



TRE PROGETTI EUROPEI PER REALIZZARE BIOCATALIZZATORI PER OSSIDAZIONI NELL'INDUSTRIA

Vengono riportate informazioni su tre progetti europei dedicati allo sviluppo di biocatalizzatori per reazioni di ossidazione. Il progetto BioOX si concentra sulla creazione di biocatalizzatori basati su enzimi di monossigenasi a base di citocromo P450. Il progetto PEROXICATS sviluppa biocatalizzatori derivati da enzimi di funghi basidiomiceti. Infine, il progetto INDOX si focalizza su biocatalizzatori basati su ossidoriduttasi di origine fungina.



della chimica sostenibile, o *green chemistry*. Tuttavia, in passato, la bioossidazione catalitica era poco utilizzata a causa della limitata disponibilità di enzimi ossidativi robusti e selettivi. Uno dei principali problemi era la scarsa stabilità degli enzimi in ambienti ossidativi. Nei tre progetti menzionati, sono state utilizzate proteine enzimatiche derivate da batteri, funghi e animali, che hanno mostrato caratteristiche adatte all'impiego in processi industriali come biocatalizzatori di ossidazione [1].

Questa nota descrive tre progetti europei riguardanti lo sviluppo di biocatalizzatori per la bioossidazione, nei quali sono state coinvolte diverse industrie e università. In particolare, vengono riportate informazioni su due importanti aziende, attive anche in Italia, che hanno partecipato alla realizzazione di enzimi utilizzati come catalizzatori di bioossidazione: BiCT, coinvolta nel progetto BioOX, e Novozymes, che ha preso parte sia ai progetti PEROXICATS che INDOX.

La biocatalisi, che sfrutta enzimi o cellule come catalizzatori, rappresenta una strategia fondamentale

Il progetto BioOX e l'azienda BiCT

Il progetto europeo BioOX si è proposto di sviluppare biocatalizzatori per la sintesi e la trasformazione di alcoli, utilizzando ossigeno e riducendo l'impatto ambientale dei tradizionali processi di ossidazione chimica [2, 3]. Al progetto hanno partecipato 11 partner, tra cui l'azienda italiana BiCT e la multinazionale tedesca BASF. BiCT (Biological and Chemical Technology) [4], con sede a Villanova del Sillaro (Lodi), ha contribuito allo sviluppo di processi eco-efficienti e sicuri basati su catalizzatori di origine biologica.

Nel progetto BioOX sono stati impiegati enzimi ossidasi e monoossigenasi appartenenti alla famiglia del citocromo P450, capaci di ossidare alcoli in composti come acidi grassi idrossilati, alcheni e terpeni ossifunzionalizzati. Questi enzimi, presenti in batteri, funghi, piante e mammiferi, contengono un gruppo eme, una struttura che, tramite l'introduzione di ossigeno nelle molecole, ne aumenta la polarità.

Inoltre, gli enzimi sono stati immobilizzati su supporti specifici per aumentarne l'efficienza. Una tecnica avanzata, denominata "fermentatore in un pallone", ha ulteriormente migliorato l'attività enzimatica e la resa dei ceppi batterici ingegnerizzati. La famiglia delle monoossigenasi citocromo P450 (CYP o P450) si suddivide in diverse classi, a seconda del cofattore presente. Tra le classi principali troviamo le monoossigenasi eme-dipendenti, i citocromi P450 e le monoossigenasi flavina-dipendenti. Questi enzimi sono in grado di riconoscere e trasformare una vasta gamma di substrati, tra cui acidi grassi, terpeni, steroidi, prostaglandine, composti aromatici, solventi, farmaci, pesticidi e altri xenobiotici.

Il progetto PEROXICATS e l'azienda Novozymes

Il progetto europeo PEROXICATS (PERoxidase as BioCATalystS) [5, 6] ha coinvolto numerose industrie e università. Tra i partecipanti, l'azienda Novozymes A/S [7] ha svolto un ruolo centrale. Leader mondiale nel settore della bioinnovazione, con il 45% del mercato globale degli enzimi industriali, Novozymes ha sede a Bagsværd, in Danimarca, e si è recentemente fusa con Chr. Hansen, assumendo il nome Novopenis. L'azienda opera in 30 sedi in tutto il mondo, inclusa l'Italia, dove è presente a Monza sotto il nome Novozymes Italia Srl. I suoi oltre 700 prodotti trovano applicazione in più di 40 settori, migliorando i processi industriali, riducendo il consumo di acqua, energia e materie prime, e minimizzando la produzione di rifiuti. Novozymes è inoltre specializzata nella conversione della lignocellulosa e nelle reazioni avanzate di bio-ossidazione.

Il progetto PEROXICATS si è concentrato sullo sviluppo di nuove perossidasi fungine, enzimi derivati da funghi basidiomiceti, noti per la loro capacità di degradare la lignocellulosa e contribuire al riciclo

del carbonio negli ecosistemi. Questi enzimi, appartenenti alla classe delle ossidoreduttasi, sono stati impiegati in reazioni di ossidazione industriale e testati per il loro potenziale in settori come quello chimico e farmaceutico. L'introduzione di tali biocatalizzatori ha permesso all'industria europea di beneficiare di processi biotecnologici più eco-compatibili e a costi ridotti.

Gli enzimi sono proteine con capacità biocatalitiche che accelerano le reazioni chimiche, dimostrando un'elevata precisione nella selezione dei substrati. Tra questi, le ossidoreduttasi hanno attirato particolare interesse negli ultimi anni, grazie alla loro capacità di catalizzare il trasferimento di elettroni tra diversi substrati nelle reazioni redox. Per individuare enzimi con tali proprietà, gli scienziati hanno esplorato colture fungine provenienti da ambienti specifici ed estremi, selezionando i candidati più promettenti e valutandone le prestazioni catalitiche.

Il progetto INDOX e l'azienda Novozymes

Nel progetto INDOX (INDustrial OXidoreductases) [7], a cui hanno partecipato 17 enti tra industrie e università [8, 9], Novozymes ha collaborato con l'Università Federico II di Napoli per sviluppare ossidoriduttasi capaci di catalizzare reazioni industriali complesse. Gli enzimi candidati sono stati selezionati da diverse classi di ossidoriduttasi, tra cui eme-perossidasi, flavo-ossidasi e rame-ossidoriduttasi, ottenuti da genomi fungini.

Grazie a tecniche di ingegneria proteica e analisi computazionali, le proprietà catalitiche degli enzimi sono state migliorate, aumentando la loro stabilità. Sono stati inoltre adottati diversi approcci per ottimizzare le condizioni di reazione e le configurazioni del reattore, tra cui tecnologie di immobilizzazione e nuove reazioni a cascata enzimatica. Un esempio rilevante è la conversione del 5-idrossimetilfurfurale, un derivato della biomassa, in acido 2,5-furandicarbossilico (FDCA) attraverso una reazione a cascata intelligente di due enzimi ossidativi. Il FDCA è considerato una delle 12 sostanze chimiche chiave per la produzione sostenibile di polimeri, come poliestere e poliammidi. Le attuali tecnologie chimiche per la produzione di FDCA presentano una bassa selettività, portando alla formazione di sottoprodotti indesiderati.



Le nuove tecnologie enzimatiche sviluppate nel progetto INDOX hanno dimostrato un grande potenziale per l'ossidazione di substrati aromatici e la funzionalizzazione di molecole alifatiche e aromatiche, aprendo la strada a nuove applicazioni industriali.

Tra gli approcci innovativi di INDOX, le ossidoriduttasi fungine su cui si è lavorato rappresentavano una novità per la comunità scientifica, distinguendosi da altri tipi di enzimi studiati in precedenza. Questi catalizzatori si sono dimostrati particolarmente efficaci nell'ossidazione di substrati aromatici e nell'ossifunzionalizzazione di molecole alifatiche e aromatiche, caratterizzate da una bassissima reattività chimica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **CORDIS Results Pack on Bio-based innovation (europa.eu)**
- [2] **Biocatalizzatori per prodotti chimici più ecocompatibili | BIOOX Project | Results in brief | FP7 | CORDIS | European Commission (europa.eu)**
- [3] **Developing a validated technology platform for the application of oxygen dependent enzymes in synthesis and transformation of alcohols | BIOOX | Project | News & Multimedia | FP7 | CORDIS | European Commission (europa.eu)**
- [4] **Success Stories - Bict**
- [5] **Peroxicats: PEROXidases as bioCATalystS**
- [6] **Enzimi fungini per applicazioni industriali | PEROXICsATS Project | Results in brief | FP7 | CORDIS | European Commission (europa.eu)**
- [7] **INDOX - industrial oxidoreductases (indoxproject.eu)**
- [8] **NOVOZYMES ITALIA SRL Company Profile | MONZA, MONZA E BRIANZA, Italy | Competitors, Financials & Contacts - Dun & Bradstreet (dnb.com)**
- [9] **Optimized oxidoreductases for medium and large scale industrial biotransformations | INDOX | Project | News & Multimedia | FP7 | CORDIS | European Commission (europa.eu)**

**NUOVA
ENERGIA PER LA
TUA AZIENDA**

AGICOM S.r.l.

CONCESSIONARIA DI PUBBLICITÀ PER QUESTA RIVISTA
www.agicom.it

