

**U**n inchiostro per stampanti a base di olio di soia; resine e schiume industriali derivate dal guscio degli anacardi; pneumatici arricchiti con amido di mais. E ancora: acqua al posto di solventi cancerogeni e farmaci sintetizzati con l'aiuto di enzimi, con reazioni più brevi e con meno prodotti di scarto. Tutti esempi della rivoluzione verde che ha investito il mondo della chimica. Con tre regole di ferro: usare ingredienti ecocompatibili al posto di sostanze tossiche e inquinanti, abbattere gli sprechi, ridurre i costi energetici.

Così diventa realtà l'utopia pensata all'inizio degli anni Novanta da Paul Anastas, ora alla direzione del settore ricerca dell'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti. Un'utopia molto attenta al portafogli se, già nella definizione "green", Anastas voleva fare riferimento sia alla protezione dell'ambiente, ma anche al colore dei dollari. E in effetti la rivoluzione verde corre veloce su due binari: quello della sostenibilità ambientale, certamente, ma anche quello del profitto economico. Non è un caso che a guidarla sia stato finora il settore farmaceutico, un esempio per tutti: il mitico Viagra è uno dei primi farmaci ottenuti con la green chemistry (vedi box di pagina 120).

Ma che cosa significa, in concreto, fare chimica verde? Per tracciare la rotta, Anastas e il collega John Warner hanno stilato una lista di 12 principi: «Solo seguendoli si testimonia l'impegno ambientale. Altrimenti, è green washing, un millantare virtù che non si possiedono», precisa Anastas. Il primo principio sembra più una regola di buona creanza: meglio non sporcare che dover pulire. Con gli altri, però, si entra nel vivo. Il secondo, per esempio, parla di "economia atomica", ma il nucleare non c'entra: si tratta di risparmiare atomi, cioè materia, cercando di incorporare nel prodotto finito la maggior parte delle sostanze di partenza della reazione. In soldoni, vuol

dire ritrovarsi con meno scarti, «e il vantaggio non riguarda solo quelli tossici», precisa Cinzia Chiappe, docente all'Università di Pisa: «Anche se una sostanza è innocua, doverne smaltire alcune tonnellate per volta non è affatto banale». Un esempio di economia atomica lo offre il nuovo processo produttivo dell'antinfiammatorio ibuprofene della Bsf: ben il 77 per cento degli atomi di partenza entra nella molecola finale, contro il 40 del processo precedente.

Un altro principio riguarda la sostituzione di solventi pericolosi (come l'acetoneitrile che, inalato in grandi quantità, può essere letale, o il diclorometano, cancerogeno per esposizioni croniche).

#### BUSTE BIODEGRADABILI IN MATER-BI PRODOTTE ALLA NOVAMONT DI TERNI

Molti sono già stati banditi, e di sicuro la nuova normativa europea sulle sostanze chimiche, Reach, porrà altri paletti. Quali soluzioni, allora? L'acqua, per esempio, usata per tantissimi prodotti (pensiamo a colle, vernici, tinture). Nell'industria alimentare è molto utilizzata la cosiddetta CO<sub>2</sub> supercritica, introdotta diversi anni fa per la decaffeinizzazione del caffè: è anidride carbonica in uno stato particolare, né liquido né gassoso. E oggi la ricerca si concentra soprattutto sui liquidi ionici, costituiti da una componente con carica elettrica po-

sitiva e una con carica elettrica negativa, un po' come se fossero sali allo stato liquido. «Ce ne sono tantissimi, con proprietà uniche. Molti sono sicuramente green, ma non tutti sono completamente sicuri», afferma Chiappe, il cui gruppo di ricerca è stato il primo a indicare una certa tossicità per l'ambiente di alcuni liquidi ionici.

Oltre a solventi e processi, c'è naturalmente la questione delle materie prime. Il settimo principio di Anastas e Warner parla chiaro: appena possibile, preferire materie prime rinnovabili. Invece, la grande maggioranza dei prodotti che usiamo ogni giorno - farmaci, contenitori in plastica, cosmetici, tessuti sintetici ▶

- deriva dal petrolio. Il che, tra l'altro, pone anche significativi problemi ambientali (la non degradabilità, per esempio) ed economici, legati alle fluttuazioni del prezzo del greggio. Meglio allora puntare su alghe o biomasse agricole. «È una grossa sfida, perché ci vuole un cambiamento radicale del processo di sintesi», spiega ancora Cinzia Chiappe: «Con il petrolio si parte da molecole semplici, a cui si aggiungono gruppi funzionali per ottenere le proprietà desiderate. Con le materie prime rinnovabili si parte invece da molecole complesse, che vanno smontate».

Di certo, molti sforzi fatti nel nostro Paese sul fronte della chimica verde si

concentrano proprio sulle materie prime rinnovabili. Il gruppo di ricerca di Alvisse Perosa dell'Università di Venezia, per esempio, oltre a progetti di ricerca sui nuovi solventi e su reagenti "puliti", ha una collaborazione con un'azienda spagnola che produce microalghe Ogm a elevata concentrazione di oli, da cui si estraggono piccole molecole che vengono valutate come possibili derivati del petrolio. «Alcuni laboratori universitari italiani sono piuttosto attivi in questo settore», commenta Perosa: «Nell'industria invece la situazione è un po' più complicata, sia perché, nonostante le prospettive di risparmio, non si può pen-

## Non abbattete le foreste

**Per una sostenibilità ambientale a 360° dell'industria chimica non basta che siano green le reazioni di sintesi delle molecole: l'approccio va esteso a tutta la cornice produttiva. Questo dicono, in sintesi, i 12 principi dell'ingegneria verde che Paul Anastas (insieme alla collega Julie Zimmerman) ha aggiunto a quelli della chimica verde. Esempio: bene partire da biomasse vegetali come materie prime rinnovabili, ma attenzione all'impatto ambientale di questa scelta.**

**Abattere intere foreste per far posto a coltivazioni ad hoc (come nel caso delle palme da olio) non è esattamente sostenibile: meglio sarebbe puntare sugli scarti delle produzioni alimentari. Idem per le fonti energetiche: diverse aziende hanno scelto le rinnovabili, per esempio il solare fotovoltaico. «Attenzione, però, avvertono Anastas e Zimmerman: «Bisogna vedere come sono state prodotte le celle fotovoltaiche; a volte, il processo consuma più energia "sporca" di quella che poi si produce in modo pulito».**

**L'OBBIETTIVO È  
SOSTITUIRE I DERIVATI  
DEL PETROLIO. CON  
MATERIALI  
RINNOVABILI ED  
ECOFRIENDLY. COME  
LE ALGHE OGM**

sare di rivoluzionare da un giorno all'altro gli impianti, sia perché il nostro tessuto produttivo è fatto soprattutto da piccole e medie imprese, non sempre inclini a investire in ricerca e sviluppo».

Ma anche nell'industria il nuovo si fa strada. Prendiamo il Cimteclab, del parco tecnologico Area Science Park di Trieste: lì sono riusciti a distillare dal liquido tossico e irritante estratto dal guscio degli anacardi una sostanza, il cardanolo, che può sostituire in molti processi di sintesi sostanze derivate del petrolio. Dal cardanolo si ottengono adesivi, rivestimenti, schiume poliuretaniche e così via, con il grosso vantaggio di partire da uno scarto alimentare.

E sul fronte delle materie prime rinnovabili non ha certo bisogno di grandi presentazioni il Mater-Bi della Novamont di Novara, la bioplastica derivata dall'amido di mais, completamente ▶



TREBBIATURA DELLA COLZA PER LA PRODUZIONE DI BIOMATERIALI A TERNI

biodegradabile. Per intenderci, è il materiale di cui spesso sono fatti i sacchetti per la raccolta dell'umido o le buste biodegradabili del supermercato. «Sempre dall'amido di mais abbiamo ottenuto un additivo per pneumatici che riduce la resistenza al rotolamento e quindi il consumo di carburante e ora stiamo lavorando a un progetto pilota per produrre monomeri - i mattoncini di partenza da cui si ottengono le plastiche - con oli ve-

getali», racconta Andrea Di Stefano, responsabile degli Affari istituzionali dell'azienda. Che ha in mente grandi progetti di sviluppo.

Lo scorso gennaio, la chimica verde ha rischiarato i cuori dei sindacati sardi quando si è balenata l'idea di un piano per la riconversione del petrochimico di Porto Torres in un enorme polo di chimica verde. Bonifica industriale del sito, una centrale termoelettrica a biomassa da 40 megawatt e gli impianti di chimica verde, oltre alla costituzione di un centro di ricerca che dovrebbe coinvol-

gere università e Regione: i sindacati ci sperano anche se l'azienda tiene la bocca cucita e di certo mancano i dettagli operativi. La mossa potrebbe finalmente portarci al passo degli altri Paesi che, prima di noi, hanno visto nella chimica verde un'opportunità imperdibile di crescita e sviluppo. La Germania, per esempio, che però ha il vantaggio di avere in casa potenze industriali come la Basf, e poi gli Usa e la Cina: il Paese che, secondo gli esperti, sta puntando più di tutti su ricerca e produzione chimica con etichetta green. ■

## Com'è verde la pillola blu

**Numerosi sono gli esempi di produzione chimica verde. Due i settori di punta.**

### FARMACI

Il primo è stato il sildenafil citrato (Viagra). Di solito, per ogni kg di farmaco finito si producono anche da 25 a 100 kg di prodotti di scarto: nel caso della pillola blu, lo scarto si riduce a 6 kg. Merito di un restyling totale del processo di sintesi, che ha visto la riduzione dei solventi necessari e la sostituzione di alcuni solventi tradizionali, a base di cloro, con alternative meno pericolose. La Pfizer ha anche scelto la biosintesi enzimatica per l'atorvastatina e la pregabalina (per il trattamento del dolore neuropatico), aumentando la resa e abbattendo gli scarti. Su soluzioni green ha puntato GlaxoSmithKline per l'anticoagulante nadroparina calcica e gli antibiotici. Meno energia, meno

materie prime e meno acqua anche per la produzione dell'aprepitant, il farmaco che riduce nausea e vomito in chemioterapia di Merck. Tra i verdi di Novartis, invece, c'è il valsartan, antipertensivo: lo si produce con meno solventi e con tempi di reazione più brevi. Non solo: tra gli ingredienti fondamentali delle reazioni chimiche ci sono i catalizzatori, sostanze che accelerano la velocità delle reazioni stesse. Molti catalizzatori, però sono a base di metalli, e questo significa problemi di tossicità: è ovvio che non ne deve rimanere la minima traccia nel farmaco. L'alternativa green sono gli enzimi, grazie ai quali diverse reazioni classiche dell'industria chimica sono state convertite in bio. È il caso della sitagliptina di Merck/Codexis, farmaco per il trattamento del diabete di tipo 2: con la biosintesi enzimatica,

la resa della reazione è aumentata del 13 per cento, mentre gli scarti si sono significativamente ridotti.

### LIVING

Pensate a tutto quello che di chimico vi capita di incontrare nella vita quotidiana. Per ogni prodotto c'è sicuramente almeno un'alternativa green. Sono sempre più diffuse, per esempio, vernici e colle (per pavimenti, tessuti di rivestimento, legno) che usano al posto dei solventi tradizionali acqua o sostanze ecocompatibili prodotte a partire da oli vegetali. Negli Usa, la Columbia Forest Products e la Hercules Inc. hanno sviluppato un adesivo per legno a base di farina di soia. E sempre la soia è l'ingrediente principale di un toner per stampanti sviluppato dall'Ohio Soybean Council in collaborazione con Battelle e Advanced Image Resources.

**CON L'AMIDO DI MAIS SI OTTENGONO PNEUMATICI CAPACI DI RIDURRE IL CONSUMO DI CARBURANTE DELLE AUTOMOBILI**