

## ◆ Applicazioni industriali degli enzimi

Gli **enzimi** svolgono ruoli molto diversi nella nostra vita quotidiana. Molti dei cibi che consumiamo, i vestiti che indossiamo, la carta, i detersivi e addirittura la produzione dei combustibili sono ottenuti grazie all'impiego industriale di enzimi specifici. L'uso degli enzimi ha il grande pregio di sostituirsi spesso a processi dannosi per la salute degli operatori e per l'ambiente. Ad esempio **amilasi**, **amiloglucosidasi** e **glucoamilasi** consentono la trasformazione dell'amido per la produzione di dolcificanti e sciroppi di fruttosio evitando l'impiego di acidi o basi forti e riducendo la produzione di scarti fortemente corrosivi.

Uno dei settori in cui l'utilizzo degli enzimi ha trovato un largo impegno è quello dell'*industria tessile*. Infatti, le problematiche legate alla sostenibilità dei processi e dei prodotti riguardanti i consumi energetici, di acqua, di materie prime non rinnovabili e la produzione di ingenti quantità di reflui e rifiuti ad alto impatto ambientale, che comportano elevati costi di smaltimento, hanno rappresentato un forte stimolo alla ricerca di valide alternative ai trattamenti chimici convenzionali.

L'impiego degli enzimi nell'industria tessile si è particolarmente sviluppato a partire dalla fine degli anni '80 del secolo scorso. Gli enzimi di più largo utilizzo sono *amilasi*, *cellulasi*, *pectinasi*, *catalasi* e *laccasi* e vengono applicati nelle varie fasi della filiera tessile.



Prima di essere utilizzate per la tessitura le fibre subiscono un trattamento a base di amido e/o cere che ha lo scopo di rinforzarle e renderle resistenti alle sollecitazioni meccaniche della tessitura. Le operazioni successive di tintura e sbiancatura, tuttavia, richiedono la rimozione di questo strato protettivo, che viene eseguita principalmente con **amilasi**, la cui azione idrolizza l'amido. In questo modo si producono *destrine*, solubili in acqua e quindi facilmente eliminabili con un lavaggio. Questo processo è alternativo al trattamento chimico che prevedeva l'impiego di agenti ossidanti e/o acidi forti e poteva danneggiare i tessuti.

Anche il caratteristico effetto slavato tipico dei capi in jeans, chiamato "*stone washing*", è oggi ottenuto con enzimi, in questo caso **cellulasi**. Tradizionalmente questo trattamento veniva effettuato con pietra pomice, ma l'adozione delle cellulasi ha comportato diversi vantaggi quali: riduzione dei tempi di lavorazione, alta flessibilità del processo e miglior riproducibilità, riduzione dei danni alle macchine, miglior produttività, riduzione dei danneggiamenti dei capi causati dalla pomice, eliminazione della polvere di pomice (miglioramento delle condizioni e dell'ambiente di lavoro), minor impatto ambientale, riduzione dei costi ambientali del 20-25%. Un altro campo di impiego delle cellulasi è quello del cosiddetto "bruciapelo enzimatico" o "*bio-polishing*", che consiste nella rimozione delle microfibre

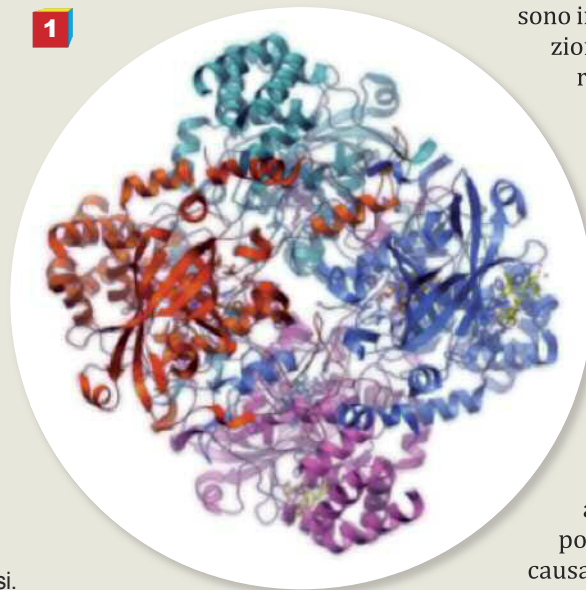
brille di cellulosa che si formano durante il lavaggio e l'uso dei capi in cotone. Grazie all'ottenimento di un ottimo grado di pulizia superficiale, l'effetto finale che si ottiene è un aumento della brillantezza dei colori e una maggiore morbidezza dei capi. Inoltre, migliora la capacità di assorbire acqua, utile specialmente per spugne e biancheria da bagno.

La *purgatura del cotone*, ossia la rimozione di cere, grassi, pectine ed altre impurità dalla superficie delle fibre, è un processo necessario per migliorare la capacità assorbente del tessuto e lo rende più adatto alla sbiancatura e alla successiva tinteggiatura.

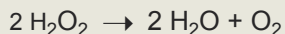
L'impiego di enzimi quali **cellulasi**, **pectinasi** e **lipasi** consente di evitare l'utilizzo di agenti chimici altamente basici come la soda caustica, riducendo pertanto il costo del trattamento dei reflui e dei consumi di acqua ed energia.

Le **catalasi**, enzimi che in natura sono necessarie per eliminare nelle cellule le specie reattive dell'ossigeno, sono impiegate dopo il candeggio per l'eliminazione dell'acqua ossigenata, la cui presenza residua può creare problemi in fase di tintura (ossidazione del colorante). Il metodo chimico convenzionale prevede lavaggi con abbondante acqua in presenza di agenti riducenti (come il tiosolfato di sodio) o catalizzatori metallici (sali di manganese). Il processo enzimatico comporta invece la decomposizione enzimatica dell'acqua ossigenata con catalasi.

I principali vantaggi del processo enzimatico sono: riduzione dei tempi di trattamento e risparmio di acqua, energia e prodotti chimici. Inoltre, aggiustando in modo adeguato il pH, è possibile riciclare l'acqua utilizzata senza causare danni ai tessuti e ai coloranti e senza generare prodotti di reazione pericolosi o inquinanti.



**Fig.1.**  
Struttura molecolare della catalasi.  
Questa classe di enzimi catalizza la decomposizione dell'acqua ossigenata in acqua e ossigeno:



Le **laccasi** sono ossidoreduttasi enzimatiche che utilizzano ossigeno atmosferico come accettore finale di elettroni e lo convertono in acqua con concomitante trasformazione del substrato in prodotto.



Tipici substrati delle laccasi sono i composti fenolici (composti derivati dagli idrocarburi aromatici, che contengono uno o più anelli fenolici). Nell'industria tessile le laccasi vengono ampiamente utilizzate nel processo di candeggio dei jeans, il cosiddetto "*bio-bleaching*", ossia candeggio (in inglese "*bleach*") biologico. Tradizionalmente il candeggio dei tessuti viene eseguito per via chimica con ipoclorito di sodio e acqua ossigenata; questo comporta numerosi svantaggi quali difficoltà di controllo del processo, scarsa riproducibilità, problemi ecologici nelle acque di scarico, perdita di resistenza del tessuto. Le laccasi, attraverso l'impiego di un mediatore (ossia di una molecola che viene prima ossidata dalle laccasi e che poi a sua volta è in grado di reagire col substrato finale ossidandolo a sua volta), ossidano l'indaco, il colorante che conferisce il caratteristico colore ai jeans, determinando la decolorazione.