



INCA

Consorzio Interuniversitario Nazionale

"La Chimica per l'Ambiente"

www.incaweb.org

Estratto dal
Programma di ricerca del Consorzio INCA
a cura del Consiglio Scientifico – Marzo 2010

Macroarea II - Tecnologie

A) Tecnologie Pulite ed Energie Rinnovabili

Uno sviluppo industriale sostenibile, attento alle problematiche ambientali, ai consumi energetici, alla valorizzazione delle materie prime ed alla qualità dei prodotti finiti richiede un notevole sforzo di comprensione dei meccanismi molecolari che sono alla base delle trasformazioni chimiche, ed un adeguamento dei processi di produzione con l'introduzione di operazioni fondamentali più adatte alle nuove problematiche dello sviluppo sostenibile.

La progressiva riduzione dei processi di separazione basati sui passaggi di stato, indotti per via termica e il crescente sviluppo di operazioni di separazione non termiche tipo le separazioni molecolari a membrana ne sono tipici esempi.

L'impiego di fonti energetiche rinnovabili inoltre quali l'energia solare, eolica, geotermica, i gradienti salini, e dei cascami energetici dei processi produttivi richiede particolare attenzione. Queste fonti energetiche alternative molto bene si combinano inoltre con i nuovi processi di separazione non termici, capaci di operare in genere a temperatura ambiente o non di molto superiore.

Studi rivolti alla integrazioni di energie alternative nei processi di separazione e nelle trasformazioni chimiche sono di particolare importanza. Reattori fotochimici, reattori a membrane e reattori a membrane immerse (questi ultimi già considerati BAT nel trattamento delle acque municipali) sono interessanti campi di ricerca, con ancora notevoli potenzialità di sviluppo e di impatto di diversi cicli produttivi.

In particolare i bioreattori a membrana (Membrane Bioreactor MBR) rappresentano una tecnologia emergente di trattamento delle acque, che combina la crescita di una biomassa in sospensione, simile a quella di un processo convenzionale a fanghi attivi, con un sistema a membrana. La più ampia serie di condizioni sperimentali ammesse, la robustezza del sistema rispetto alle variazioni di carico, la ridotta dimensione, la possibilità di automatizzare la maggior parte delle operazioni, la bassa richiesta di manodopera di manutenzione, la ridotta sensibilità a variazione dei flussi idraulici, la facilità di scale-up per produzioni che vanno da meno di 1 m³/giorno a 100.000 m³/giorno, sono tutti vantaggi della tecnologia MBR fondamentale per la gestione delle acque.

B) Process Intensification

La capacità di soddisfare la crescente domanda di materie prime di energia e di prodotti entro le restrizioni imposte dall'attuazione di uno sviluppo sostenibile costituisce oggi un problema di estrema complessità per l'industria chimica. In questo contesto, le sfide future riguardano l'aumento di produttività mediante l'intensificazione e il controllo multi-scala dei processi, la progettazione di

operazioni e metodologie innovative, l'individuazione di procedure in grado di assecondare i crescenti standard di qualità richiesti al prodotto finito, l'implementazione di applicazioni computazionali in grado di gestire i vari stadi di un processo, dalla scala molecolare a quella industriale. Si definisce “**Intensificazione di Processo**” (PI) quella strategia volta al raggiungimento di sostanziali benefici nell'ambito dei vari cicli produttivi, secondo un approccio che mira ad una sostanziale riduzione (e, ove possibile miniaturizzazione) del volume delle apparecchiature. Nella pratica, il legame concettuale tra sostenibilità e dimensione fisica di n impianto produttivo assurge a linea-guida per la progettazione e realizzazione di nuovi dispositivi e per la formulazione di nuovi protocolli operativi, in grado di offrire interessanti contributi all'industria di processo in termini di *elevata flessibilità maggiore sicurezza, avanzata automazione, ridotto fabbisogno energetico, ecosostenibilità e minimizzazione dei sottoprodotti di scarto*.

Nell'ambito della Process Intensification vengono comunemente distinti due aspetti fondamentali: uno legato alla progettazione e sviluppo di nuove apparecchiature (hardware), l'altro connesso alla implementazione di nuovi metodi e protocolli operativi (software) sulla base di operazioni unitarie pre-esistenti. Ci si riferisce alla figura 1 per l'identificazione delle linee di ricerca di maggiore interesse.

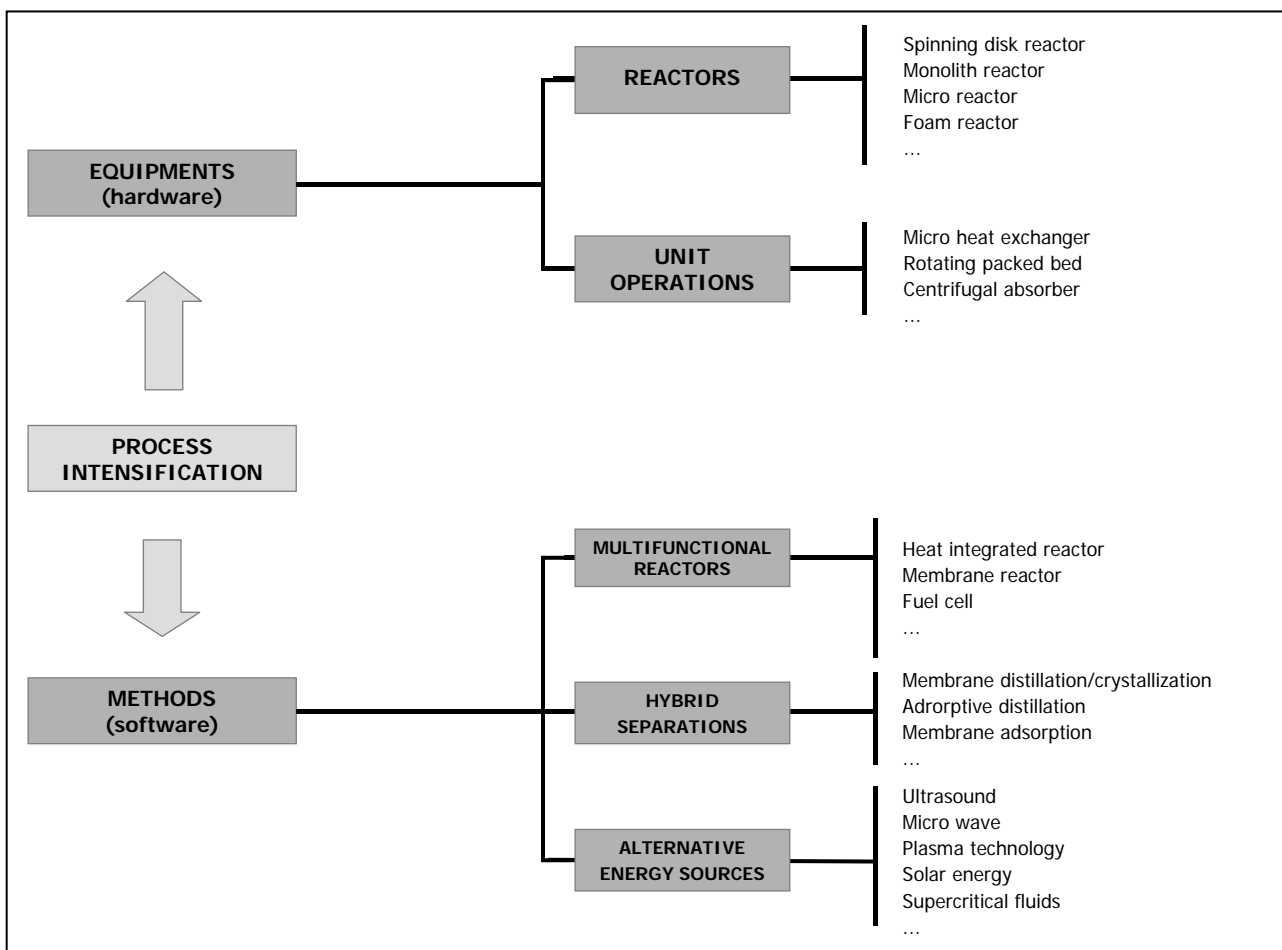


Fig. 1 Classificazione delle principali linee di ricerca nell'ambito della PI.

La recente *European Roadmap for Process Intensification* (2008) ha identificato i potenziali benefici per tre settori industriali di importanza strategica: **Petrochimico, farmaceutico e agroalimentare**. Nel settore petrolchimico, laddove il fabbisogno energetico condiziona in massima parte il costo del prodotto finale, l'aumento di efficienza energetica costituisce il presupposto per un sensibile miglioramento del processo sia da un punto di vista economico

(diminuzione dei costi totali), sia della sostenibilità (riduzione di gas serra). Nel settore farmaceutico, la competitività economica costituisce un obiettivo importante rispetto al quale la strategia di PI può offrire un significativo contributo attraverso l'aumento di selettività delle reazioni, di resa del processo e purezza del prodotto finale. I processi agro-alimentari sono generalmente caratterizzati dal fatto che si debbano trattare notevoli volumi di correnti liquide diluite sotto le restrizioni imposte dalla stabilità del materiale di partenza. La competitività economica è in massima parte influenzata sia dal costo del processo di trasformazione del prodotto, sia dal costo del processo di trattamento dei reflui, entrambi ottimizzabili sulla base dei criteri di PI. La Process Intensification si basa su principi spesso radicalmente innovativi ("paradigm shift"), la cui implementazione è subordinata al superamento di barriere concettuali e pratiche, le principali delle quali sono:

insufficiente know-how da parte dei tecnologi di processo;

carenza di impianti pilota ed elevato rischio (tecnico e finanziario) di implementazione di dispositivi PI su scala industriale operanti su linee di produzione esistenti;

elevato rischio (tecnico e finanziario) di sviluppo di prototipi su scala industriale;

sistemi di controllo non specificatamente sviluppati per i nuovi dispositivi PI;

insufficiente consapevolezza, a livello manageriale, dei benefici potenzialmente conseguibili mediante una strategia di PI.

Il superamento di tali barriere richiede una serie di azioni, parte delle quali di recente già intraprese: uno specifico supporto finanziario alla ricerca di base e applicata quale prerequisito al raggiungimento del "proof-of-concept" su scala laboratorio e al successivo sviluppo di prototipi su scala pilota (in questo senso, l'implementazione di strategie di Process Intensification costituisce una delle tematiche di ricerca finanziate dalla Comunità Europea nell'ambito del 7° Programma Quadro;

lo sviluppo di nuovi metodi analitici e di misura (anche in-situ) per una migliore comprensione degli aspetti termodinamici e cinetici caratteristici dei processi chimici a livello molecolare;

l'implementazione di modelli non-lineari più rapidi e robusti per la modellizzazione di reazioni chimiche;

il potenziamento delle azioni di "knowledge dissemination".

C) Biotecnologie Ambientali

fra le azioni da intendere per la salvaguardia dell'ambiente gli interventi basati su processi biologici (biotecnologie ambientali) sono destinati a una sempre più estesa applicazione in quanto, rispetto ai processi chimici e fisici, sono in genere meno onerosi dal punto di vista economico e più conservativi delle caratteristiche originali dell'ambiente naturale. Bisogna anche considerare lo **scaling-up** di processo con concorso di conoscenze e metodologie che appartengono non soltanto a differenti ambiti disciplinari, e a cui, per valutare la competitività di un processo biotecnologico in scala industriale la valutazione degli aspetti economici del processo produttivo che si vuole realizzare).

Alcuni settori delle biotecnologie ambientali caratterizzati da attività di ricerca e sviluppo fortemente innovative sono

la *Depurazione di acque reflue civili e industriali* (processi chimici e biologici e fisici, bioreattori, fotodegradazione, biofotodegradazione).

Processi bioelettrochimici: sviluppo di MFC (Microbial Fuel Cells) innovative con produzione di energia elettrica accoppiata a depurazione di effluenti inquinanti, impiego di elettrodi come donatori diretti di elettroni in processi di respirazione anaerobica, produzione di idrogeno, di metano e di composti ad elevato valore aggiunto in sistemi bioelettrochimici

Sviluppo di biosensori e nanobiosensori (per inquinanti liquidi e gassosi)

D) Biotecnologie Industriali

Stato dell'arte del settore in ambito internazionale e italiano

Con Biotecnologie Bianche si intendono le Biotecnologie Industriali e quelle Ambientali, ossia le biotecnologie di interesse sia per le industrie Farmaceutiche (antibiotici, vaccini, anticorpi monoclonali, vitamine, aminoacidi, eccipienti farmaceutici, etc) ed Alimentari (starter microbici, vitamine, aminoacidi, enzimi, proteine, acidi organici, etc), com'è nella tradizione delle biotecnologie industriali, sia per la moderna industria Chimica e Tessile (fine chemicals, building blocks, biopolimeri, biolubrificanti, etc.), quella Cosmetica (antimicrobici, antiossidanti, biopolimeri, etc), dell'energia (biocombustibili e biocarburanti, etc) e quella della protezione ambientale (biosensori, tecniche di biorisanamento, processi avanzati di biotratamento e biovalorizzazione di scarichi e rifiuti, ect).

Sulla spinta dell'aumento del costo del petrolio, si sono manifestati negli ultimi anni chiari segnali di un fortissimo impegno nelle biotecnologie bianche.

Si prevede in particolare una fortissima espansione dell'alternativa biologica agli attuali prodotti chimici (da 30 a 310 miliardi di US\$ nel periodo 2001 – 2010 contro un valore totale di questi prodotti che aumenta solo da 1200 a 1600 miliardi di US\$ nello stesso periodo).

Il mercato dei prodotti delle biotecnologie bianche è in rapida crescita anche in Europa con incrementi fra il 40 e il 70% (McKinskey, June 2008).

Di fronte a questa opportunità però il settore italiano delle Biotecnologie Bianche si presenta molto debole e diviso, rappresentato com'è da una serie di piccole o piccolissime Aziende assolutamente non competitive rispetto alle Aziende Multinazionali del settore.

Però esistono nel settore evidenti priorità di ricerca per una rapida e competitiva crescita in Italia.

1) Nuovi e/o migliorati processi biocatalitici per sintesi chimiche

Obiettivi specifici sono i seguenti:

- a) Ottimizzare l'attività degli enzimi e microrganismi esistenti;
- b) Metodologie rapide e efficienti per selezionarne dei nuovi;
- c) Formulazione di enzimi efficienti e di semplice utilizzo;
- d) Miglioramento della progettazione e ingegneria di processo

2) Strategie innovative e/o migliorate per la valorizzazione delle biomasse italiane e dei surplus, sottoprodotti, residui ed effluenti (incluse acque di scarico) dell'industria agroalimentare del Paese

Obiettivi specifici sono:

- a) Valorizzazione delle biomasse, e dei residui e sotto-prodotti dell'industria agroalimentare. Uso più razionale delle biomasse nazionali specifiche e alternative ai carboidrati. Obiettivo: adattare a queste biomasse i processi di bioconversione, migliorando l'attività e la sensibilità degli enzimi e dei microrganismi e identificando le sinergie con i processi tradizionali oleochimici.
- b) Sviluppo della prossima generazione di processi di fermentazione ad alta efficienza.

Obiettivi:

- Aumento delle rese di processo (engineering metabolico e bio, batteri specializzati, intensificazione di processo);
 - Migliore passaggio di scala;
 - Intensificazione del processo;
 - Riduzione dei residui (sviluppo di tecniche combinate e riciclo)
- c) Processi eco-efficiente e loro integrazione: bioraffinerie

Lo sviluppo di bioraffinerie richiede di sviluppare in maniera integrata un insieme di nuovi processi che permetta lo sfruttamento di tutte le componenti della biomassa di partenza. A tal fine è necessario studiare l'intero *biorefinery value chain* per ottimizzare i costi, ridurre le emissioni, integrare la produzione.

I seguenti aspetti, in particolare, sono i più critici:

- Economia ed eco-efficienza della produzione;
- Implementazione delle tecnologie di bioraffinazione;
- Identificazione delle molecole piattaforma (*bulk chemicals*)

3) Miglioramento dei bioprocessi per la produzione di biocombustibili da biomasse

- a) Processi di idrolisi di biomasse disponibili a basso costo;
- b) Processi di fermentazione ad etanolo;
- c) Processi per la formazione di biogas (biometano e bioidrogeno);
- d) Integrazione dei processi di biogas con sistemi di conversione a energia elettrica, quali celle a combustibili.

4) Strategie innovative e/o migliorate per il biorisanamento di siti ed acque contaminate

Risulta necessario studiare e sviluppare nuove tecnologie di biorimediazione, in particolare:

- a) Migliorare le conoscenze sui micro-organismi (batteri, funghi)
- b) Migliorare l'ingegneria di processo nelle specifiche condizioni *in situ*;
- c) Creare ed implementare nuovi *tools* biotecnologici per caratterizzazione dei siti, la progettazione degli interventi e la valutazione degli effetti.