



FKITMCMXIX

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog
inženjerstva i tehnologije



Reaktori i bioreaktori

Uvodno predavanje - Bioreaktori

Prof. dr. sc. Zvezdana Findrik Blažević

**2 kolokvija: jedan teorijski + jedan računski:
6 + 6 bodova
popravni kolokvij**

Program predavanja

Kroz ovaj kolegij studenti će se upoznati s temeljnim principima i potrebnom metodologijom za razvoj i izvedbu bioreaktora koji se koriste u zaštiti okoliša

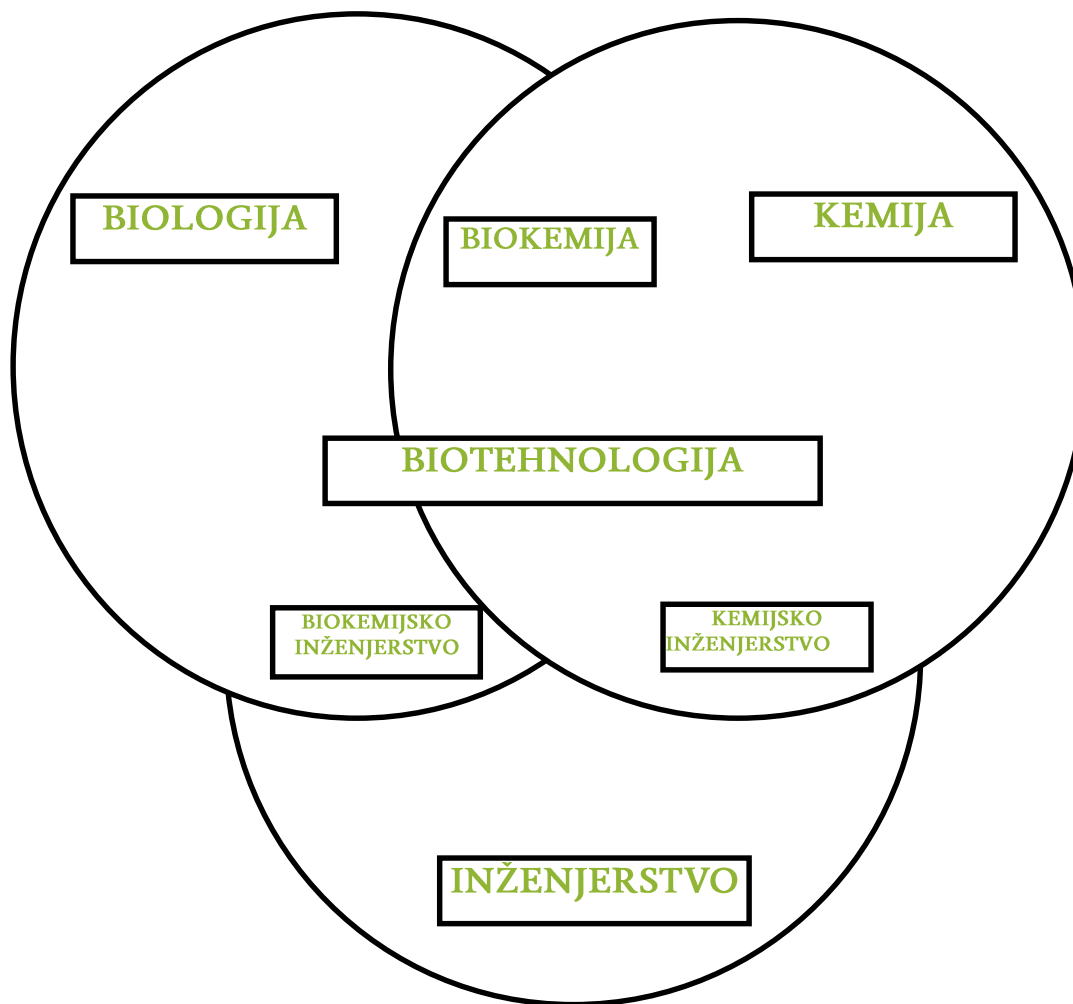
Osnove bioreakcijske tehnike, Biokatalizatori, Mikroorganizmi, Enzimska kinetika, Mikrobiološka kinetika, Stehiometrija bioprocesa- Iskorišćenje, Nestrukturni modeli, Bioreaktori –Kemostat, bioreaktor s dotokom. Bioreaktor s povratnim tokom biomase. Kaskada bioreaktora, Aeracija – Prijenos tvari plin-kapljevina - $k_L a$.

Primjeri na seminaru

Literatura

1. Z. Gomzi, “*Kemijski reaktori*”, HINUS, Zagreb (1998)
2. O. Levenspiel, “*Chemical Reaction Engineering*”, 3rd ed. J. Wiley & Sons, New York (1999)
3. J.E. Bailey, D.F. Ollis, “*Biochemical Engineering Fundamentals*”, McGraw-Hill (1986).
4. K. van't Riet, J. Tramper, “*Basic Bioreactor Design*”, M. Dekker, New York, (1991)

Biotehnologija



Biotehnologija

Europska federacija za biotehnologiju 1981. godine:

“Biotehnologija je iskorištavanje mogućnosti biosustava (mikroorganizama i staničnih linija životinjskog ili biljnog porijekla, kao i njihovih dijelova) u bioindustriji (prehrambenoj, farmaceutskoj, kemijskoj i poljoprivrednoj) i zaštiti okoliša, koje je omogućeno međusobno povezanom upotrebom prirodnih (biologija i kemija) i tehničkih (kemijsko inženjerstvo, elektrotehnika i strojarstvo) znanosti.”

Zašto biotehnologija?

Ekonomska realizacija (mikro)bioloških procesa u industriji – potrebna različita znanja.

Biotehnologija nije znanost nego je to multidisciplinarno područje rada.

From its very beginning some 50 years ago, modern biotechnology was an interdisciplinary endeavour requiring knowledge, methods and expertise from fields such as biochemistry, genetics, chemistry, computer science, and chemical engineering. With the advent of recombinant DNA technology exciting new tools and opportunities became available. The biochemical engineering community has responded well to this revolution. A new breed of biochemical engineers working with colleagues from other disciplines has successfully implemented many new discoveries into manufacturing processes. [(9) Hu W.S., Swartz J.R., Biochemical Engineering Fundamentals: The Foundations of Our Profession. Editorial, Biotechnol. Prog., 14 (1998) 1-2.]

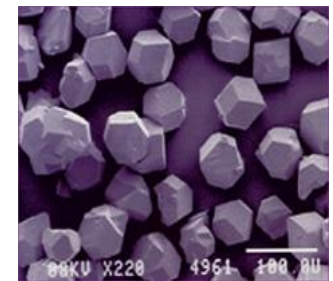
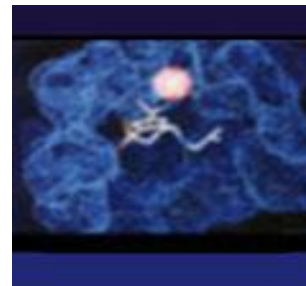
- Grci proizvodili vino
 - Sumerani i Babilonci proizvodili pivo
 - Egipćani pekli kruh s kvascem
- 7 •Proizvodnja alkohola i organskih kiselina fermentacijom – 19 st.

Značajke biološkog materijala

veoma osjetljiv – fiziološki uvjeti : pH oko 7,

$T = 20-50\text{ }^{\circ}\text{C}$

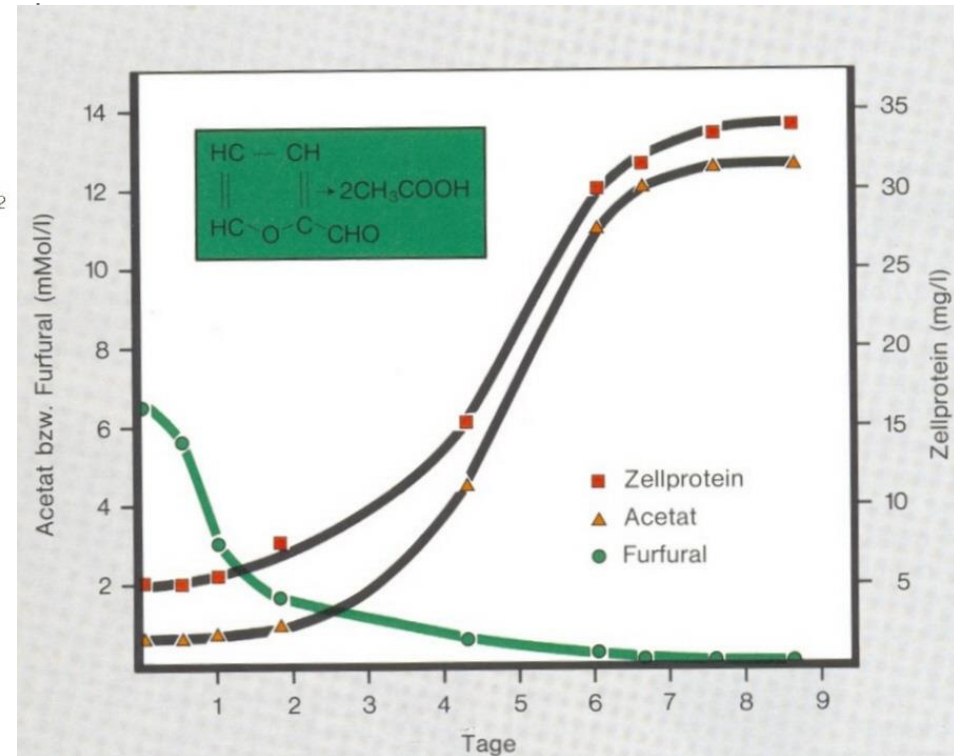
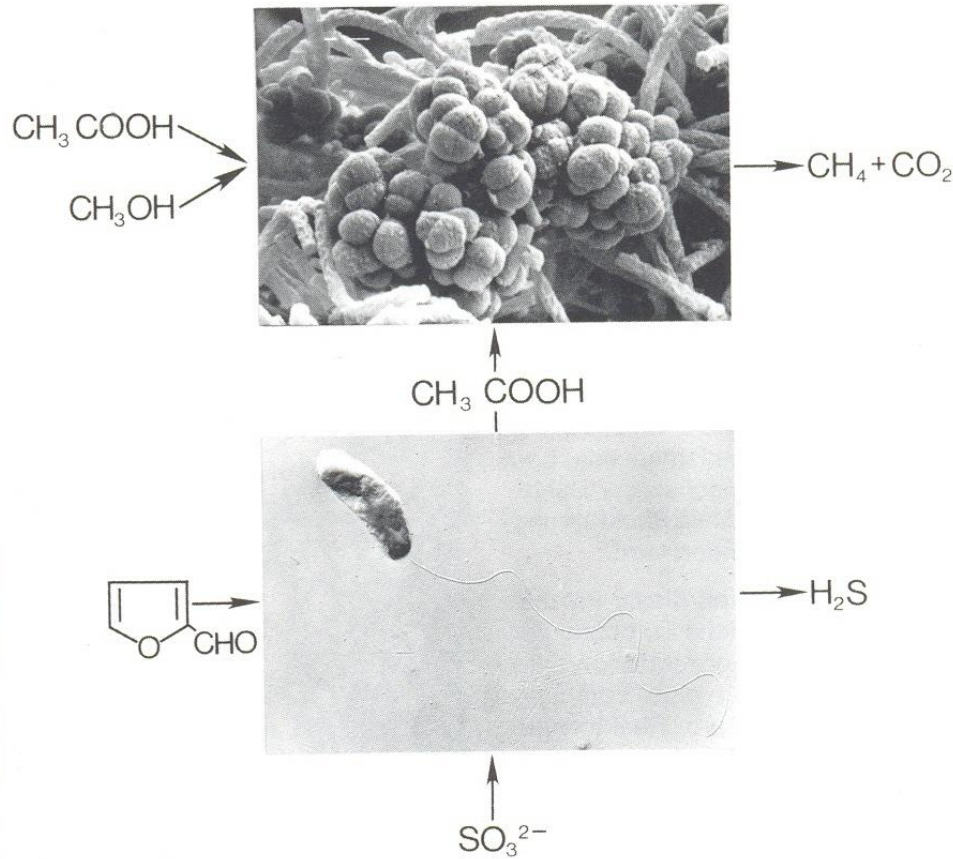
normalan tlak, razrijeđene najčešće vodene otopine



Razlike kemijskog i biokemijskog inženjerstva

Posebnosti bioloških sustava su dovele do različitosti kemijskog i biokemijskog inženjerstva

Anaerobna razgradnja organskih tvari



Zaštita okoliša može biti i ekonomična, a ne samo trošak za industriju

Razlike kemijskog i biokemijskog inženjerstva

KEMIJSKO INŽENJERSTVO

Prijenos tvari i topline

Kemijska reakcijska kinetika

Mehanički i termički separacijski procesi

Teorija modela - teorija sličnosti

BIOKEMIJSKO INŽENJERSTVO

Sterilizacija

Biokemijska reakcijska kinetika

Posebni separacijski procesi (membranski procesi, ekstrakcija u dvije vodene faze, afinitetna kromatografija)

Imobilizacija biološkog materijala

Specijalna osjetila (senzori)

Posebne značajke bioprocesa

Reakcijska smjese

reologija

fenomen rasta biološkog materijala

mala mehanička čvrstoća

temperaturna osjetljivost

Uvjeti rada

sterilnost

Mjerenje i kontrola procesa

dovod kisika

posebna osjetila (senzori)

Obrada bioprodukata

izdvajanje biomase

otvaranje stanice

Biokemijsko inženjerstvo

Biokemijsko inženjerstvo je primjena inženjerstva na biološke i biokemijske procese i u tom kontekstu je kao i biokemija ili mikrobiologija posebna znanstvena disciplina.

M. Zlokarnik, 1985

- znanstveno opisati pojedine dijelove biološkog procesa, kao i proces u cjelini – razvoj procesa, projektiranje, oblikovanje i odabir uređaja za provođenje procesa
- *Biochemical Engineering*: The common and cohesive thread is a quantitative approach to the utilisation of biochemical reactions and processes.

- Priprava supstrata

(UPSTREAM PROCESSING)

sterilnost i precizno doziranje

- Biokonverzija

(BIOREAKCIJSKO INŽENJERSTVO)

bioreaktori

- Obrada produkata

(DOWNSTREAM PROCESSING)

izolacija produkta

KEMIJSKO REAKCIJSKO INŽENJERSTVO

je znanstvena disciplina koja proučava kemijske procese u kemijskim reaktorima u cilju industrijske proizvodnje proizvoda koji su produkti kemijske (kataličke) reakcije.

BIOREAKCIJSKO INŽENJERSTVO

je znanstvena disciplina koja proučava bioprocese u bioreaktorima u cilju industrijske proizvodnje proizvoda koji su bioprodukti, a dijeli se na:

ENZIMSKO REAKCIJSKO INŽENJERSTVO

je znanstvena disciplina koja proučava biokemijske procese u enzimskim reaktorima u cilju industrijske proizvodnje proizvoda koji su produkti biotransformacija (biokatalitičkih reakcija).

MIKROBNO REAKCIJSKO INŽENJERSTVO

je znanstvena disciplina koja proučava biološke procese u bioreaktorima (fermentorima) u cilju industrijske proizvodnje proizvoda koji su primarni ili sekundarni metaboliti bioloških procesa.

Bioreaktor

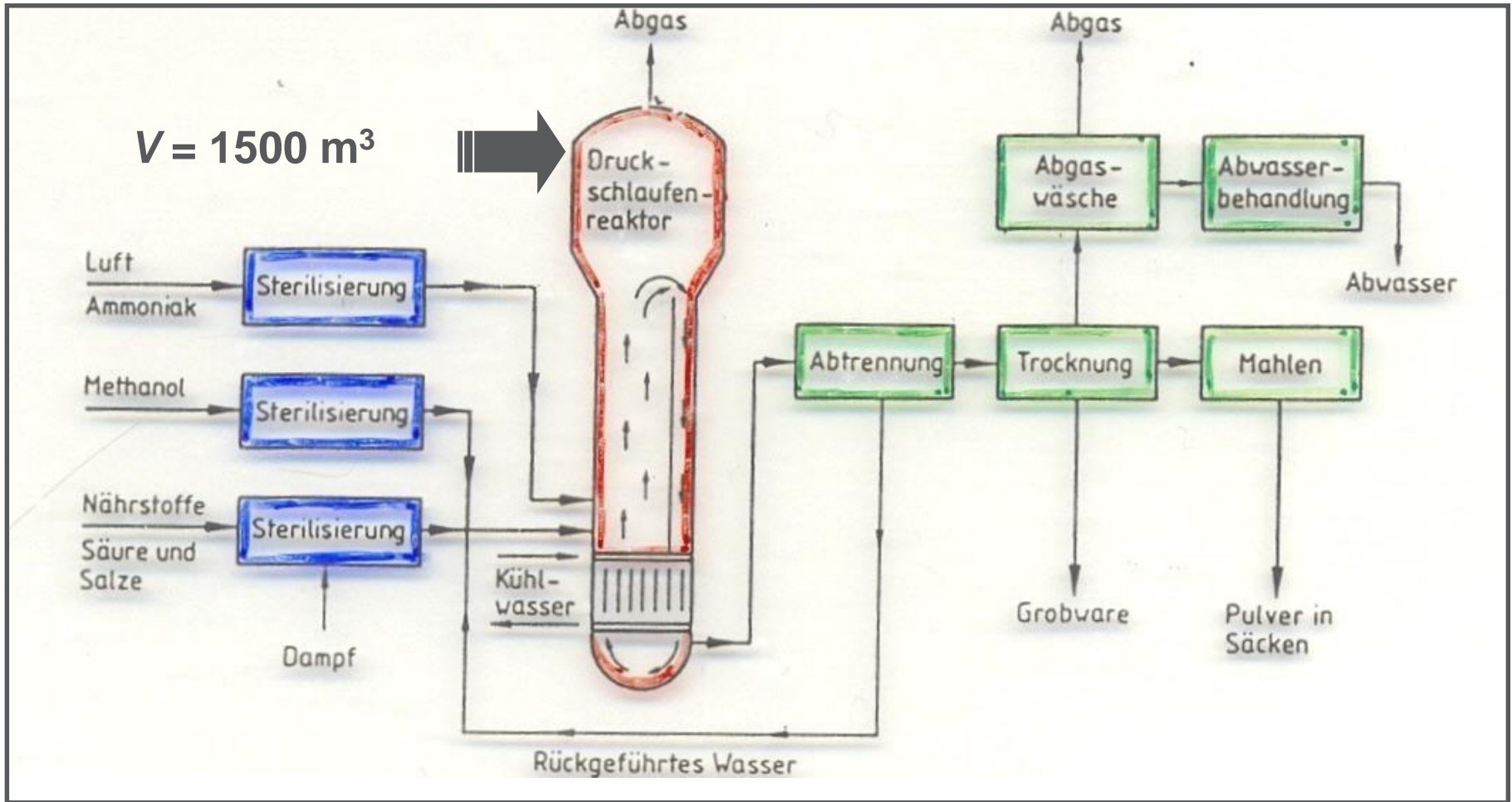


0,12 kg proteina/dan



360 kg proteina/dan

Bioreaktor



18 1960. godina
Problem sterilnosti u reaktoru

Bioreaktor



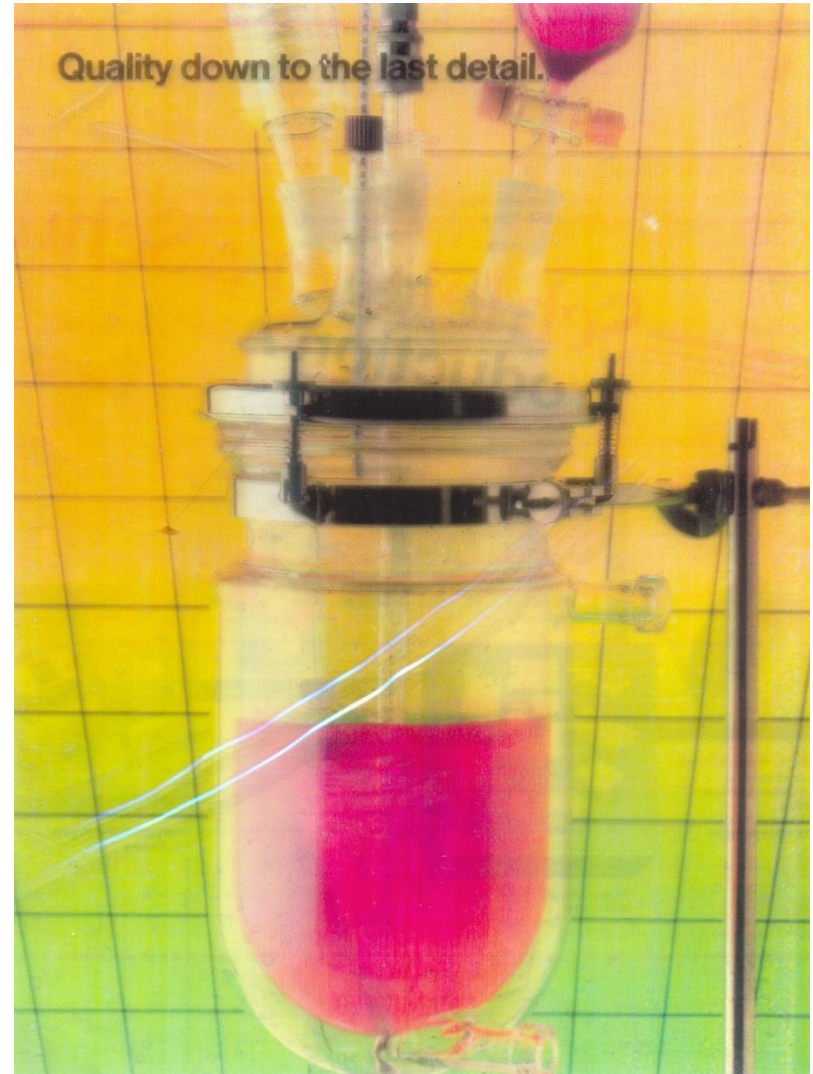
Bioreaktor

- automatizacija procesa – manja šansa za kontaminaciju
- kontrola procesa
- smanjenje broja ljudi
- cijena nafte



A FUTURISTIC VIEW ON BIOTECHNOLOGY

Reaktor- Bioreaktor

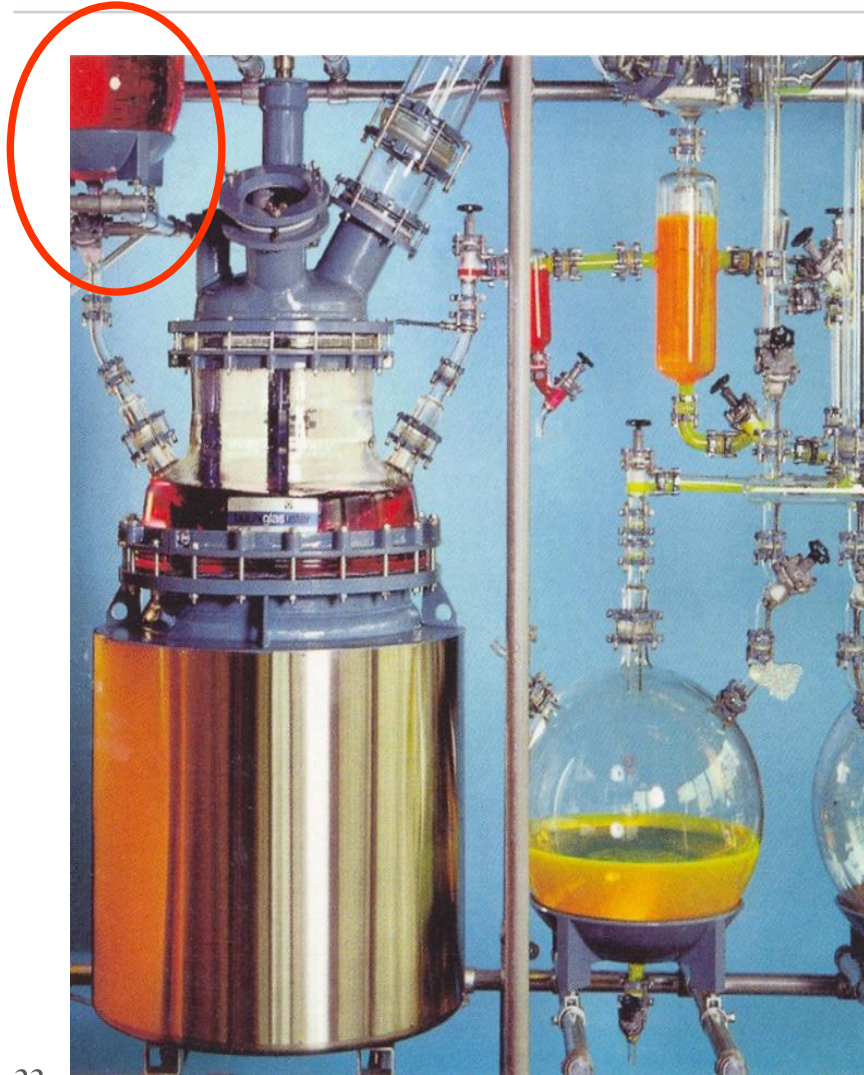




FKIT MCMXIX



Reaktor- Bioreaktor





Reaktor- Bioreaktor

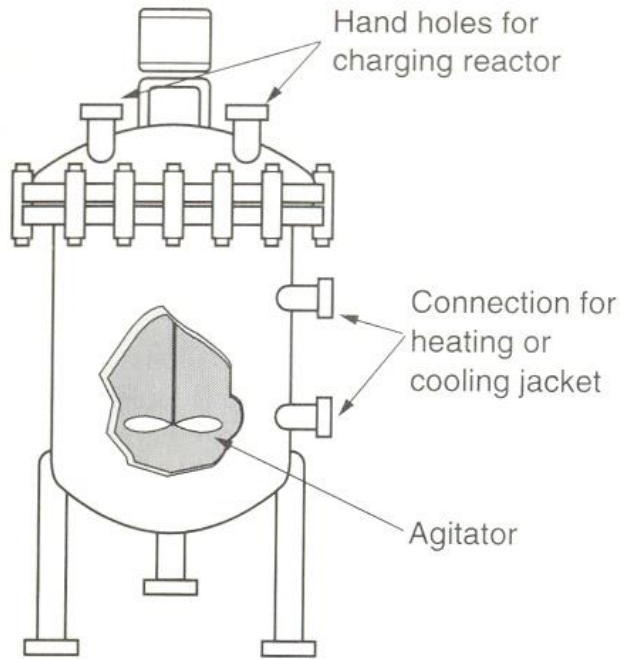
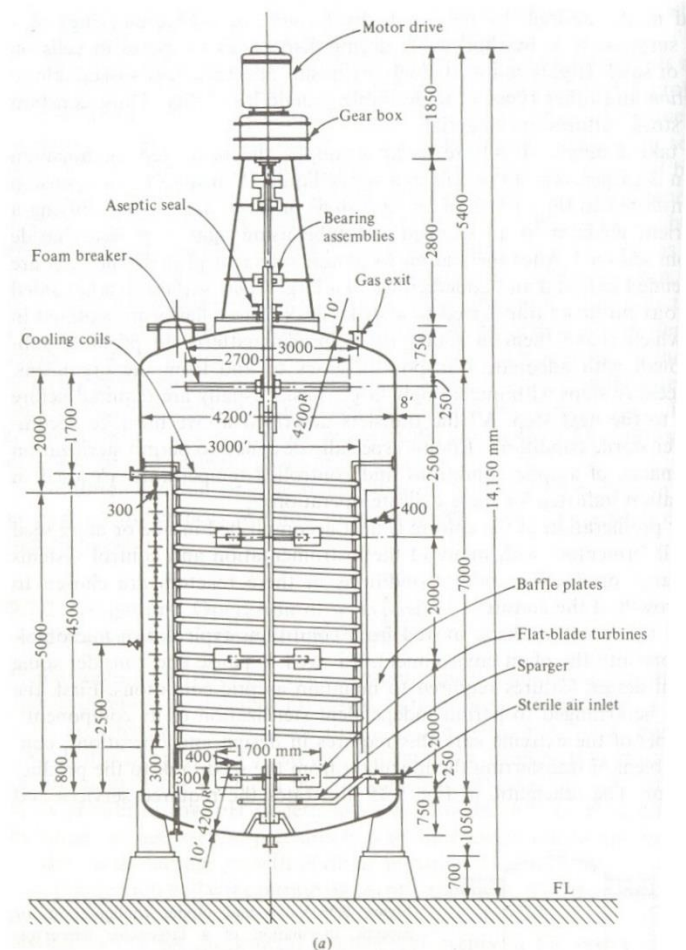


Figure 1-8 Simple batch homogeneous reactor. [Excerpted by special permission from *Chem. Eng.*, 63(10), 211 (Oct. 1956). Copyright 1956 by McGraw-Hill, Inc., New York, NY 10020.]



Reaktor- Bioreaktor

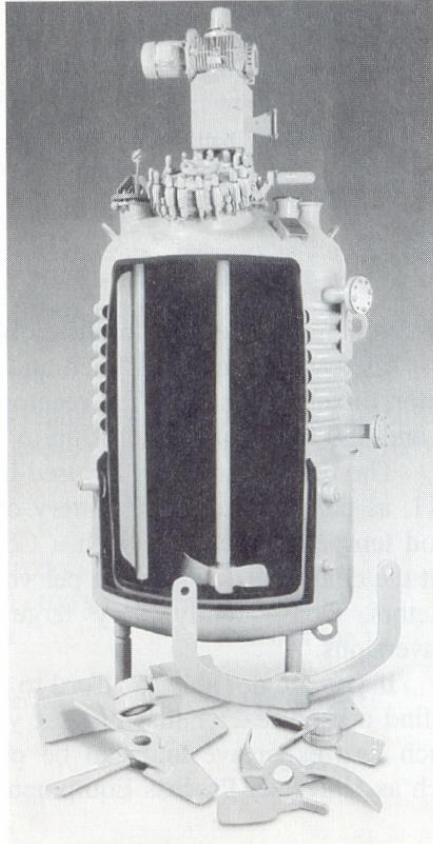
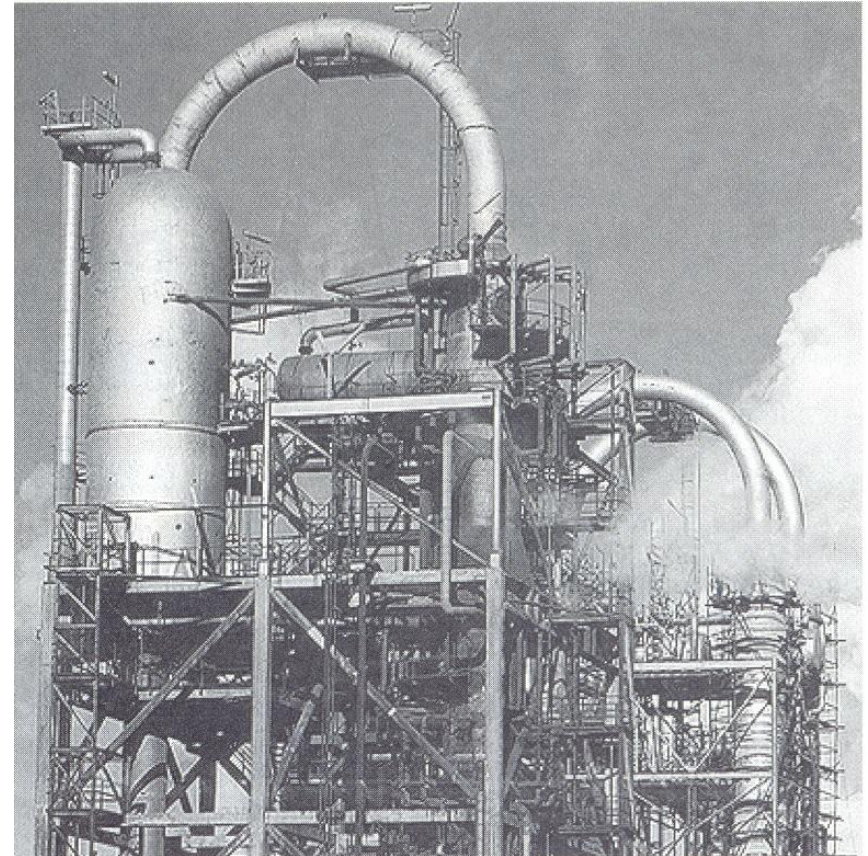


Figure 1-10 CSTR/batch reactor. (Courtesy of Pfaudler, Inc.)



The reactor is 3.5 m in diameter and 38 m tall.

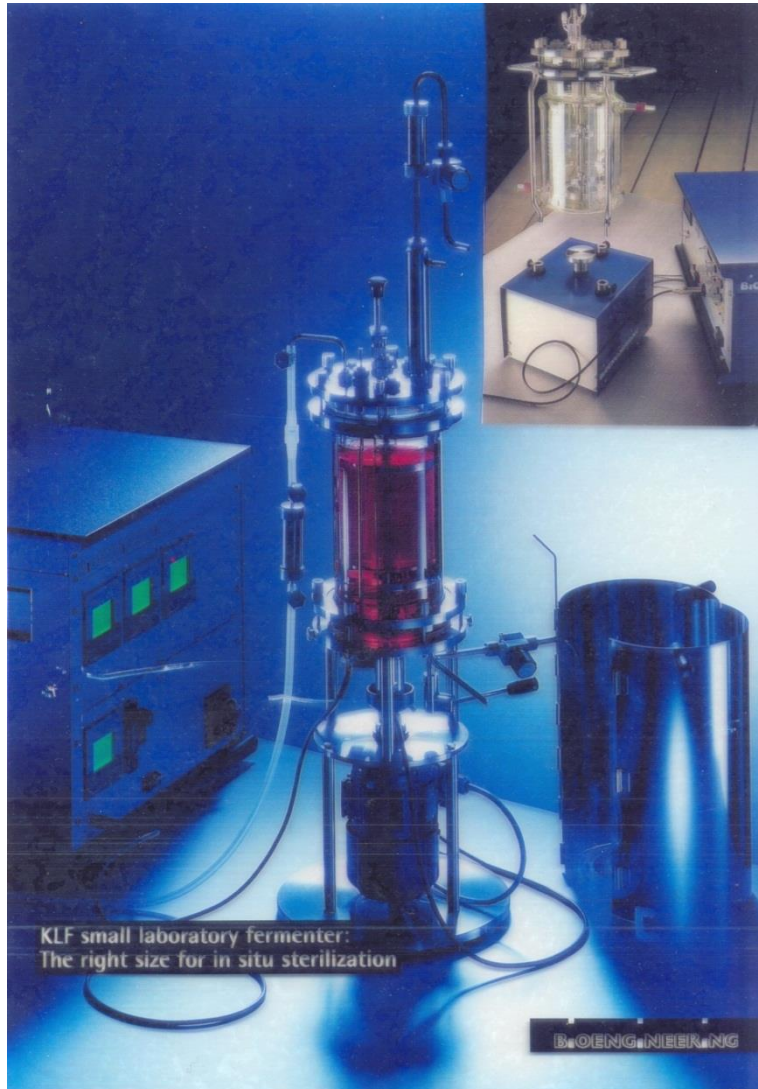


FKITMCMXIX



Reaktor- Bioreaktor

- obrazovaniji radnici
- automatizirana kontrola procesa (pH, T , p)
- vođenje procesa



Reaktor- Bioreaktor



- vođenje procesa
- kontrola procesnih uvjeta



FKITMCMXIX



Reaktor- Bioreaktor



Čist i uredan pogon
Automatsko vođenje – farmaceutska
industrija

Reaktor- Bioreaktor



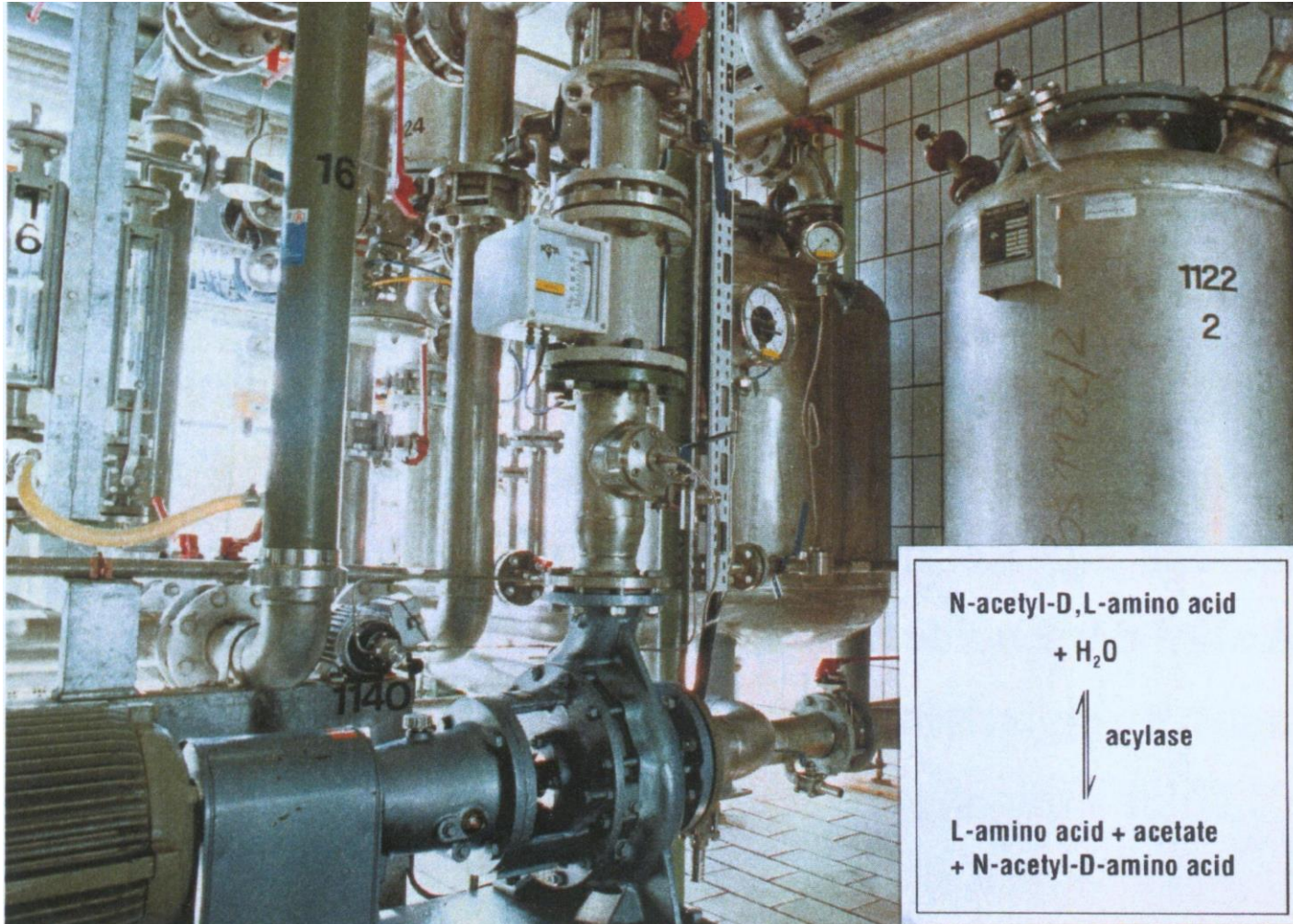
- zaštita radnika u pogonu
- sigurnosni propisi
- EU certifikati
- rad s patogenim mikroorganizmima



FKIT MCMXIX



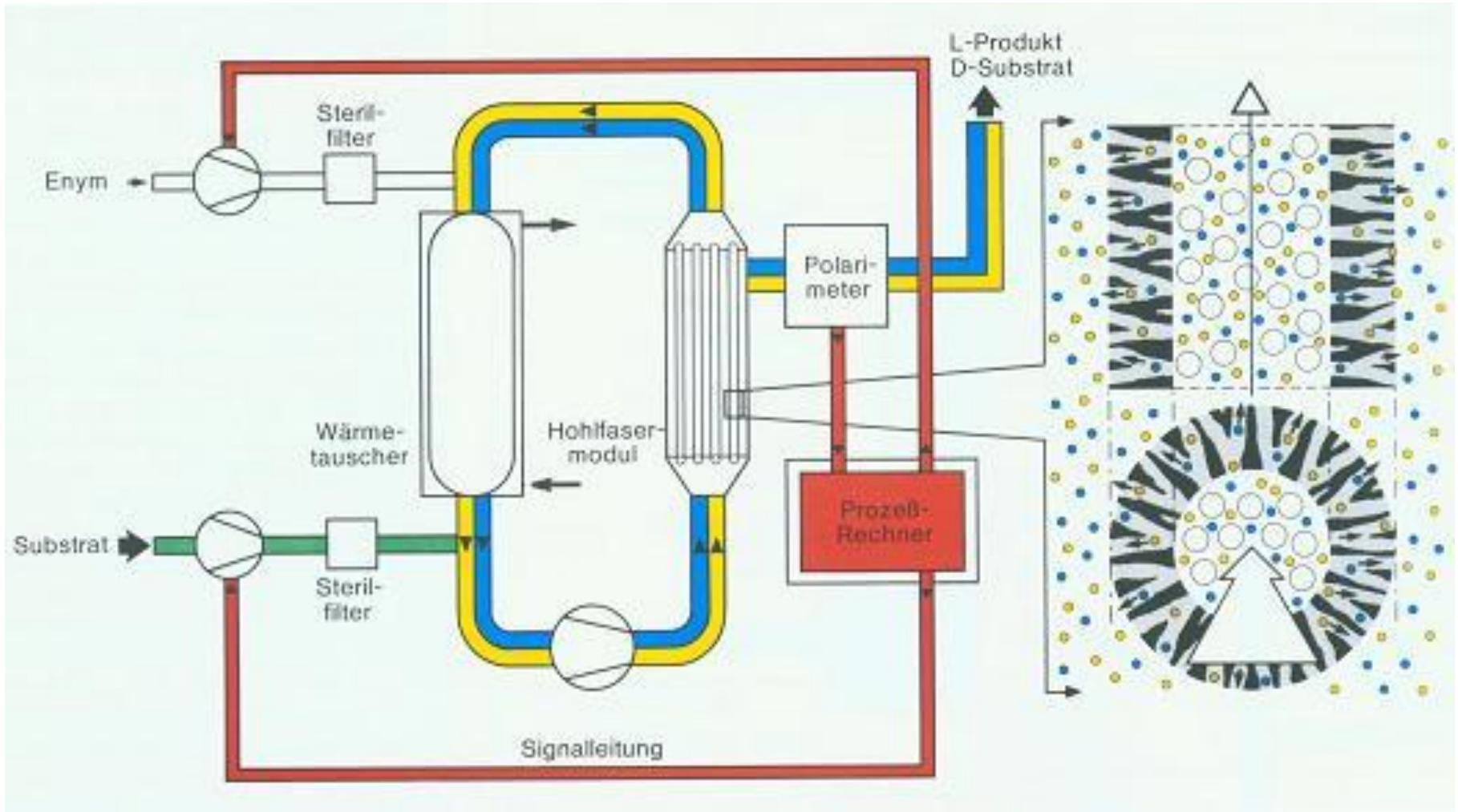
Reaktor- Bioreaktor



- 29
- Degussa – staro postrojenje za proizvodnju L-aminokiselina
 - Proces kataliziran enzimom acilazom



Reaktor- Bioreaktor



- Hollow fiber – polupropusna membrana
- Oponašanje prirode



FKIT MCMXIX



Reaktor- Bioreaktor



Prvi industrijski hollow – fiber reaktor
31 1970. Degussa – proizvodnja *tert*-L-leucin

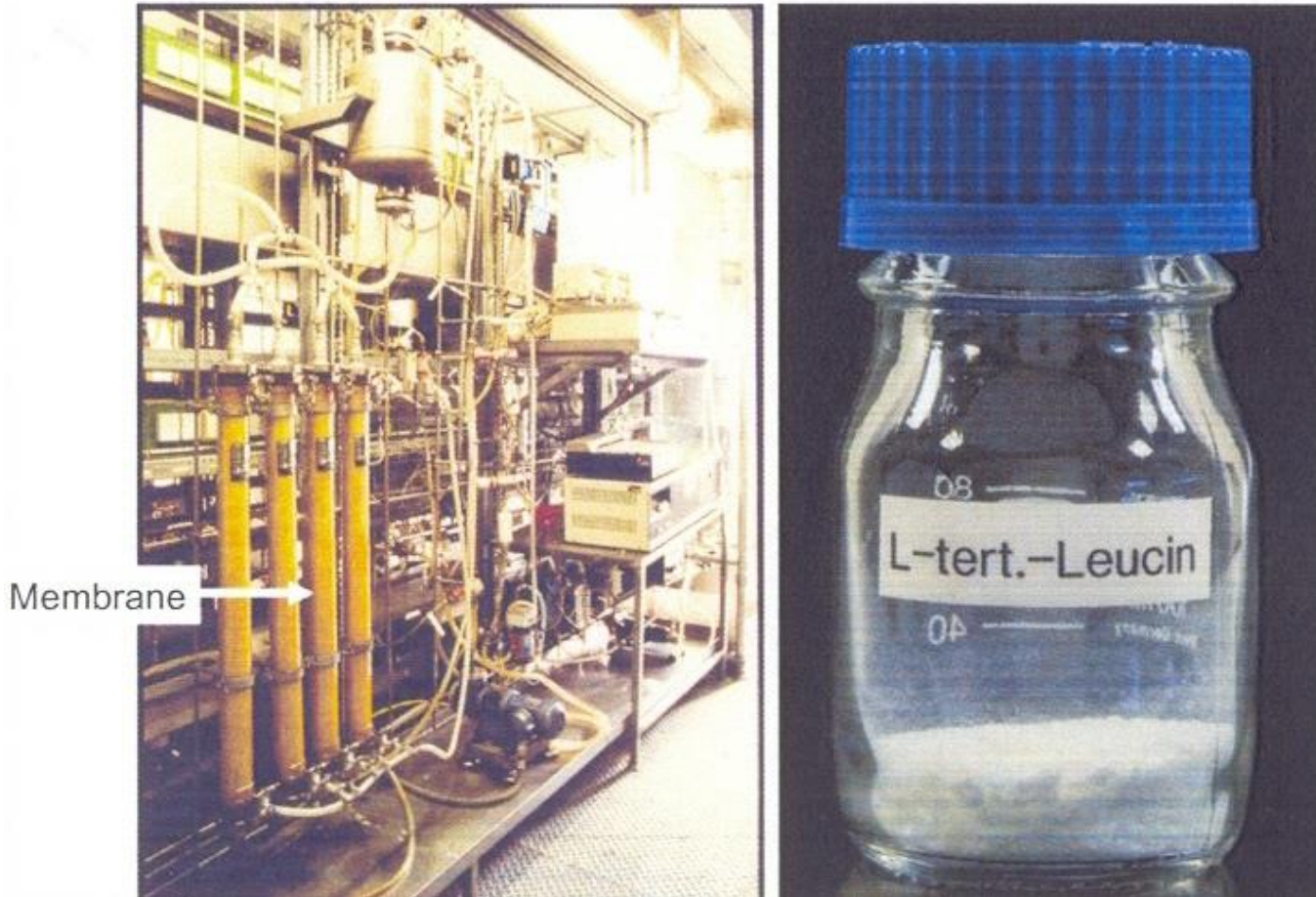
Reaktor- Bioreaktor



Hollow-fiber reaktor u Kini – 2005 – proizvodnja *tert*-L-leucin

Reaktor- Bioreaktor

Production of L-tert.-Leucine



• ³³ malo poluindustrijsko postrojenje za proizvodnju tert-L-leucina u Degussi



Reaktor- Bioreaktor



Laboratorijska aparatura s kontrolom tlaka i temperature



Reaktor- Bioreaktor



• fermentor sa integriranom elektrodijalizom

Reaktor- Bioreaktor

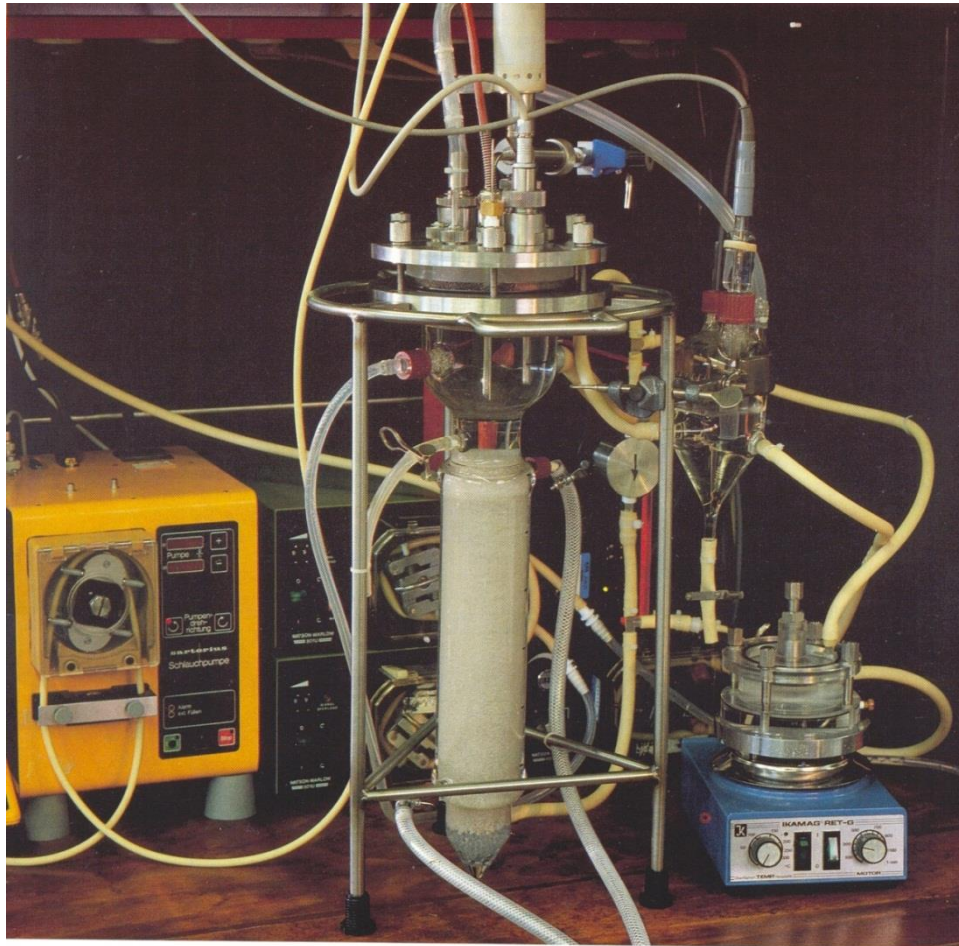


Abb. 8: Ausschnitt aus der Versuchsanlage – Wirbelschichtreaktor mit expandiertem Wirbelbett.

- biomasa immobilizirana na kuglice
- pročiščavanje odpadnih voda

Reaktor- Bioreaktor



Reaktor- Bioreaktor



Reaktor- Bioreaktor

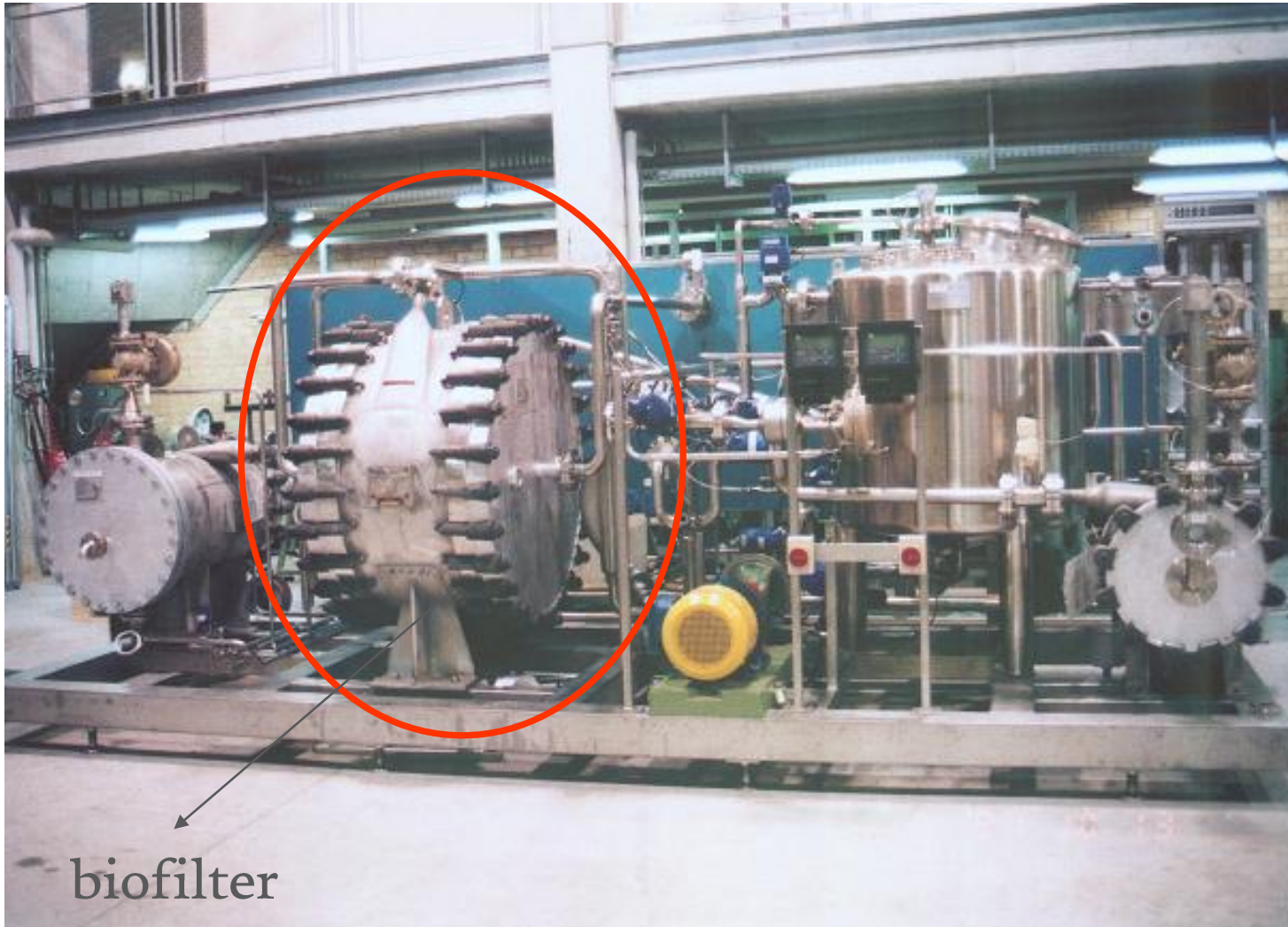


Reaktor- Bioreaktor



- reaktor s fluidiziranim slojem
- kontrola pH, temperature, koncentracije

Reaktor- Bioreaktor

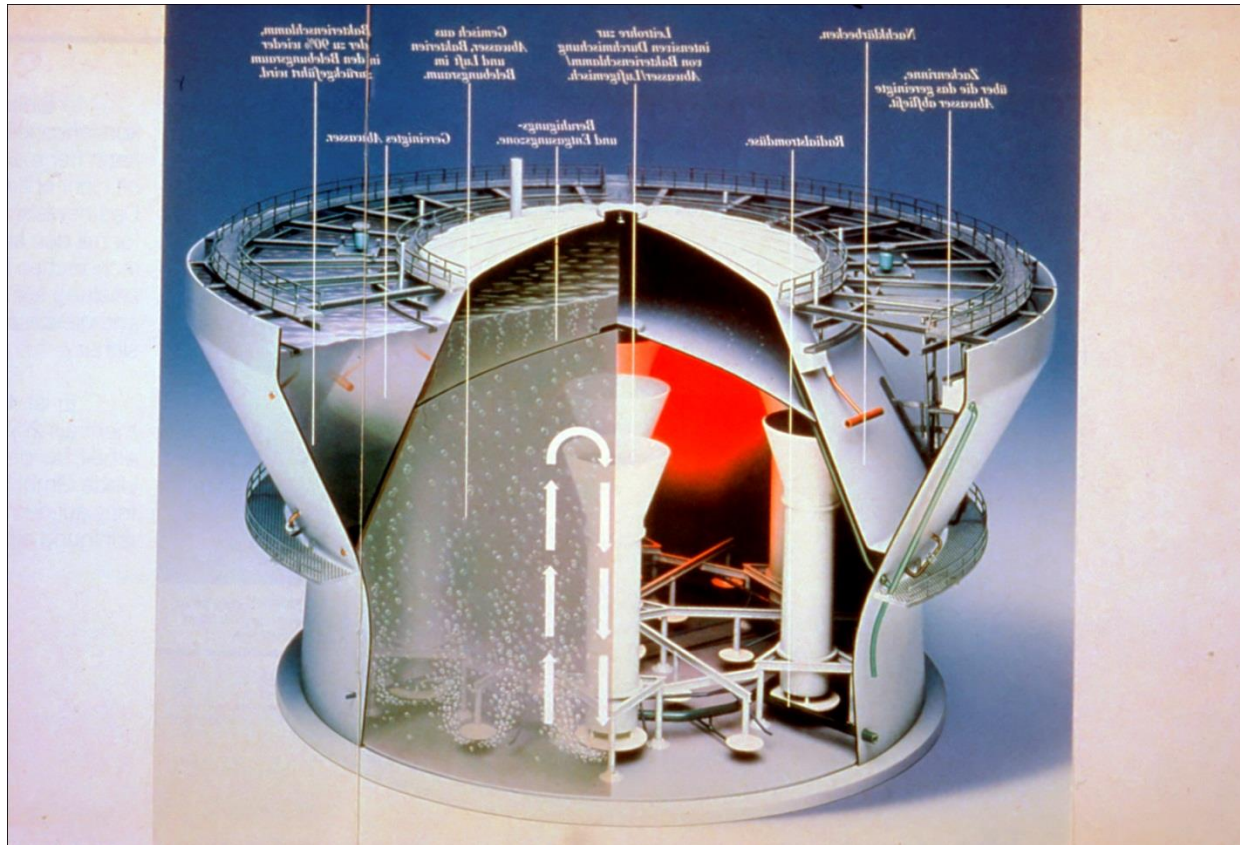


Reaktor- Bioreaktor



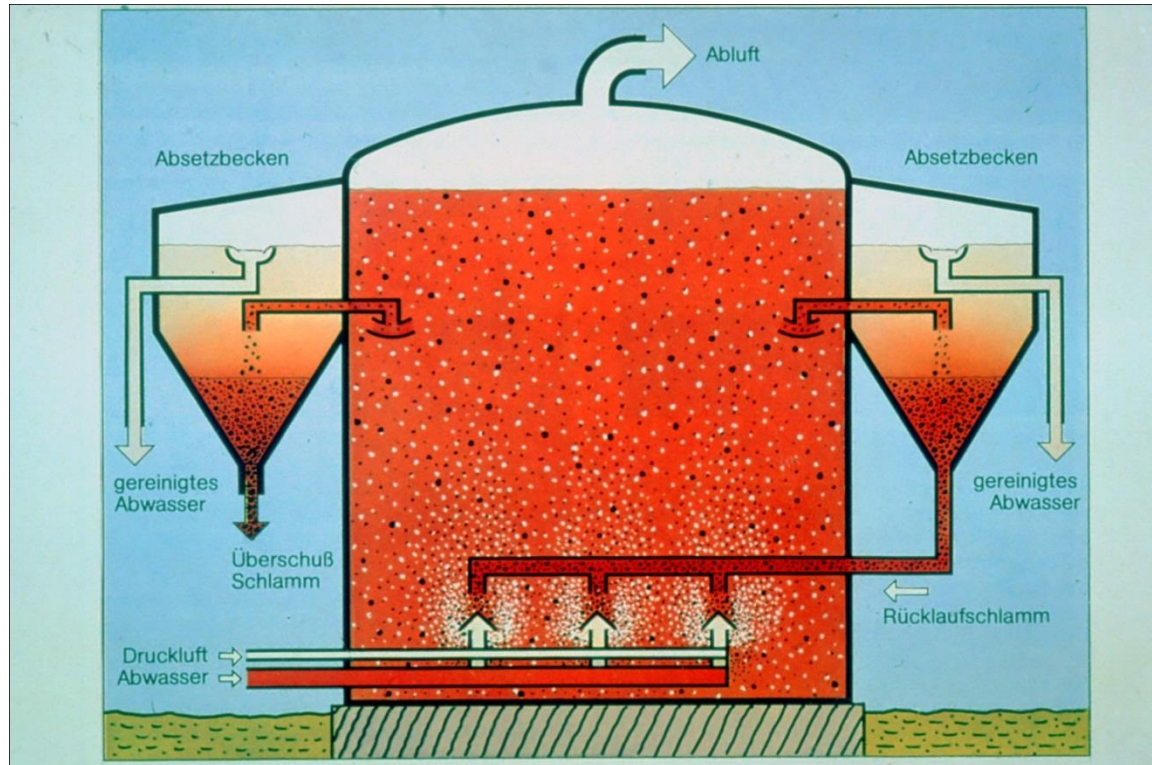
Tvornica za proizvodnju enzima
Novo Nordisk

Reaktor- Bioreaktor



- aerobni reaktor za pročišćavanje otpadnih voda
- nema mehaničkog miješanja – miješanje pomoću mjehurića zraka
- otpadne vode kemijske industrije u Hoechst-u

Reaktor- Bioreaktor



- pročišćavanje otpadnih voda tvornice Bayer
- miješanje propuhivanjem s zrakom
- natkriveni bioreaktor
- kod bioreaktora za pročišćavanje otpadnih voda nisu tako strogi uvjeti sterilnosti
- mješovite kulture mikroorganizama

Reaktor- Bioreaktor



*Wastewater Treatment Plant for a coke oven complex at Dillingen /Germany
(LINDOX® and LINPOR®-N)*

Reaktor- Bioreaktor

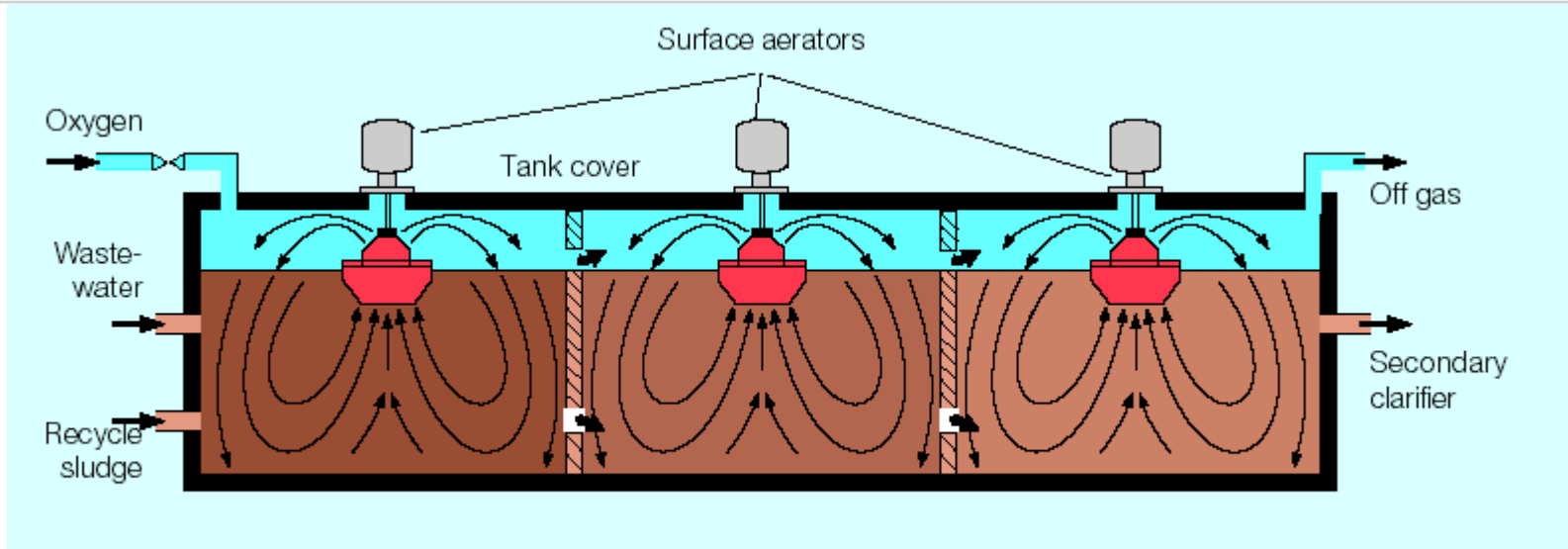


Fig. 1: Basic elements of a LINDOX® bioreactor

- bioreaktor za pročišćavanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda
- miješanje se provodi pomoću kisika – otpadne tvari se oksidiraju
- natkriven trostupnjeviti bioreaktor
- Kina – otpadne vode petrokemijske industrije
- Europa, Amerika, Azija, Australija – otpadne vode papirne industrije, prehrambene industrije, industrije celuloze

Reaktor- Bioreaktor

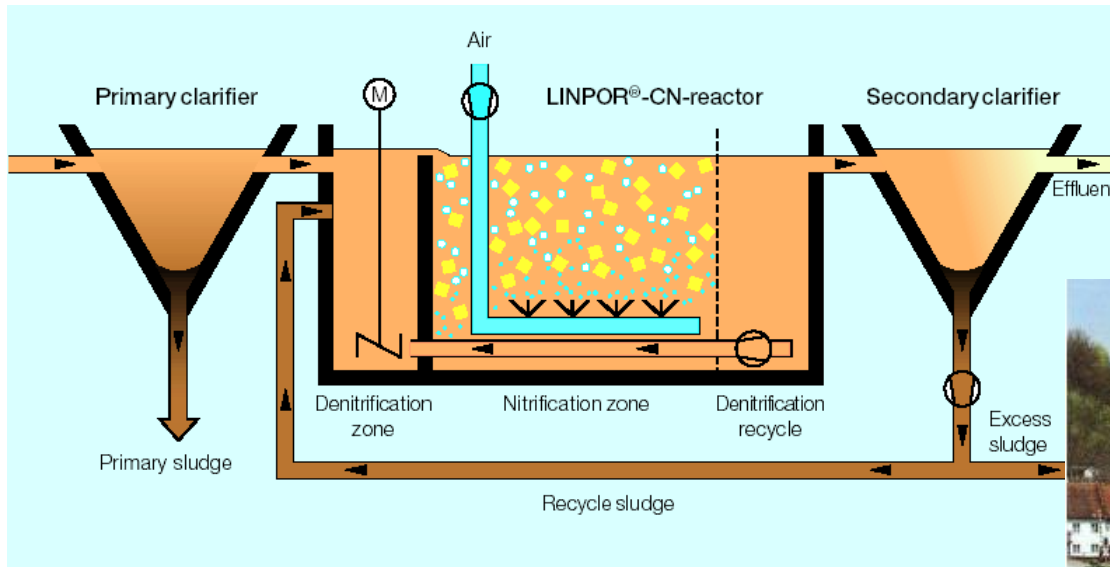


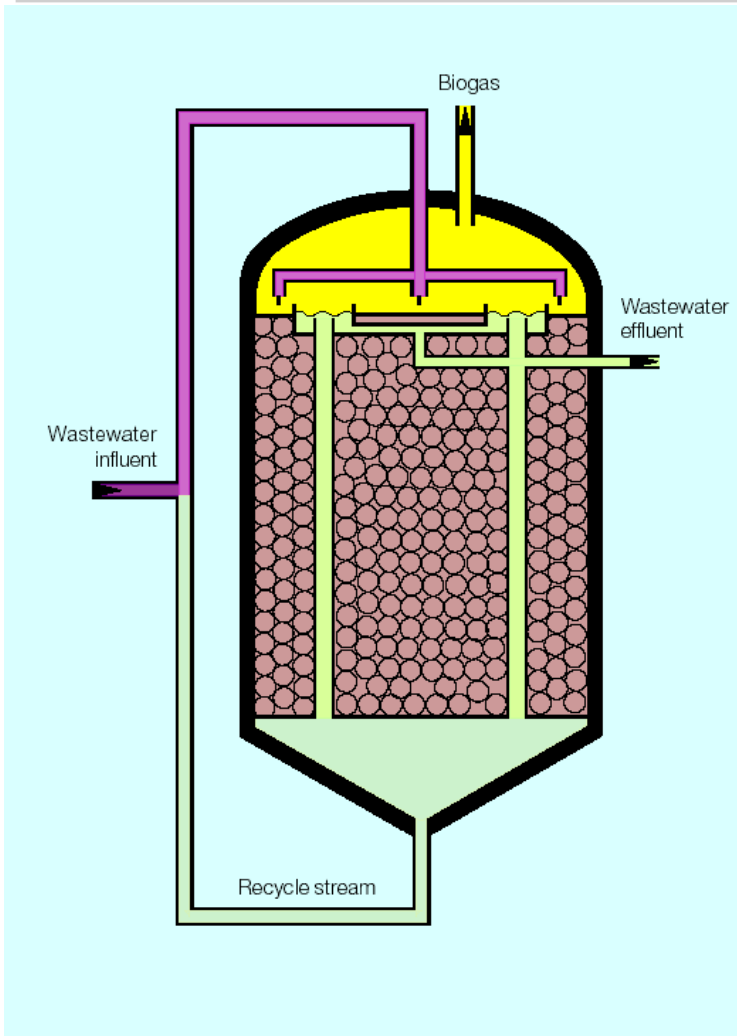
Fig. 3: Basic elements of a LINPOR®-CN - reactor combined with an upstream denitrification zone



Figure 2 - LINPOR System at Freising, Germany

- otvoreni bioreaktor za čišćenje otpadnih voda
- bazeni
- otpadne vode papirne industrije, koksara, kemijska industrija itd.

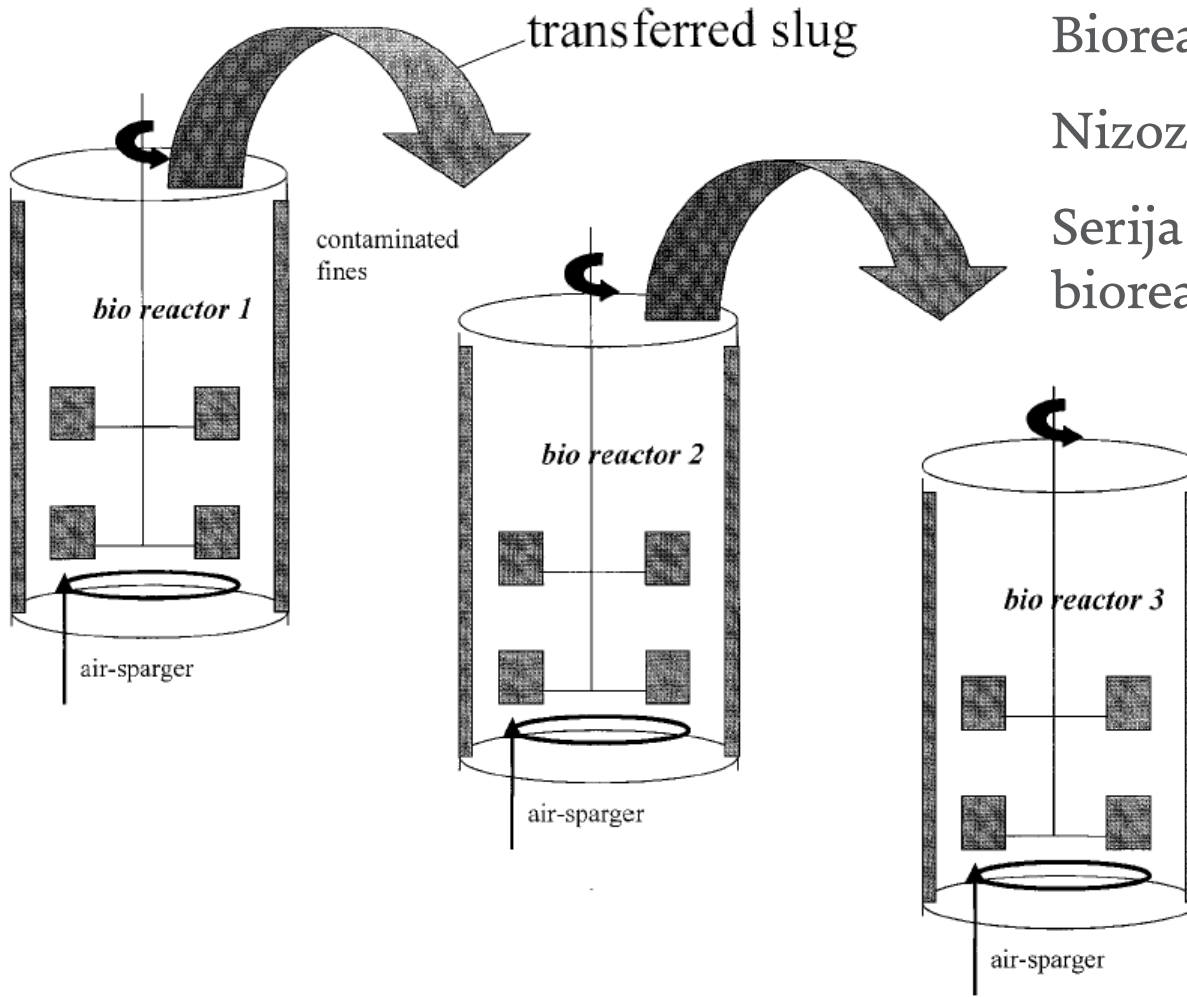
Reaktor- Bioreaktor



- pročišćavanje visoko opterećenih otpadnih voda, s puno org. onečišćenja
- anaerobni uvjeti
- produkt – bioplin
- reaktor s punilom na koje je imobilizirana biomasa – visoka učinkovitost

Fig. 5: Basic elements of a LARAN® reactor

Reaktor- Bioreaktor



Bioreaktor za remedijaciju

Nizozemska

Seriya međusobno povezanih
bioreaktora

Fig. 10. Cascade of three sequencing batch reactors.

Reaktor- Bioreaktor

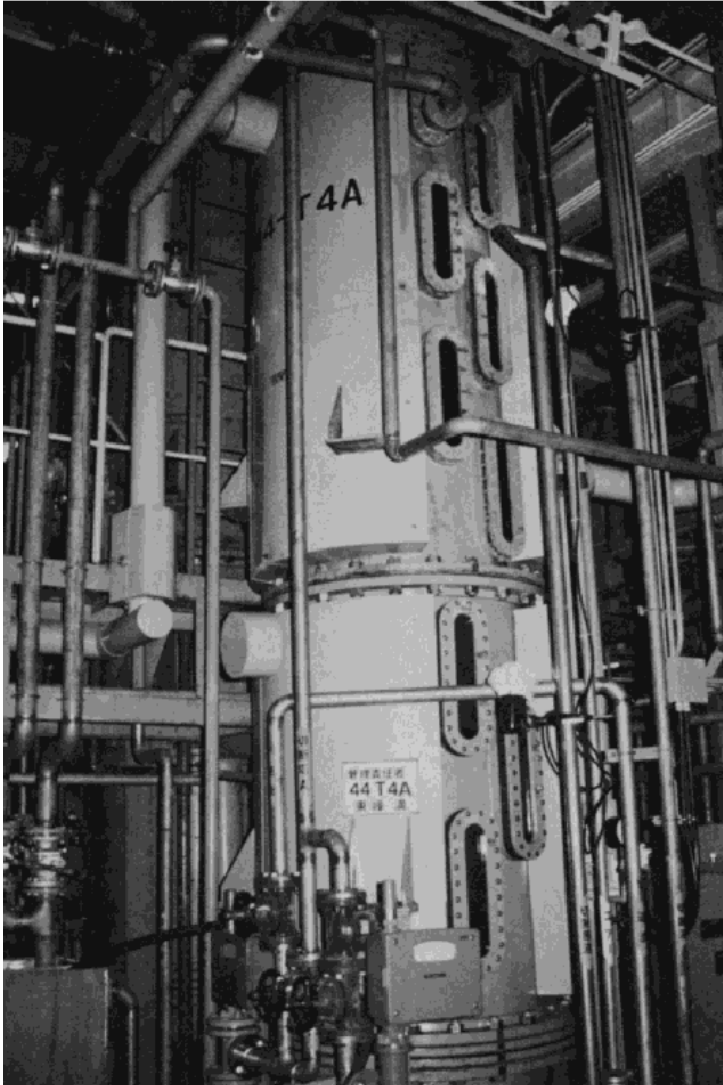
- anaerobni bioreaktor za pročišćavanje otpadnih voda papirne industrije u Hanau
- produkt – bioplin
- reaktori s fluidiziranim slojem



Reaktor- Bioreaktor



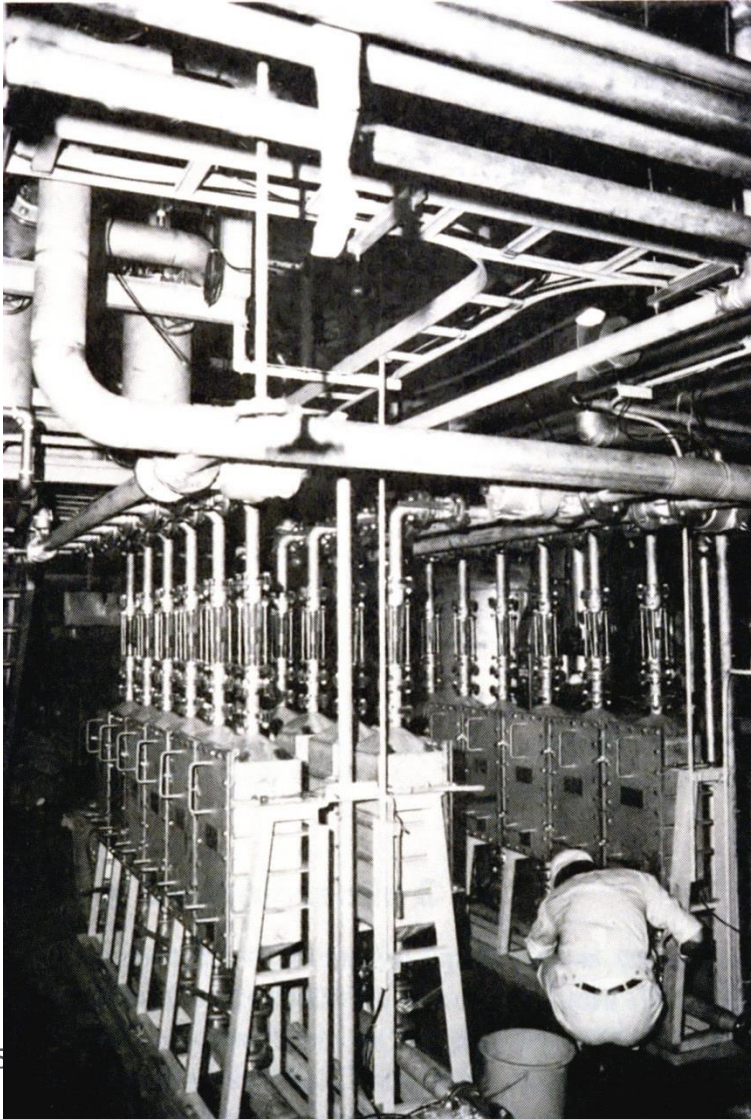
Reaktor- Bioreaktor



- proizvodnja 7-ACA u Japanu
- prekursor za proizvodnju antibiotika
- bioreaktor velikog kapaciteta s imobiliziranim enzimom

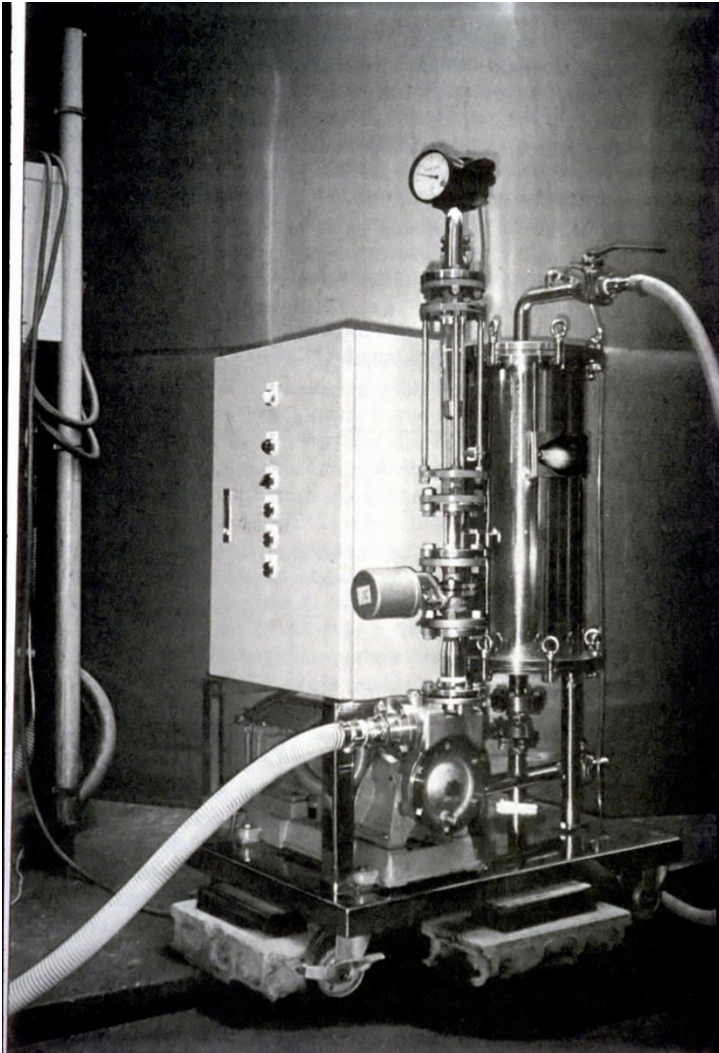
Fig. 25 The bioreactor plant for 7-ACA production carried out at Asahi Chemical Industry (Reprinted from Ref. [51], p. 83 by courtesy of Marcel Dekker Inc.).

Reaktor- Bioreaktor



- proizvodnja 6-aminopenicilanske kiseline
- sintetski penicilinski antibiotici
- Japan prvi proveo ovu sintezu enzimatskim putem

Reaktor- Bioreaktor



- uklanjanje uree iz japanske rakije-sake
- imobilizirana ureaza

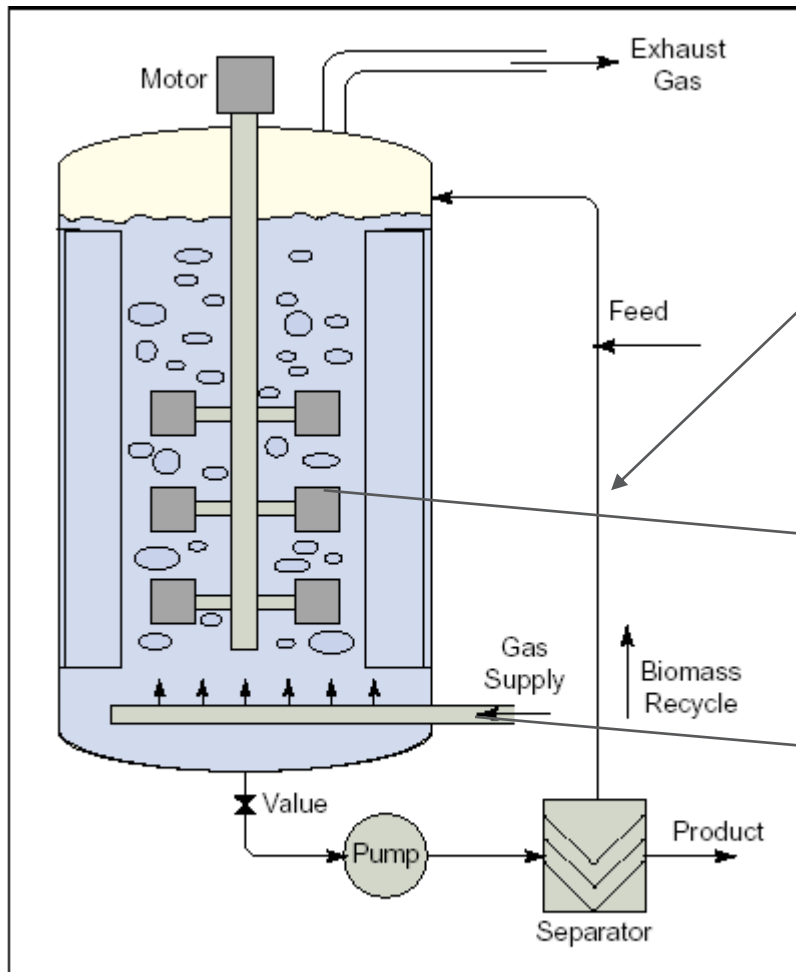
Reaktor- Bioreaktor



- instalacija šaržnog bioreaktora u industriji piva
- zadnji stupanj proizvodnje piva; fermentacija šećera iz slada u etanol u anaerobnim uvjetima

■ Figure 1. Installation of a batch, 765-bbl beer fermenter made of stainless steel. (Courtesy of Paul Mueller Co.)

Reaktor- Bioreaktor



- recirkulacija biomase
- povećana učinkovitost procesa

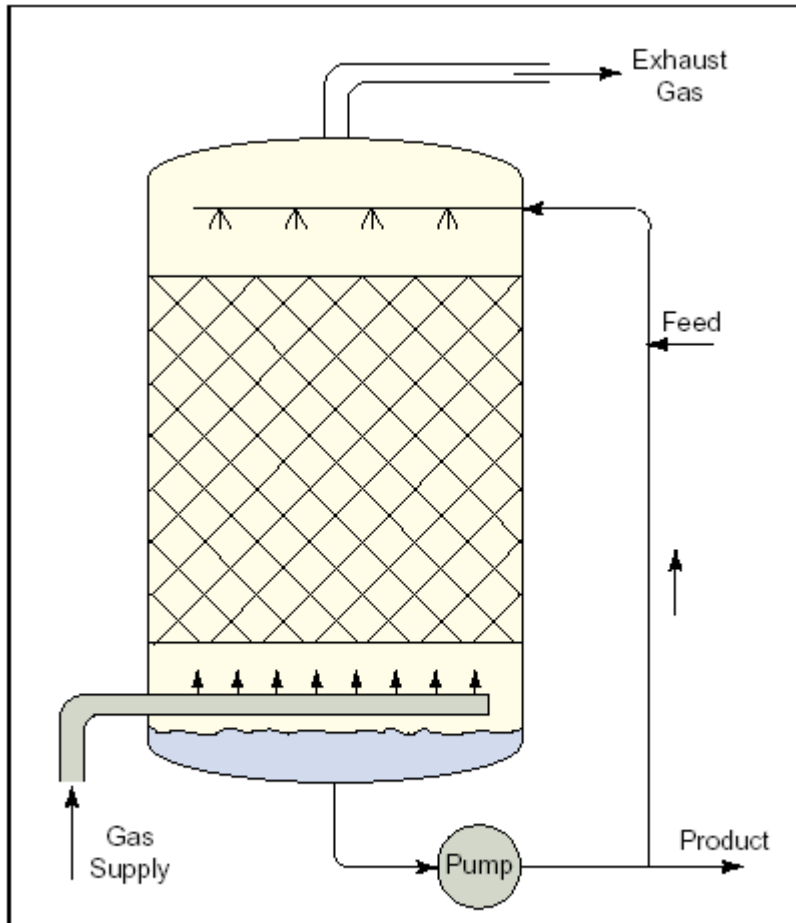
• miješalice

• distributor zraka

■ Figure 3. Stirred-tank bioreactor uses baffles and an agitator for optimal mixing, and recycles biomass.



Reaktor- Bioreaktor

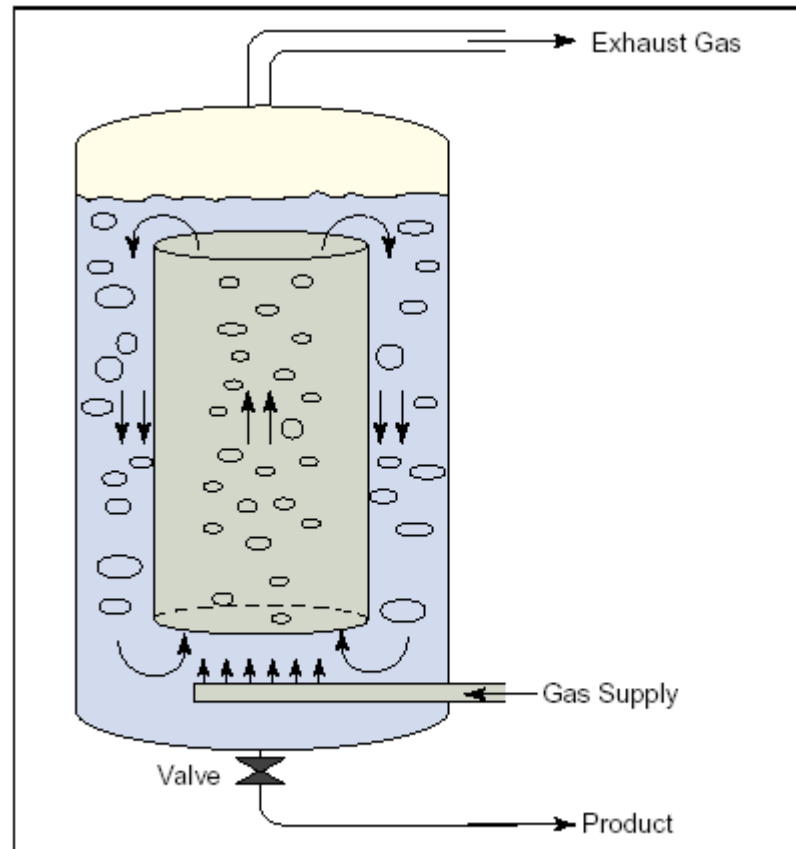


- reaktor bez mehaničkog miješanja
- imobilizirani biokatalizator
- zrak se propuhuje odozdo
- supstrat se dodaje odozgo
- odušak za plinoviti produkt

■ Figure 6. A trickle-bed employs adhered, immobilized enzymes to accomplish a reaction.

Reaktor- Bioreaktor

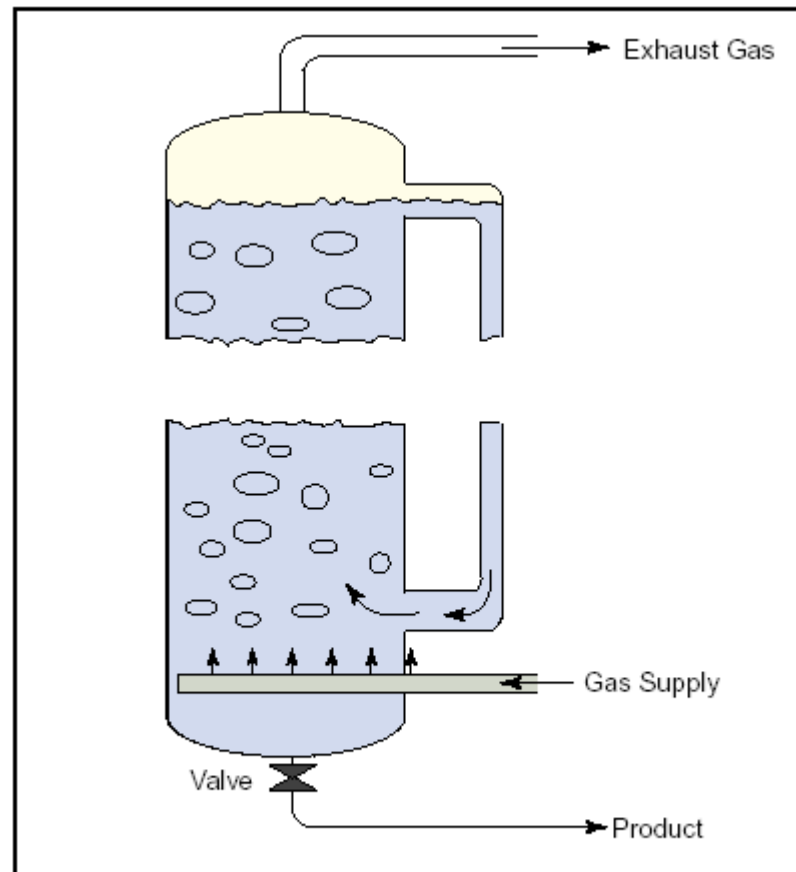
Bioreaktor bez mehaničkog miješanja



■ Figure 4. The simple design of a concentric draught-tube bioreactor with annular liquid downflow results in less maintenance.

Reaktor- Bioreaktor

Dodatno miješanje s protokom kapljevine u vanjskoj petlji



■ Figure 5. An airlift external-loop reactor has induced circulation that directs air/liquid throughout vessel.

Reaktor- Bioreaktor

R E A K T O R JE PROCESNI UREĐAJ U KOJEMU SE PROVODI KEMIJSKA REAKCIJA

B I O R E A K T O R JE PROCESNI UREĐAJ U KOJEMU SE PROVODI BIOPROCES

Reaktor- Bioreaktor

BIOREAKTORI su procesni uređaji u kojima se provode bioprocesi.

FERMENTORI su bioreaktori u kojima se neke tvari proizvode pomoću živih organizama (mikroorganizama- bakterija, gljivica) ili njihovih dijelova (stanica).

ENZIMSKI REAKTORI su bioreaktori u kojima bioprocese kataliziraju biokatalizatori.