

M417 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: CHIMICO**Tema di:** TECNOLOGIE CHIMICHE INDUSTRIALI, PRINCIPI DI AUTOMAZIONE E DI ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE**(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi sperimentali del Progetto "SIRIO" - Chimico)**

Il candidato realizzi il disegno dello schema descritto nel primo esercizio e, a sua scelta, risponda a due degli altri tre quesiti proposti.

- 1) Una miscela di due composti organici il cui comportamento può essere ritenuto ideale viene inviata in una colonna di rettifica continua al fine di separare i due componenti in prodotto di testa (distillato) e prodotto di coda (residuo).
L'operazione viene condotta a pressione moderatamente superiore a quella atmosferica e la miscela, prima di entrare nella colonna, viene opportunamente preriscaldata in uno scambiatore di calore. I vapori uscenti dalla testa della colonna subiscono una condensazione parziale in un condensatore refrigerato con acqua, al fine di realizzare il riflusso che ritorna nella colonna per gravità. Il vapore rimanente, passa in un secondo scambiatore di calore che, oltre a condensarlo totalmente, lo raffredda a temperatura prossima a quella ambiente. Tale condensato, raccolto in un serbatoio, costituisce il distillato che viene inviato a lavorazioni successive. Dal fondo della colonna, dotato di un ribollitore alimentato da vapore di rete, si ottiene il prodotto di coda che, opportunamente raffreddato, viene inviato ad altre lavorazioni. Il candidato ipotizzi almeno un recupero di calore ritenuto conveniente in tale tipo di processo e disegni lo schema dell'impianto idoneo a realizzare l'operazione proposta completo di apparecchiature accessorie (pompe, valvole, serbatoi.. ecc..) e delle regolazioni automatiche principali, rispettando, per quanto possibile, la normativa UNICHIM.
- 2) Un reattore discontinuo ben agitato deve essere mantenuto alla temperatura $T_r = 90\text{ }^\circ\text{C}$ con un circuito di riscaldamento alimentato da vapor d'acqua alla temperatura costante $T_v = 120\text{ }^\circ\text{C}$ che cede solo il suo calore latente di condensazione $\Delta H = 2200\text{ kJ/kg}$.
La potenza termica richiesta dal reattore è $W_t = 12\text{ kW}$ ed il vapore percorre un serpentino che circonda con un percorso elicoidale la parete esterna del reattore. Tale serpentino è realizzato con la metà di un tubo tagliato longitudinalmente e saldato sulla parete esterna del reattore.
Il diametro di tale tubo è $d = 0,040\text{ m}$ ed il diametro esterno del reattore è $D = 1,50\text{ m}$. Il coefficiente globale di scambio termico in tale apparecchiatura è $U_t = 0,5\text{ kW/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$.

M417 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: CHIMICO

Tema di: TECNOLOGIE CHIMICHE INDUSTRIALI, PRINCIPI DI AUTOMAZIONE E DI ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE

(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi sperimentali del Progetto "SIRIO" - Chimico)

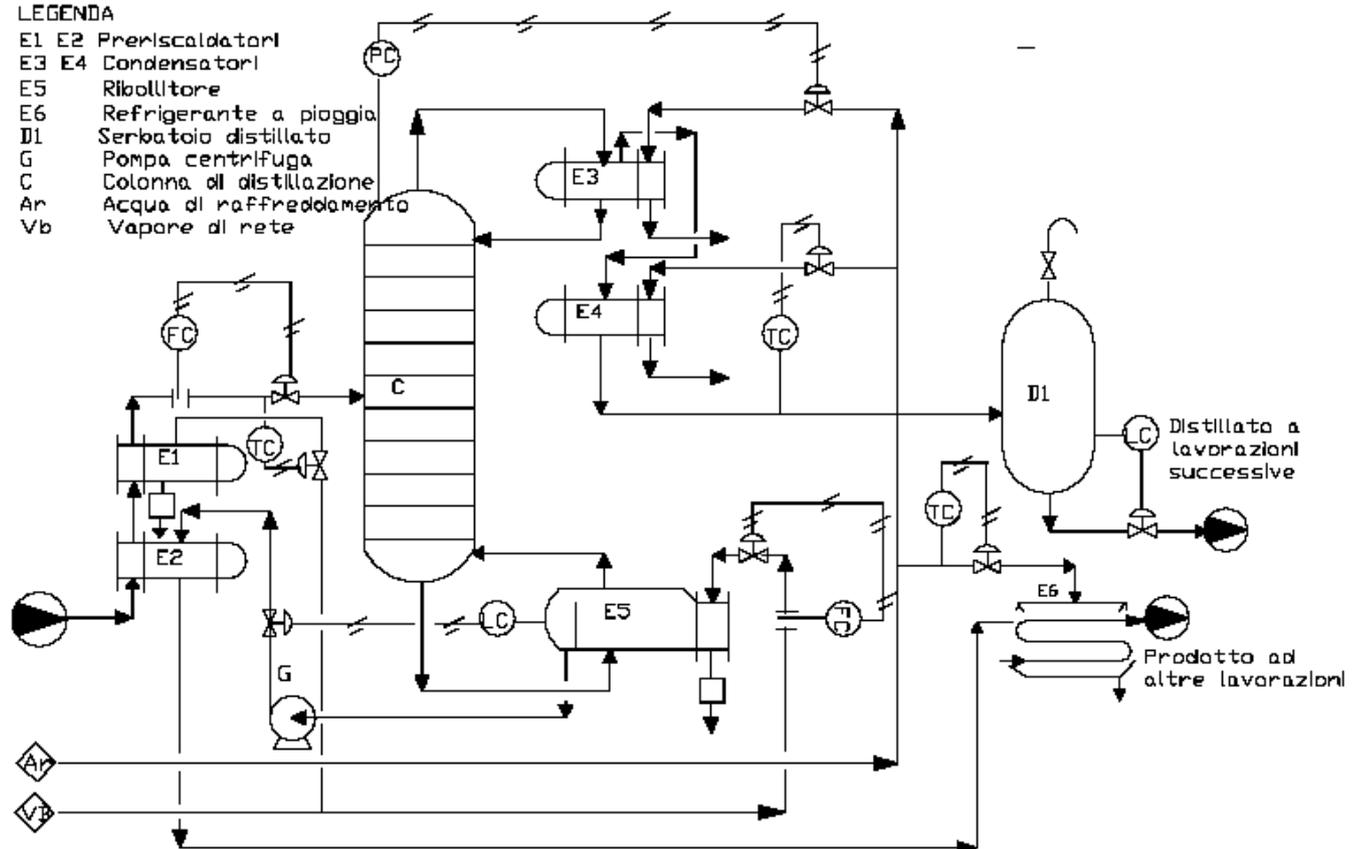
Con i dati a disposizione il candidato calcoli:

- a) la portata oraria di vapore d'acqua necessario per realizzare il riscaldamento;
 - b) l'area di scambio termico richiesta da questa operazione;
 - c) la lunghezza totale del serpentino che avvolge il reattore
 - d) il numero approssimativo di spire di tubo che saranno avvolte sulla parete del reattore.
- 3) Gli antibiotici costituiscono un importante settore di applicazione dei processi fermentativi. Il candidato illustri, a sua libera scelta, il biochimismo di un antibiotico tra quelli da lui studiati e descriva, a grandi linee, il processo produttivo idoneo alla sua realizzazione su scala industriale completo anche dei sistemi idonei allo smaltimento dei sottoprodotti generati da tale lavorazione.
- 4) Il petrolio come combustibile sembra destinato, in breve tempo, a dover essere in gran parte sostituito da fonti di energia meno dannose per il clima del nostro pianeta. Il candidato, sulla base di quanto ha appreso nel corso dei suoi studi, ipotizzi un verosimile ruolo dell'industria chimica come produttrice di sostanze idonee a fornire energia con un impatto ambientale accettabile.

Quesito No.1

LEGENDA

E1 E2	Preiscaldatori
E3 E4	Condensatori
E5	Ribollitore
E6	Refrigerante a pioggia
D1	Serbatoio distillato
G	Pompa centrifuga
C	Colonna di distillazione
Ar	Acqua di raffreddamento
Vb	Vapore di rete



QUESITO N° 2

a) Portata oraria del vapore (V): è data dal rapporto tra la potenza termica richiesta e il calore ceduto dall'unità di massa del vapore, rapportato all'ora.

$$V = \frac{W_t}{\Delta H} \cdot 3600 \text{ s/h} = \frac{12 \text{ kW}}{2200 \text{ kJ/kg}} \cdot 3600 \text{ s/h} = 19,6 \text{ kg/h}$$

b) Area di scambio. Tenendo conto che lo scambio avviene tra le temperature costanti del reattore a 90° e del vapore a 120° , l'area di scambio si ricava dall'equazione di trasporto del calore:

$$W_t = A \cdot U_t \cdot \Delta T, \text{ con } \Delta T = T_v - T_r = 120 - 90 = 30^\circ\text{C}$$

da cui

$$A = \frac{W_t}{U_t \cdot \Delta T} = \frac{12 \text{ kW}}{0,5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 30^\circ\text{C}} = 0,8 \text{ m}^2$$

c) Lunghezza del serpentino a semitubo. L'area di scambio può essere assunta pari al piano diametrico del semitubo che avvolge il reattore, quindi:

$$A = d \cdot L$$

da cui

$$L = \frac{A}{d} = \frac{0,8m^2}{0,040m} = 20m$$

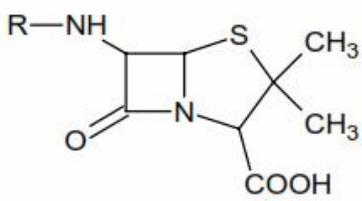
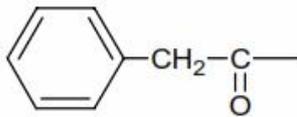
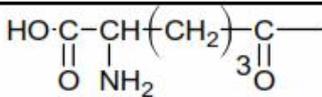
d) Il numero di spire è dato dal rapporto tra la lunghezza del serpentino e la circonferenza esterna del reattore:

$$Ns = \frac{L}{\pi \cdot D} = \frac{20m}{3,14 \cdot 1,5m} = 4$$

QUESITO N. 3

La produzione di penicillina G riveste particolare importanza non solo per la sua attività farmacologica ma anche perché ormai è diventata un'importante materia prima per la produzione di diversi tipi di penicilline e cefalosporine semisintetiche che permettono di superare il continuo insorgere della resistenza nei ceppi batterici responsabili delle patologie che si vogliono combattere.

Le penicilline naturali sono prodotte da diverse specie fungine, soprattutto del genere *Penicillium* e *Aspergillus*, e differiscono tra loro per la struttura della catena laterale (v. tab.). Per la penicillina G sono stati selezionati da tempo ceppi di *Penicillium Chrysogenum* con cui si riescono ad ottenere concentrazioni di alcune decine di grammi per litro.

Penicillina generica	Gruppo R	Penicillina
		Penicillina G
		Isopenicillina N

Aspetti biochimici

La penicillina è un metabolita secondario, la cui formazione non è collegata direttamente alla crescita del fungo. Comincia a formarsi alla fine della fase di crescita illimitata (log fase) e prosegue in quella stazionaria (idiofase). Ne derivano esigenze colturali diverse per la fase iniziale, in cui si deve favorire la crescita del fungo, e per quella finale in cui si vuole massimizzare la produzione dello specifico antibiotico.

Tipicamente, la base per il terreno di coltura è costituita dalle acque di macerazione del mais (*corn steep liquor*), ricco di aminoacidi, sali minerali, vitamine e con un buon contenuto di zuccheri. Altri componenti importanti sono olio o farina di soia e di pesce, lattosio, glucosio, amidi e acido fenilacetico, il precursore della catena laterale.

La formazione della penicillina è inibita dalla presenza di glucosio (repressione da catabolita) e in pratica non ha luogo finché c'è un eccesso di fonti di carbonio. Quindi il dosaggio iniziale del glucosio è fatto in modo da assicurare la crescita voluta. Nella fase di produzione dell'antibiotico è comunque necessario assicurare una fonte di carbonio. Un tempo si utilizzava il lattosio (disaccaride galattosio–glucosio), aggiunto fin dall'inizio, dato che anche per questa sostanza vale la repressione catabolica, per cui nel brodo si idrolizza molto lentamente. Attualmente, grazie anche al miglioramento dei sistemi di controllo, si preferiscono piccole aggiunte (*fed batch*), perfettamente dosate, del più economico glucosio.

La biosintesi della penicillina comincia dall'acido α -L-amminoadipico, che ritroviamo nella catena laterale dell'isopenicillina N. Questo composto è anche un intermedio della biosintesi della lisina, la cui formazione è regolata da un controllo enzimatico in retroazione (*feed back*), cioè la presenza del prodotto, la lisina, inibisce la via biosintetica. Quindi si deve evitare la presenza di lisina nel brodo di coltura.

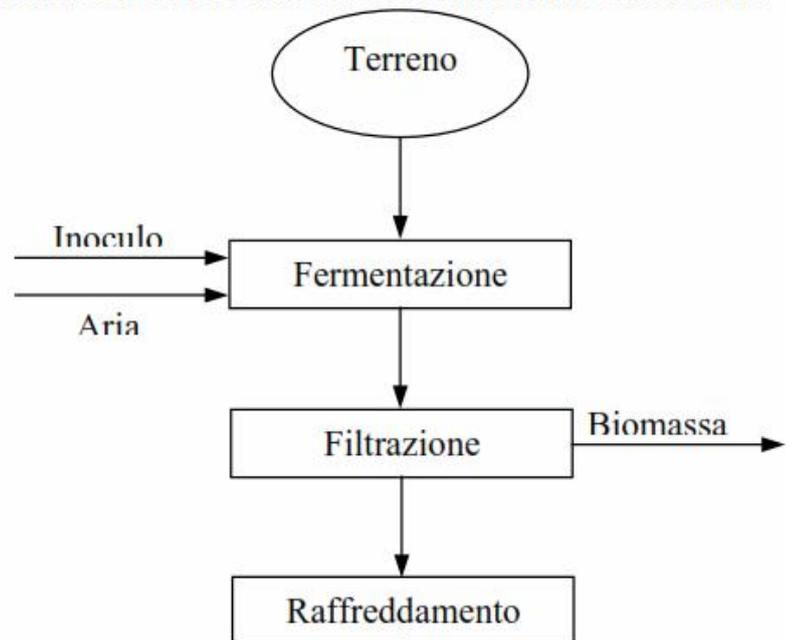
L'acido α -L-amminoadipico forma prima un dipeptide con la L-cisteina e, poi, con la L-valina un tripeptide che ciclizza a dare la isopenicillina N. Segue la transacilazione per la presenza nel brodo di coltura dell'acido fenilacetico e si arriva alla Penicillina G.

La produzione della penicillina non continua a tempo indeterminato. Anche la sua biosintesi è regolata in retroazione: man mano che si accumula nel brodo aumenta l'inibizione alla sua sintesi. In pratica la fase produttiva dura alcuni giorni.

Aspetti impiantistici

Lo schema a blocchi del processo produttivo è riportato nella figura accanto.

Dopo la fermentazione si separa la biomassa e inizia il recupero della penicillina che deve tener conto delle caratteristiche della sostanza (è un acido carbossilico di media forza). Per poterla estrarre dalla fase acquosa, si acidifica per spostare l'equilibrio verso la forma indissociata, ma si deve raffreddare a bassa temperatura perché la penicillina non è



stabile in ambiente acido. Per lo stesso motivo si usano degli estrattori centrifughi ad alta efficienza per minimizzare la permanenza a basso pH. Dopo l'estrazione si tratta con una base acquosa e, aggiustando il pH, si fa precipitare. Segue la separazione ed il lavaggio del precipitato cristallino che poi viene essiccato.

Smaltimento sottoprodotti

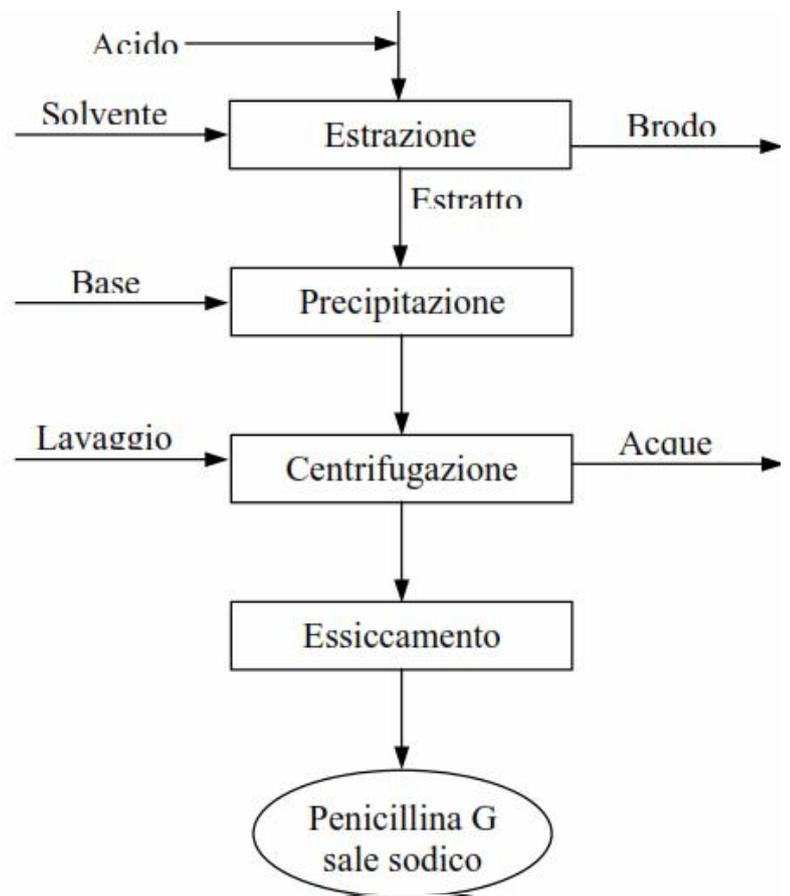
Il tema parla di sottoprodotti, non di reflui, quindi, in questo caso, ci si può limitare al trattamento della biomassa, escludendo il trattamento delle acque reflue.

La biomassa, in questo caso il micelio fungino, è il principale sottoprodotto di molti processi di fermentazione, anzi, in alcuni processi è il prodotto principale. Per sua stessa natura, ha un buon contenuto di sostanze bioattive, quali proteine, vitamine, ormoni, rendendolo, p.e., un integratore di valore per l'alimentazione animale.

In questo caso, la presenza di penicillina nel micelio, ne rende impossibile l'utilizzo e difficile lo smaltimento.

I trattamenti biologici tradizionali non sono applicabili per l'attività antibiotica propria della penicillina.

Possibili trattamenti possono essere di tipo chimico-fisico o biologico. I trattamenti chimico-fisici prevedono l'acidificazione seguita dall'essiccamento ad alta temperatura per provocare la decomposizione della penicillina; comportano però un certo dispendio energetico. I trattamenti biologici, più recenti, utilizzano ceppi di microrganismi resistenti all'antibiotico, p.e. di lattobacilli. La resistenza insorge quando il microrganismo acquista la capacità di sintetizzare la β -lattamasi, un enzima in grado di idrolizzare l'anello β -lattamico nella molecola della penicillina. Si opera in anaerobiosi, addizionando il micelio di carboidrati come fonte di carbonio. Avviene una fermentazione lattica e si ottiene un prodotto privo di penicillina, non maleodorante ed idoneo sia ad essere utilizzato come integratore o fertilizzante, sia ad essere smaltito con i metodi tradizionali.



Schema a blocchi per la produzione di penicillina

QUESITO 4

L'uso del petrolio come fonte energetica pone delle problematiche ambientali a due livelli. Il primo è l'immissione di anidride carbonica in quantità massicce nell'ambiente che, per effetto serra, potrebbe provocare il riscaldamento del pianeta con inevitabili ripercussioni sul clima a livelli globali. Il secondo è l'immissione a livello locale dei tipici inquinanti delle combustioni, come ossidi d'azoto, biossido di zolfo, particolato.

L'industria chimica può dare valide risposte alle due problematiche. Nel primo caso la risposta è data dall'uso di combustibili derivate dalle biomasse. In tal modo l'immissione di CO₂ non contribuisce ad incrementare l'effetto serra, in quanto deriva da composti a loro volta ottenuti per fotosintesi, cioè per organicazione della CO₂ atmosferica. La produzione di biocarburanti può seguire diversi processi. Il bioetanolo può essere prodotto per fermentazione di sostanze ricche di carboidrati. I mono e i disaccaridi possono essere fermentati direttamente. I polisaccaridi, come amidi e cellulosa devono essere idrolizzati preventivamente. Per gli amidi si ricorre agevolmente all'idrolisi enzimatica. Per la cellulosa si ricorre generalmente all'idrolisi chimica che pone problemi di reflui. Il bioetanolo si può aggiungere tal quale alle benzine per motori a ciclo otto o, si può trasformare, per reazione con isobutene in etil terz-butil etere (ETBE). Dai grassi, per transesterificazione con metanolo o etanolo si ottiene il biodiesel. Tutte le biomasse sono in una qualche misura gasificabili per digestione anaerobica o con processi simili a quelli di gasificazione di materiali carboniosi, permettendo così di ottenere un vasta tipologia di carburanti.

Il secondo problema si affronta producendo carburanti e combustibili puliti, principalmente l'idrogeno, che non è disponibile libero in natura ma si può ottenere facilmente da sostanze contenenti carbonio e idrogeno e che costituisce il combustibile pulito per eccellenza.