmente inaugurato l'impianto industriale con una capacità produttiva di 5 kt/anno per la produzione di PEF, segnando un passo fondamentale verso la commercializzazione su larga scala.
Ne abbiamo parlato con Ir. Ingrid Goumans, Direttore Affari Pubblici - ESG, Avantium.



La differenza tra PET, Bio-Pet e Pef in termini di materiali di composizione

PEF: simile al PET ma diverso

Partiamo dall'inizio: cos'è esattamente il PEF e quali sono le sue caratteristiche più interessanti?
«Il PEF è un polimero 100% biobased ricavato da zuccheri, come quelli della canna da zucchero, della cellulosa o dell'amido. Questo materiale si distingue per la sua struttura simile a quella del PET, ma con una differenza fondamentale: al posto dell'acido tereftalico, il PEF viene prodotto con il monomero acido furandicarbossilico (FDCA). Il primo ha un anello benzenico nella sua struttura di base e il secondo un anello furanico e questo conferisce al PEF proprietà superiori in termini di resistenza e capacità di barriera rispetto al PET».
Più in dettaglio: «La barriera all'ossigeno del PEF è circa 10 volte superiore a quella del PET, il che è molto importante per le bevande sensibili all'ossigeno come i succhi di frutta; la barriera alla CO_2 è da 16 a 20 volte superiore a quella del PET, il che è importante per le bevande gassate; il PEF mostra una resistenza del 60% superiore a quello del PET, quindi c'è un potenziale di alleggerimento delle bottiglie. In termini di lavorazione, il PEF è molto simile al PET, il che consente di lavorarlo sulle attuali linee di produzione del PET». Tuttavia, ci sono alcune differenze da considerare. Una di queste riguarda le proprietà termiche, che sono diverse: il PEF ha una temperatura di transizione vetrosa leggermente superiore a quella del PET, il che significa che durante il processo di soffiaggio le impostazioni dovranno essere leggermente modificate per tenerne conto. Si tratta di una proprietà molto utile quando si imbottigliano prodotti caldi, dove è necessario che l'imballaggio resista al calore del prodotto. Inoltre, il PEF ha un punto di fusione più basso rispetto al PET, intorno ai 30-40 °C, il che è positivo per la lavorazione perché significa che può essere lavorato anche a temperature più basse, risparmiando energia di processo.

100% a base biologica

Il PEF viene spesso paragonato al PET perché i due materiali sono molto simili. A occhio, sono indistinguibili. Tuttavia, mentre il PET tradizionale è interamente derivato dal petrolio (PTA e MGE)[1], esistono versioni "bio-PET" in cui solo la componente MEG - circa il 30% della molecola finale - è di origine vegetale.
La differenza principale è che nel PEF il componente PTA del PET viene sostituito con FDCA ottenuto da fonti vegetali. Questo cambiamento crea un polimero 100% biobased, offrendo un'alternativa più sostenibile al PET. «Naturalmente - afferma Goumans - bisogna scegliere con

[1] *PTA e MEG (Acido Tereftalico Purificato, PTA - e Glicole Monoetilenico, MEG)*

Il progetto PEFerence

Questo progetto è finanziato dalla Bio-based Industries Joint Undertaking (JU) nell'ambito del programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea, con l'accordo di sovvenzione n. 744409. La JU riceve il sostegno del programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea e del Bio-based Industries Consortium. Ulteriori informazioni: https://peference.eu/the-project/

saggezza, in base alla località in cui si opera, le fonti più sostenibili e disponibili da cui ottenere lo zucchero necessario per produrre l'FDCA».

FDCA: il gigante addormentato si risveglia

«La molecola FDCA e le sue proprietà sono note fin dagli anni '40 - spiega Goumans – La molecola è sempre stata definita il "gigante addormentato", perché si conoscevano le sue possibilità di applicazione ma non esisteva un processo efficiente e industrializzabile per sintetizzarla dallo zucchero. Oggi, con questo progetto abbiamo sviluppato e messo in scala commerciale un processo innovativo che in tre fasi - disidratazione, ossidazione e purificazione - produce FDCA dallo zucchero in modo efficiente e scalabile a livello industriale, aprendo la strada alla produzione su scala industriale di PEF».

Ir. Ingrid Goumans, Direttore Affari Pubblici - ESG, Avantium

Il PEF possiede notevoli proprietà meccaniche e termiche, un'elevata barriera ai gas, una bassa impronta di carbonio e una ridotta produzione di gas serra durante la sua sintesi

Il processo di produzione? Simile a quello del PET

Il processo di produzione di bottiglie, film e fibre da materiali polimerici come il PET e il PEF prevede una fase fondamentale: l'orientamento e lo stiramento del materiale che ne migliora le proprietà. Ciò avviene attraverso la cristallizzazione indotta dalla deformazione, che rende il materiale più resistente. La cristallizzazione del PEF avviene a livelli di stiramento più elevati rispetto al PET. Ciò significa che per ottenere le migliori proprietà meccaniche e di barriera del PEF è necessario applicare rapporti di stiramento più elevati durante la produzione delle bottiglie. Durante il soffiaggio, la preforma viene stirata sia in direzione assiale che radiale per ottenere la forma finale della bottiglia. Per ottimizzare la lavorazione del PEF, è necessario utilizzare una preforma più piccola rispetto al PET per ottenere un rapporto di stiramento più elevato e migliorare le proprietà del materiale. A tal fine, esistono due strategie: adattare preforme più piccole e soffiarle in bottiglie più grandi, senza la necessità di nuovi stampi, oppure progettare preforme specifiche per il PEF, che però richiedono nuovi investimenti pur garantendo prestazioni ottimali. L'ottimizzazione dei parametri di stiramento è fondamentale per garantire una distribuzione uniforme del materiale e mantenere prestazioni elevate.

Il PEF può essere lavorato con le stesse attrezzature del PET, ma con qualche accorgimento: il PEF viene lavorato a circa 250-290 °C, riducendo il consumo energetico rispetto al PET, che ha temperature di lavorazione più elevate. Sono necessarie pressioni di iniezione più elevate e un'asciugatura accurata. Infine, il processo di soffiaggio avviene a temperature superiori di 10 °C rispetto al PET, con regolazione dell'intensità degli infrarossi per garantire un riscaldamento uniforme. Una volta rispettate queste regole, la bottiglia in PEF ha le stesse prestazioni di quella in PET, con i miglioramenti in termini di resistenza e barriera menzionati in precedenza. Il PEF può essere utilizzato anche in materiali multistrato, ad esempio come elemento di barriera per altri materiali da imballaggio.

Riciclabili, ma non biodegradabili

Il PEF può essere riciclato e non necessita di linee di riciclaggio speciali. Dice Goumans: «In genere, la separazione dei materiali sulle linee di riciclaggio avviene sfruttando i diversi spettri delle molecole nell'infrarosso. A queste lunghezze d'onda, gli spettri del PET e del PEF sono diversi e quindi possono essere separati nelle linee di riciclaggio. Il PEF può essere riciclato esattamente nelle stesse linee del PET. Inizialmente, probabilmente avremo bassi volumi di PEF e quindi potrebbe mescolarsi con il PET senza danneggiare la qualità del PET riciclato, perché le due molecole sono compatibili sotto questo aspetto. Se si desidera separarlo, tuttavia, è possibile farlo perché le due molecole hanno spettri infrarossi diversi e possono quindi essere rilevate e separate nelle linee di riciclaggio. Tra l'altro, il materiale riciclato mantiene anche un ottimo livello di trasparenza e chiarezza». Tuttavia, il PEF non è biodegradabile: «Non può esserlo, altrimenti non sarebbe riciclabile e riutilizzabile più volte».