

CONCENTRAZIONE DEGLI ALIMENTI LIQUIDI

Per **concentrazione** si può intendere la rimozione selettiva di una frazione dell'acqua di costituzione degli alimenti.

Si effettua allo scopo di:

- Risparmiare in termini di volume e peso in fase di confezionamento, trasporto e stoccaggio di prodotti finiti o semilavorati destinati all'industria di trasformazione
- favorire la stabilizzazione dell'alimento (attraverso la riduzione dell'acqua)
- pretrattare quei materiali destinati a successive lavorazioni (essiccamento, liofilizzazione, cristallizzazione, ecc.)
- recuperare nutrienti da acque di lavaggio o effluenti in genere
- effettuare operazioni inerenti la depurazione degli effluenti dell'industria alimentare

Punta a realizzare:

- La massima efficienza nel corso del processo minimizzando i costi di lavorazione
- ridurre quanto più possibile:
 - la perdita di componenti volatili aromatici
 - i fenomeni degradativi a carico dei componenti termolabili e nutritivi.

La concentrazione di un prodotto alimentare si può ottenere impiegando tecnologie diverse, basate su differenti principi fisici.

Importante è individuare per ogni tipo di alimento il processo più idoneo a preservarne le caratteristiche nutrizionali, sensoriali, strutturali.

*LE PRINCIPALI TECNICHE DI CONCENTRAZIONE
APPLICATE AGLI ALIMENTI SONO*



- 1. concentrazione per evaporazione**
- 2. crioconcentrazione**
- 3. concentrazione tramite processi a membrana.**

CONCENTRAZIONE PER EVAPORAZIONE

E' il sistema più tradizionale, può essere applicato infatti anche a livello artigianale o addirittura domestico, lasciando, ad esempio, il prodotto "asciugare" in ambiente ventilato.

A livello industriale essa si effettua fornendo calore al materiale da concentrare attraverso un' idonea apparecchiatura.

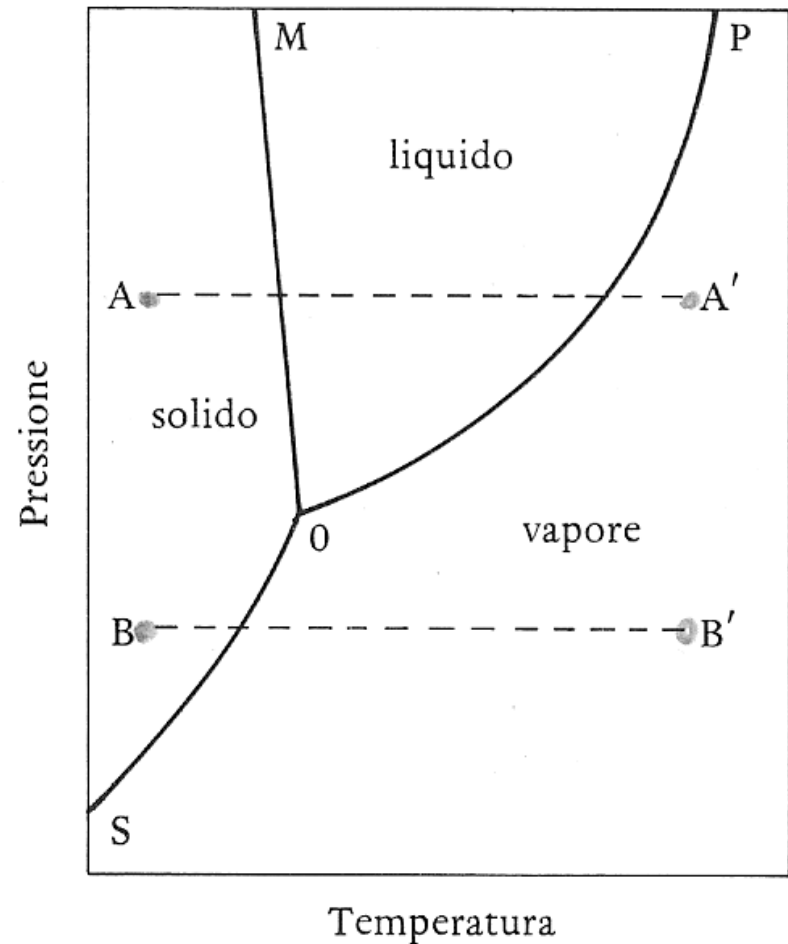
L'energia termica fornita ha lo scopo di far evaporare una frazione, voluta, dell'acqua di costituzione del materiale.

DIAGRAMMA DI STATO DELL'ACQUA

O = punto triplo
(0.098°C; 4.8 mmHg)

BB' = passaggio di stato solido
vapore (sublimazione)

OP = curva di tensione del
vapore



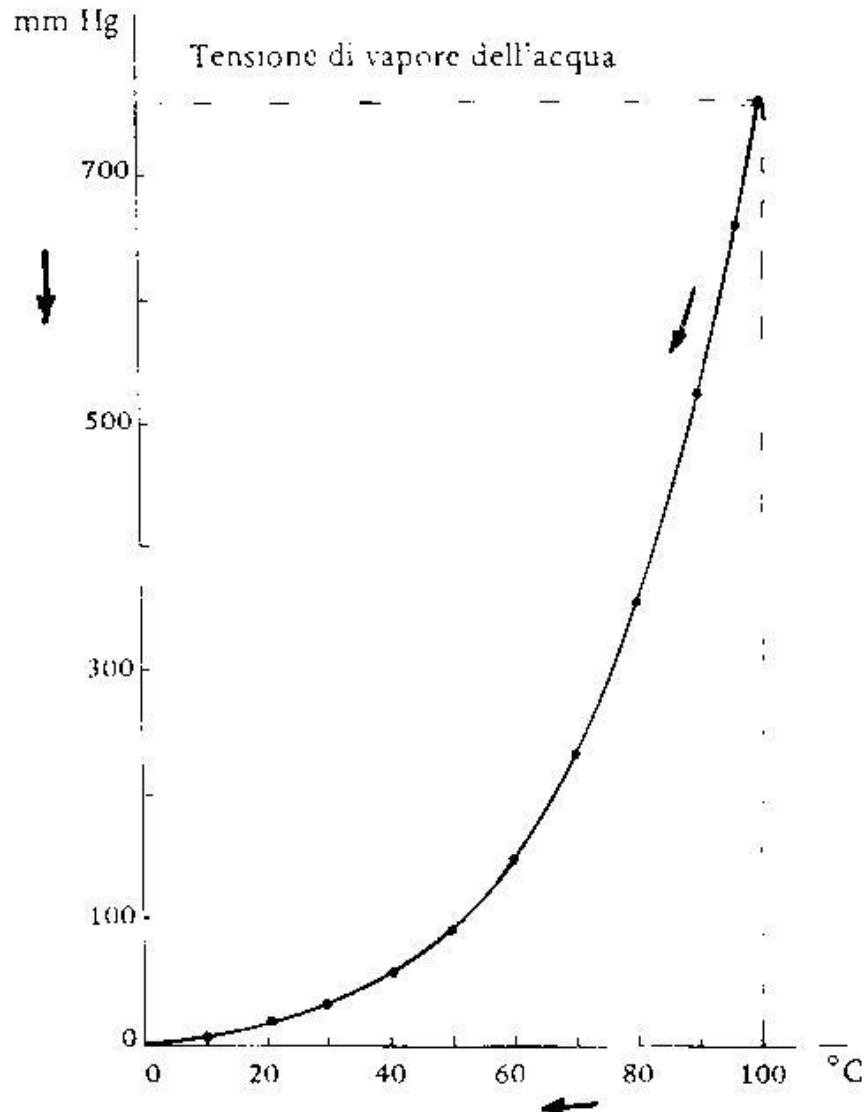


Fig. III.2

➤ L'ebollizione (evaporazione violenta) si ha quando la tensione di vapore dell'acqua eguaglia la pressione atmosferica (760 mmHg)

➤ L'evaporazione, come tutti i passaggi di stato, richiede una certa quantità di energia che varia in funzione della T alla quale si verifica.



Calore latente di vaporizzazione (calore richiesto per far evaporare, ad una certa T, 1 Kg d'acqua)

TAB. 9 - Relazione fra il punto di ebollizione, la pressione corrispondente, il calore latente di evaporazione e l'entalpia (per l'acqua).

Temperatura di ebollizione in °C	Pressione in kg/cm ²	Pressione in mm Hg	Vuoto in mm Hg	Calore latente d'evaporazione cal/g	kJ/g	H cal/g
0	0,006	4,6	755,4	595,9	2,49	595,9
15	0,017	12,5	747,5	587,7	2,46	602,7
20	0,024	17,6	742,4	584,9	2,44	604,9
25	0,032	23,5	736,5	582,2	2,43	607,2
30	0,043	32,0	728,0	579,5	2,42	609,5
35	0,057	42,0	718,0	576,8	2,41	611,8
40	0,075	55,0	705,0	574,0	2,40	614,0
45	0,097	72,0	688,0	571,3	2,39	616,3
50	0,125	95,0	665,0	568,5	2,38	618,5
55	0,160	122,0	638,0	565,5	2,36	621,9
60	0,203	154,0	606,0	563,2	2,35	623,2
65	0,255	194,0	566,0	560,3	2,34	625,3
70	0,317	241,0	519,0	557,5	2,33	627,5
75	0,393	299,0	461,0	554,6	2,32	629,6
80	0,482	366,0	394,0	551,7	2,31	631,7
85	0,589	447,0	313,0	548,8	2,29	633,8
90	0,714	542,0	218,0	545,8	2,28	635,8
95	0,861	645,0	115,0	542,7	2,27	637,7
100	1,033	760,0	0	539,5	2,26	639,5



L'evaporazione è più o meno rapida a seconda della:

- modalità di fornitura calore (efficienza scambi termici)
- pressione di esercizio
- quantità di calore richiesta
- temperatura massima raggiungibile
- cambiamenti del sistema durante l'evaporazione (aumento della viscosità, aumento T di evaporazione, diminuzione gradiente termico tra scambiatore e liquido formazione di schiuma)

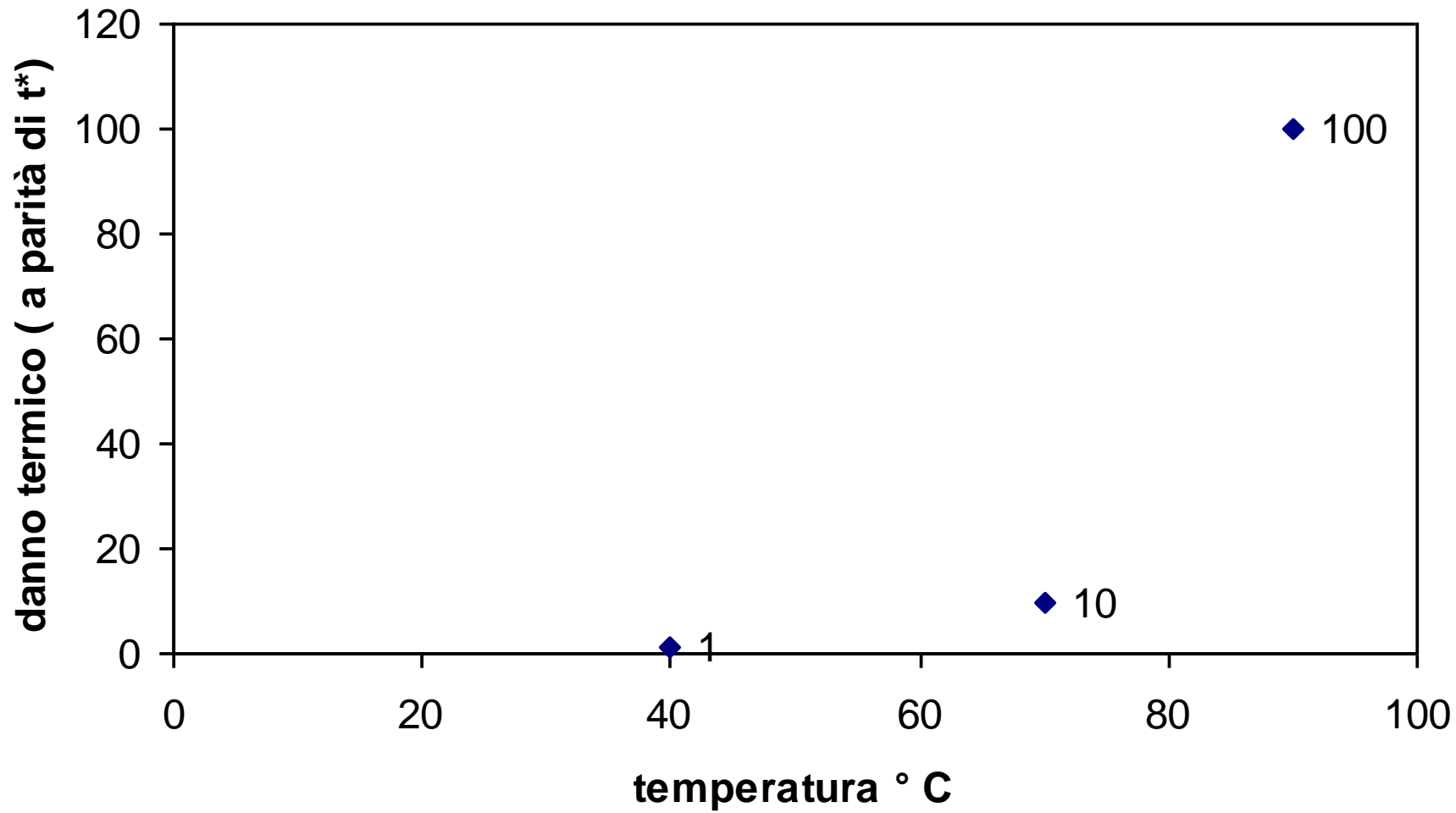
N.B. Nel processo di evaporazione non devono prodursi precipitati e alterazioni irreversibili dell'alimento (es.degradazione componenti termolabili quali vitamine, pigmenti).

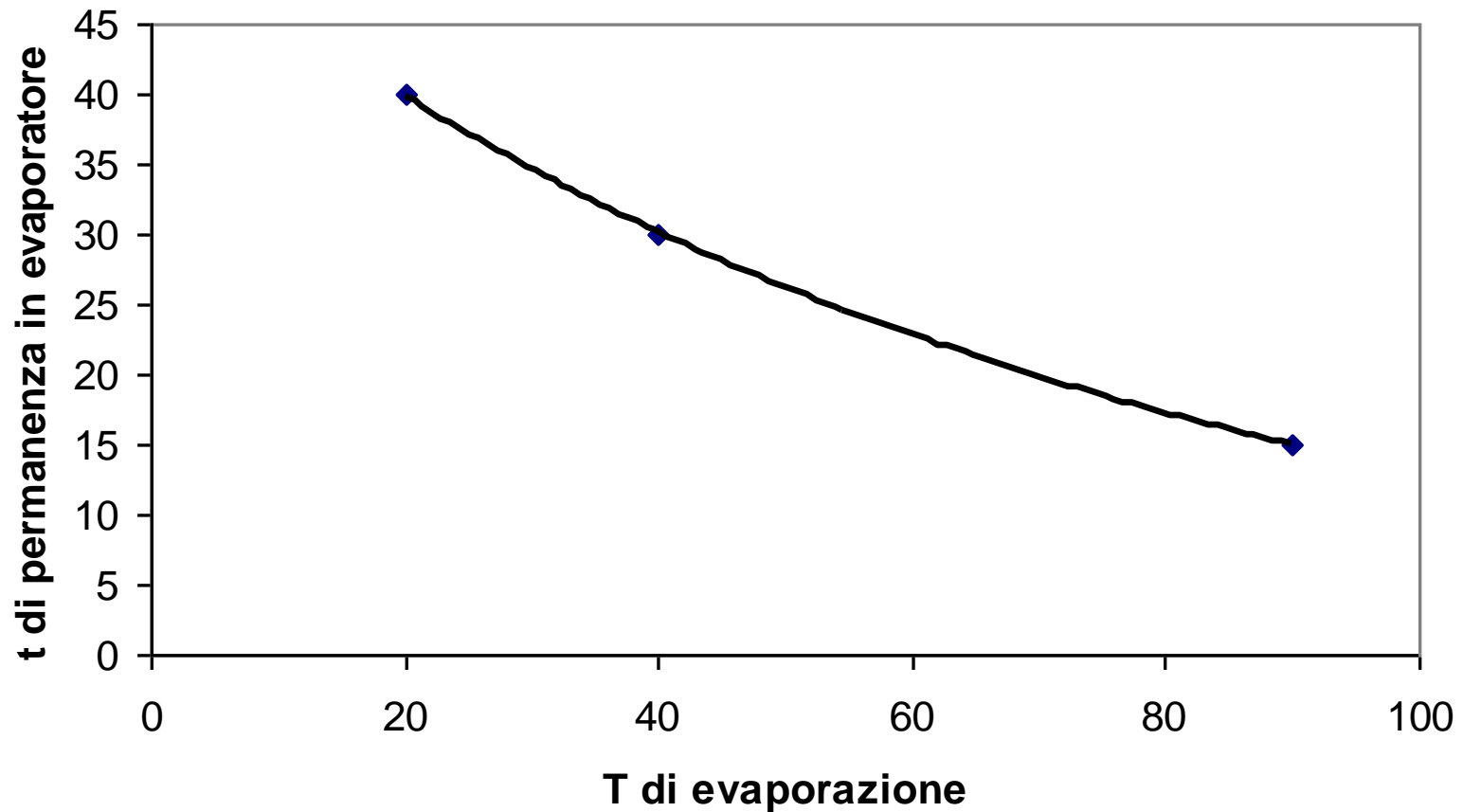
L'evaporazione perfetta dovrebbe inoltre portare ad una concentrato che, una volta diluito con la stessa quantità d'acqua sottratta, ritornase alle condizioni iniziali.

Table 12.4 — Vitamin losses in concentrated and UHT sterilised milk

Product	loss (%)				
	Thiamin	Vitamin B ₆	Vitamin B ₁₂	Folic acid	Ascorbic acid
Evaporated milk	20	40	80	25	60
Sweetened condensed milk	10	< 10	30	25	25
UHT sterilised milk	< 10	< 10	< 10	< 10	< 25

From Porter and Thompson (1976).





Un aumento di T da 40 a 90 °c dimezza il tempo di permanenza in evaporatore tuttavia aumenta di circa 50 volte il danno termico.

N.B. Per minimizzare il t di permanenza ➡ aumento della superficie di scambio

STRATEGIE DI PROCESSO

⇒ minimizzare le resistenze al trasferimento di calore

➔ pellicole

gas incondensabili

bolle di vapore

incrostazioni

quantità di calore scambiata ⇒ **$q = U A \Delta T$**

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta X}{K} + \frac{1}{h_2}}$$

U = coefficiente globale di scambio termico

ΔX = spessore scambiatore

K = coeff. conducibilità termica dello scambiatore

h_1, h_2 = coefficienti di pellicola

ΔT = differenza tra T vapore e T ebollizione

Una notevole quantità di energia viene richiesta per evaporare l'acqua dagli alimenti

↘ 2257 KJ o 539 KCal per Kg di acqua evaporata a 100°C.

STRATEGIE DI PROCESSO

⇒ impostare correttamente il progetto dell'impianto in funzione della economicità dell'operazione.

- Modalità impiegate per ridurre il consumo di energia
 - riutilizzando il calore contenuto nei vapori prodotti



1. **Ricomprensione del vapore:** aumento della pressione e quindi della temperatura, utilizzando compressori di tipo meccanico o altro.
2. **Preriscaldamento:** il vapore prodotto viene utilizzato per riscaldare il liquido di alimentazione in arrivo.
3. **Evaporazione a multiplo effetto:** in questo caso diversi evaporatori o "effetti" sono collegati tra loro

EVAPORATORI : *CRITERI DI CLASSIFICAZIONE*

➤ Sistema fornitura calore

Diretto : solare, vapore secco
surriscaldato nella massa

Indiretto : scambiatori

➤ Processo

Discontinuo

Continuo

➤ Tipo di scambiatore

Fascio tubiero

Piastre

**Camicia a circolazione di
vapore**

➤ Circolazione liquido

Naturale

Forzata

Esterna (ai tubi)

Interna (ai tubi)

➤ Tubi

Corti

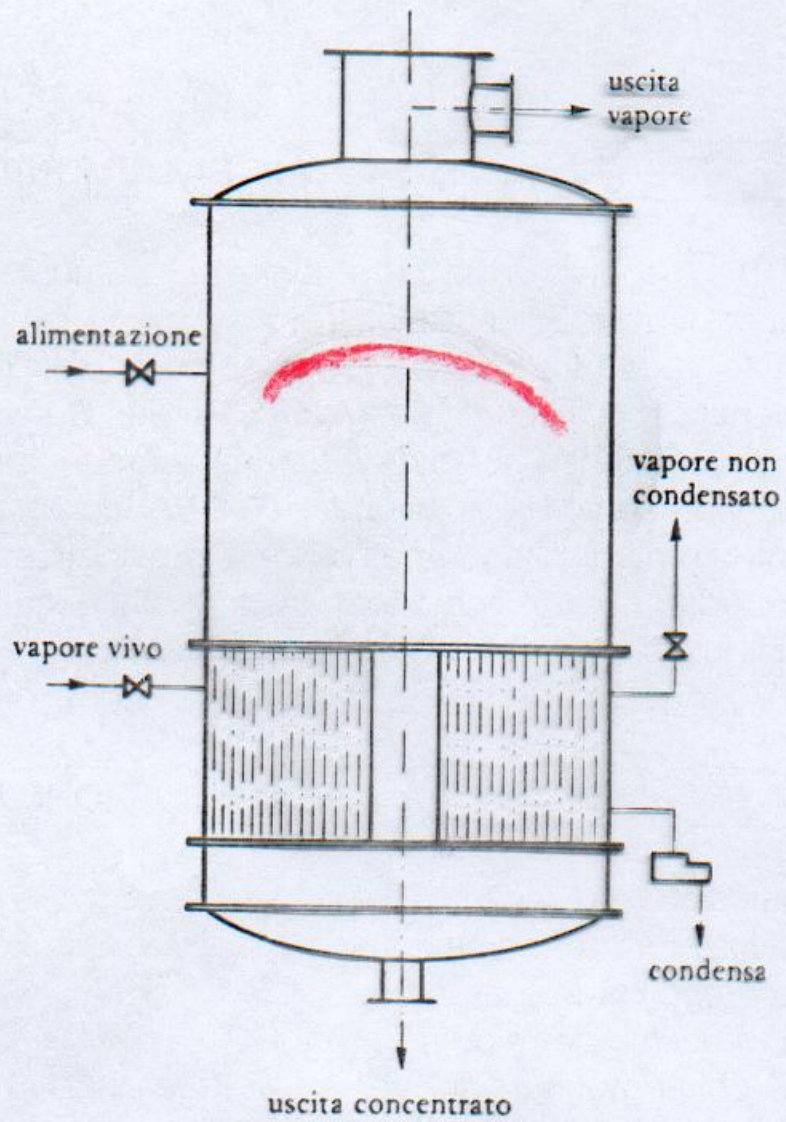
Lunghi

Orizzontali

Verticali

EVAPORATORE

è essenzialmente uno scambiatore di calore nel quale il liquido viene portato all'ebollizione così che una parte del liquido si trasformi in vapore. Il suddetto vapore può essere utilizzato per alimentare un secondo apparecchio.



Schema Convenzionale

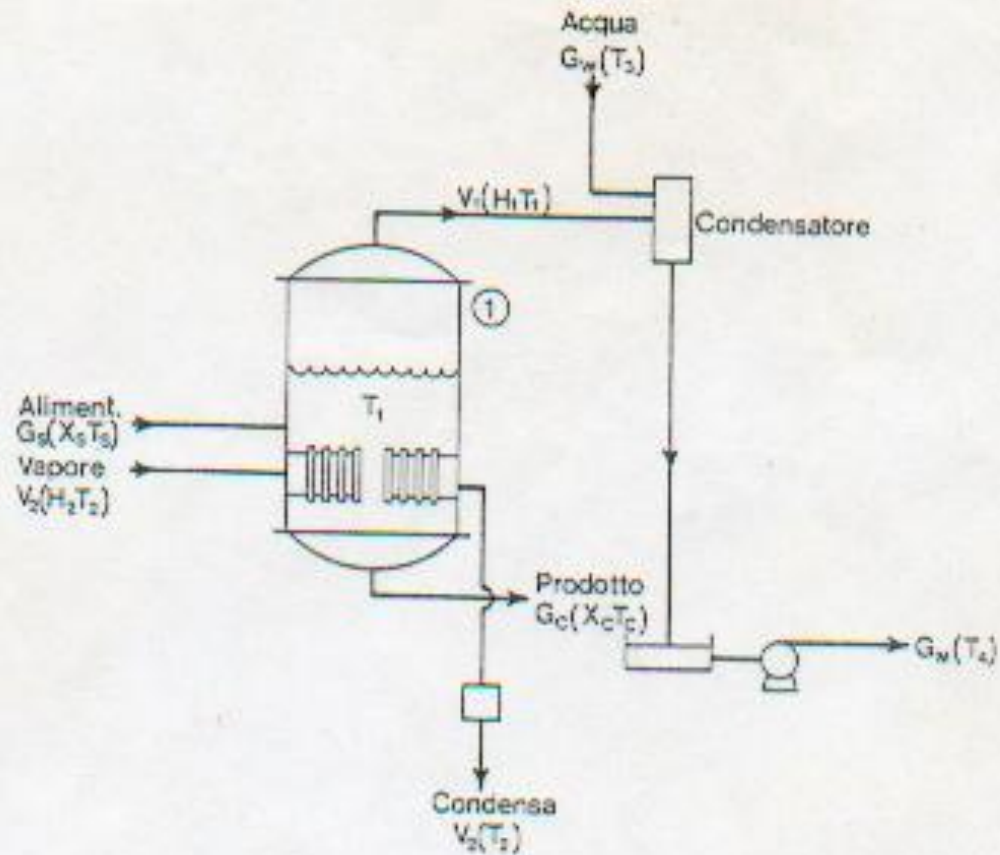
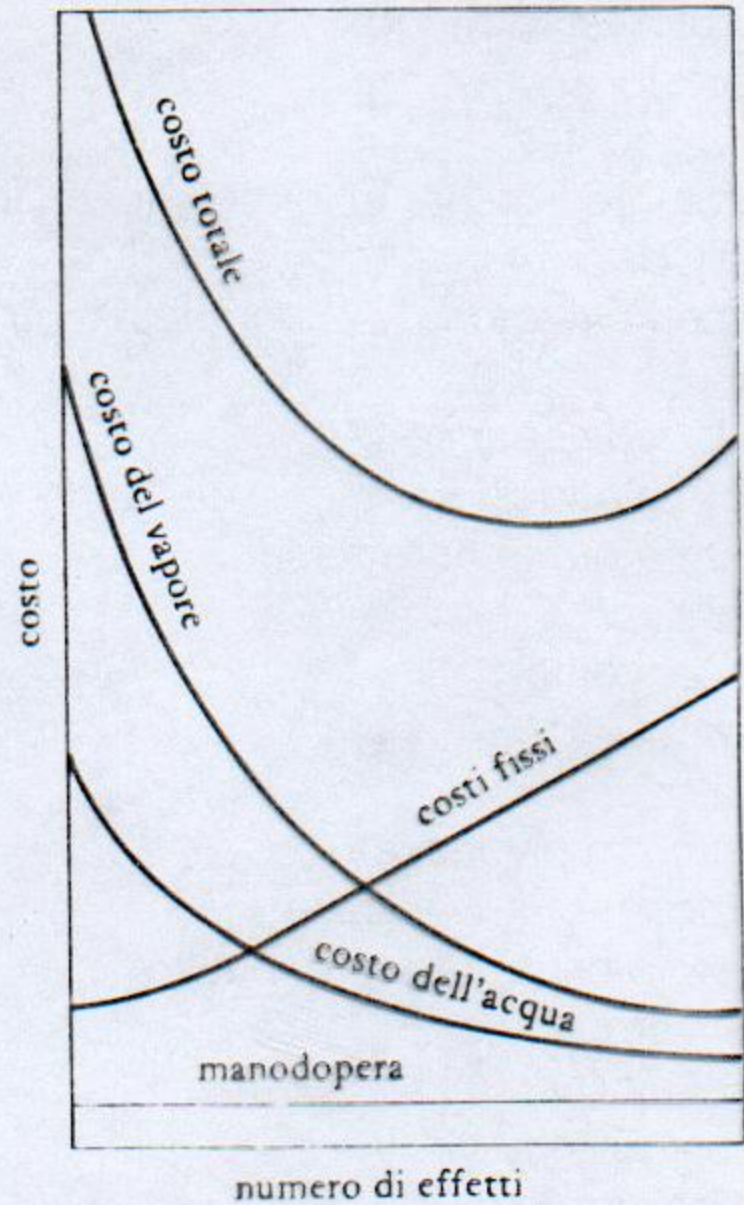
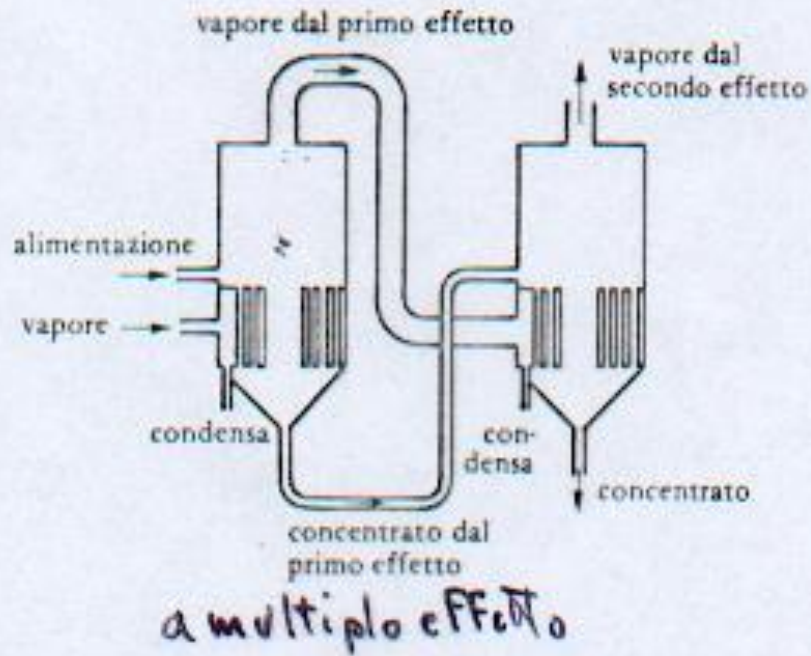


FIG. 42 - Schema di bilancio termico e di massa in un impianto di concentrazione continuo in semplice effetto.

CONCENTRATORE A MULTIPLO EFFETTO



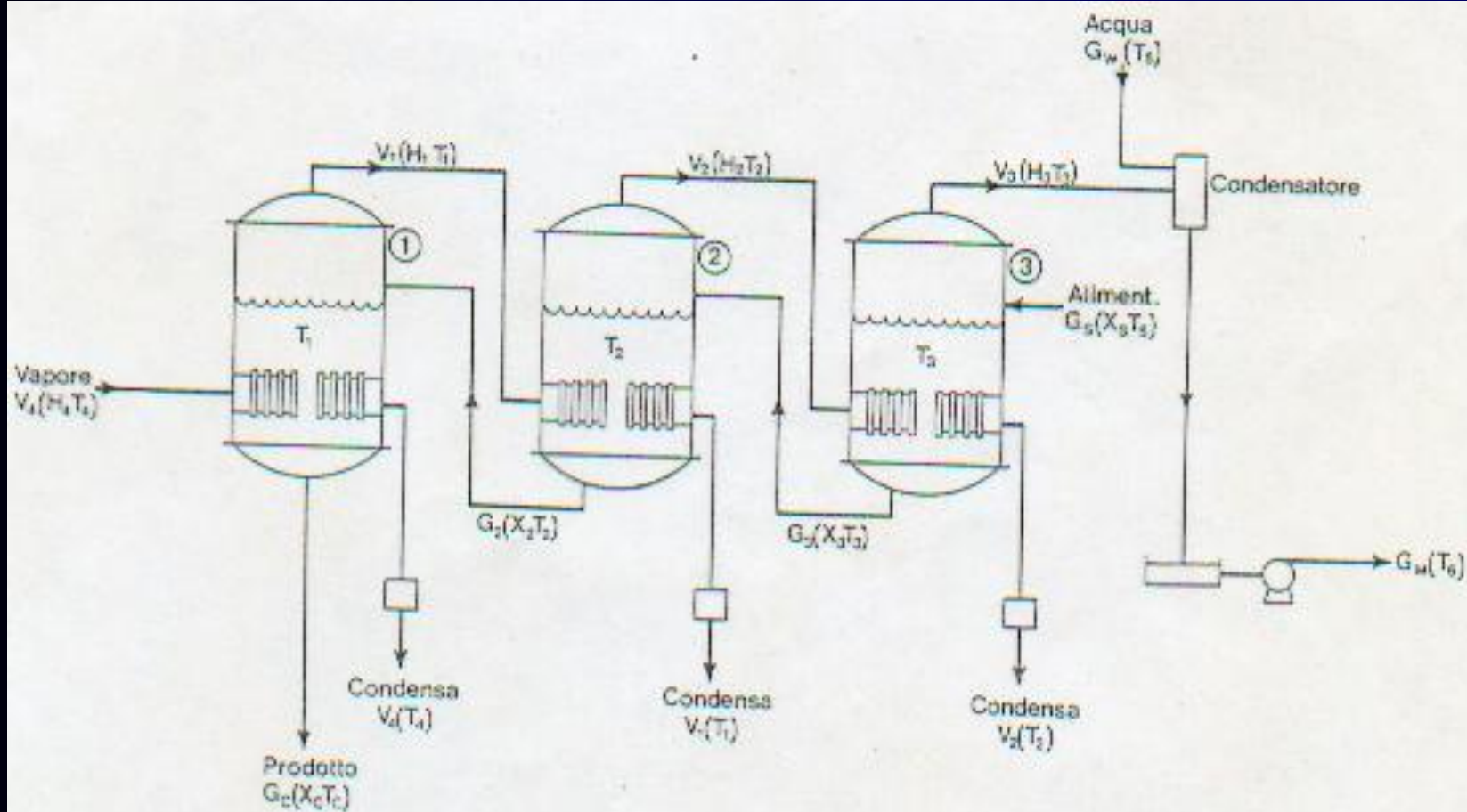
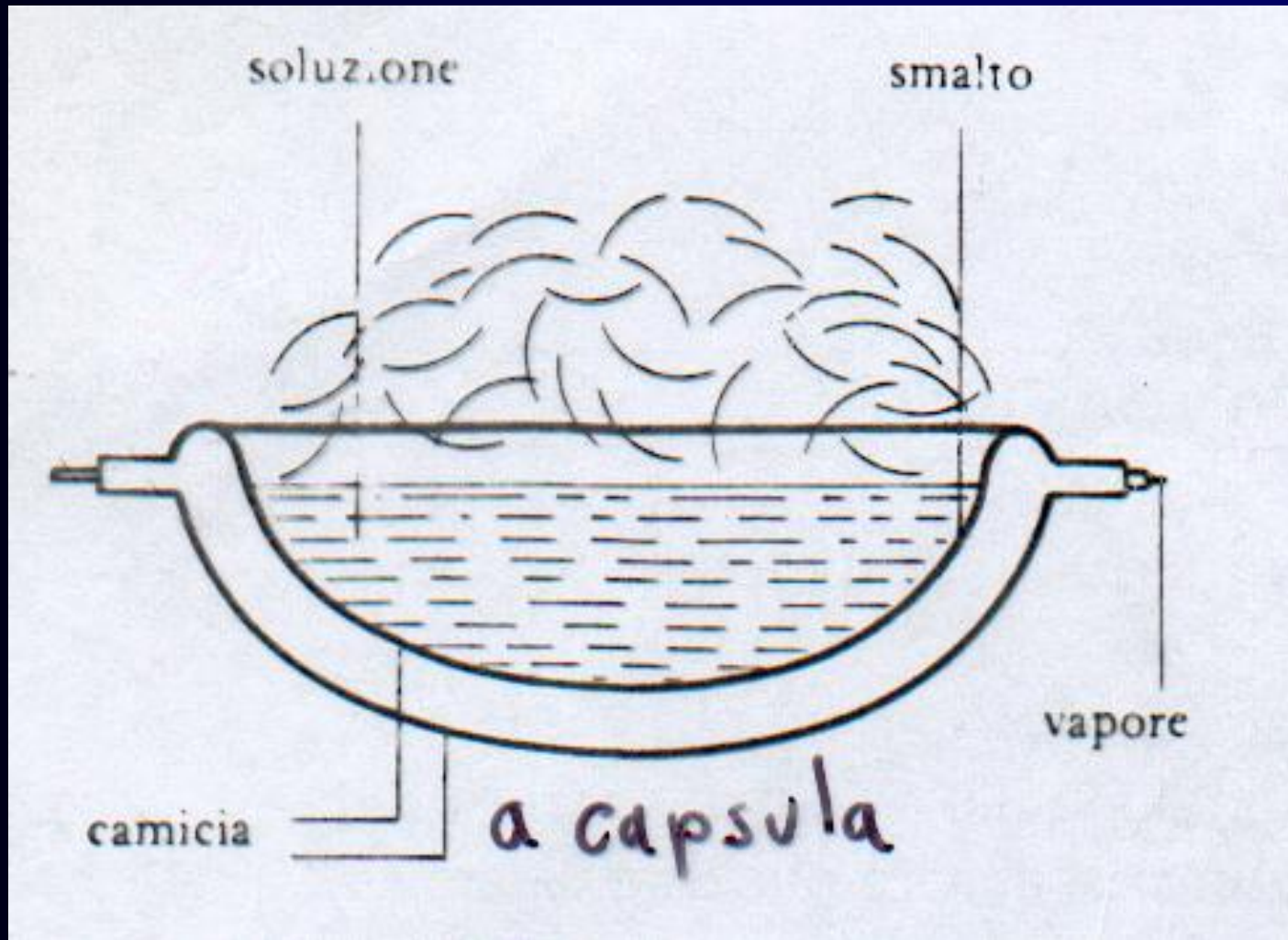


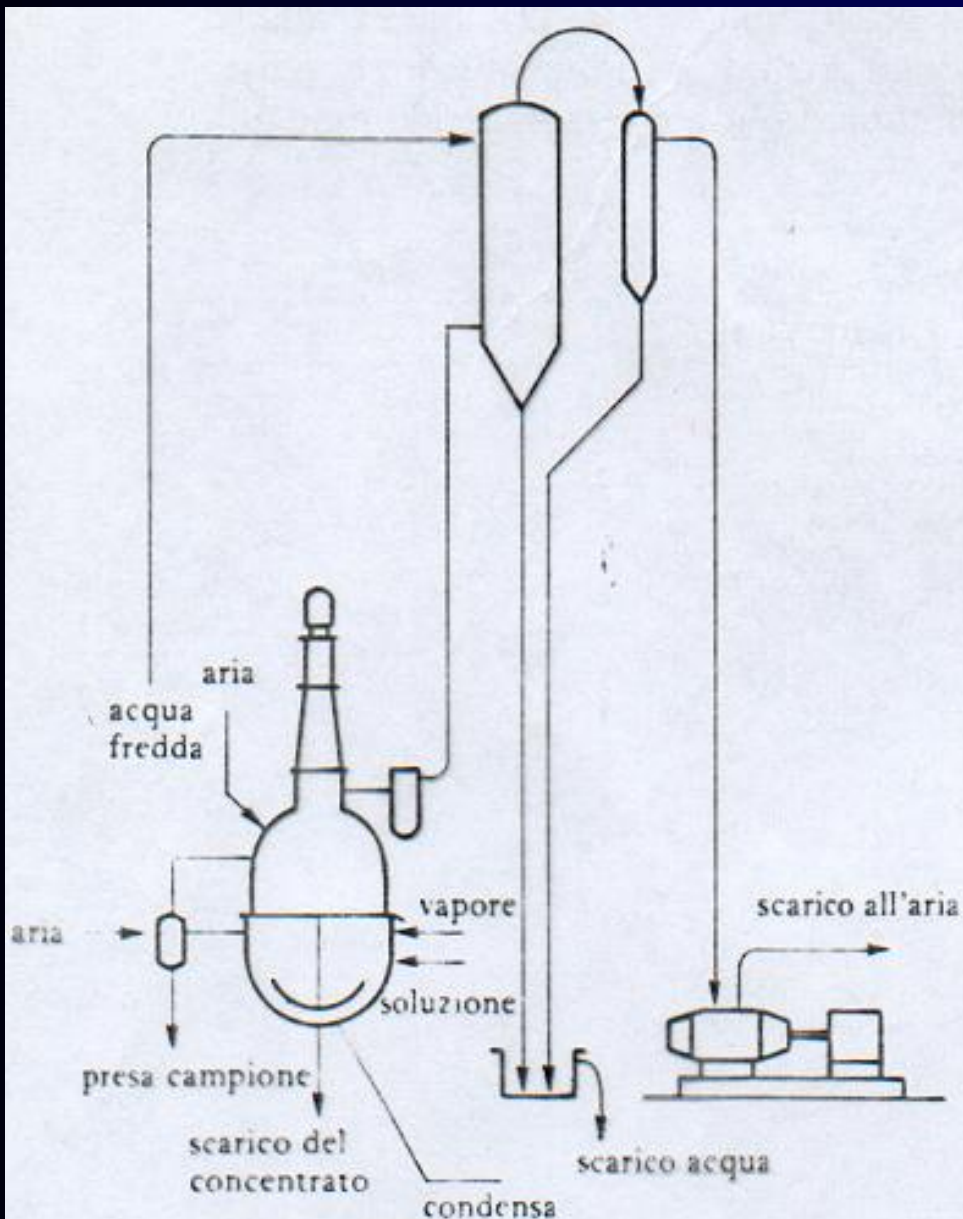
FIG. 44 - Schema di bilancio termico e di massa in un impianto di concentrazione continuo in triplo effetto a correnti inverse.

CONCENTRATORE A CAPSULA



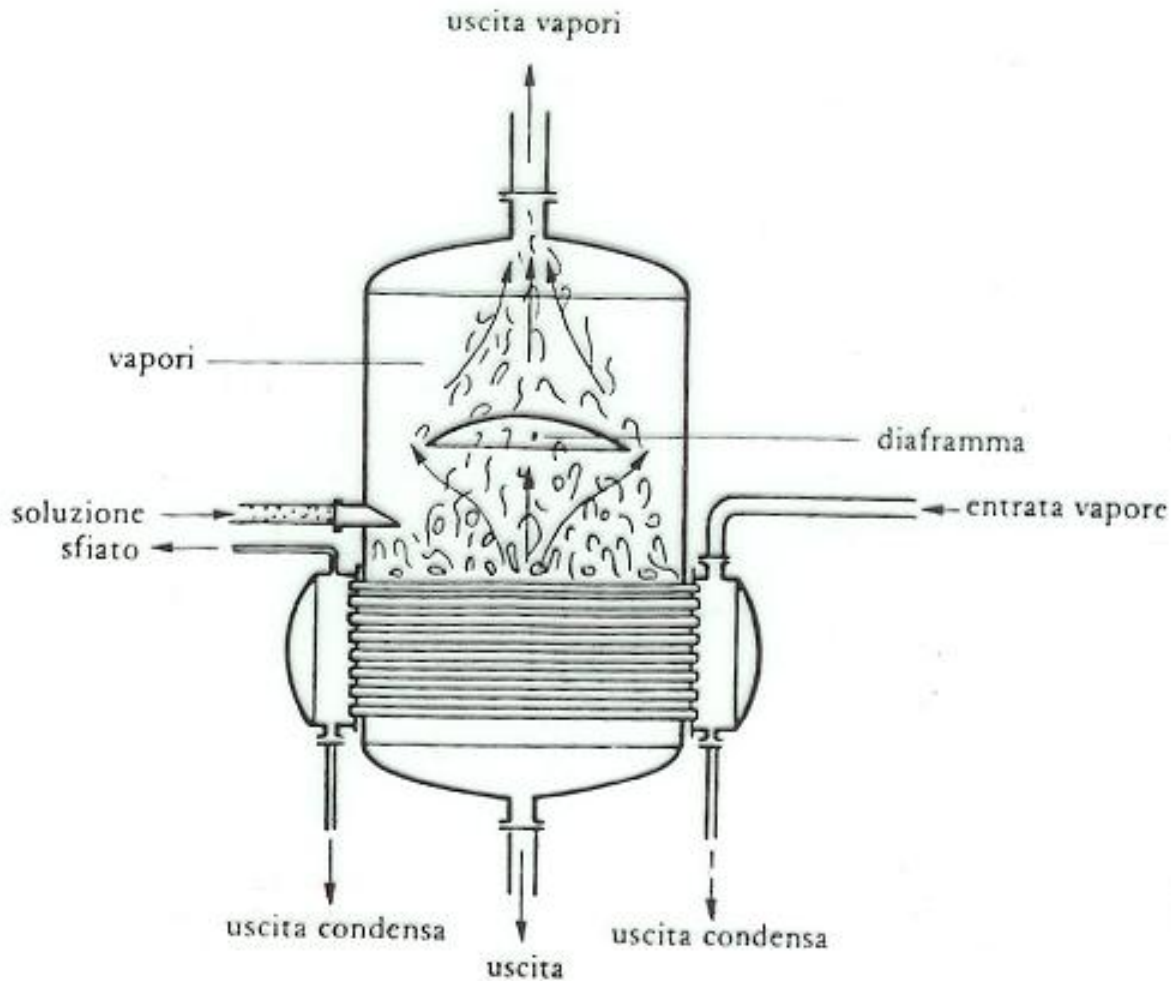
Discontinuo

CONCENTRATORE A BOLLA

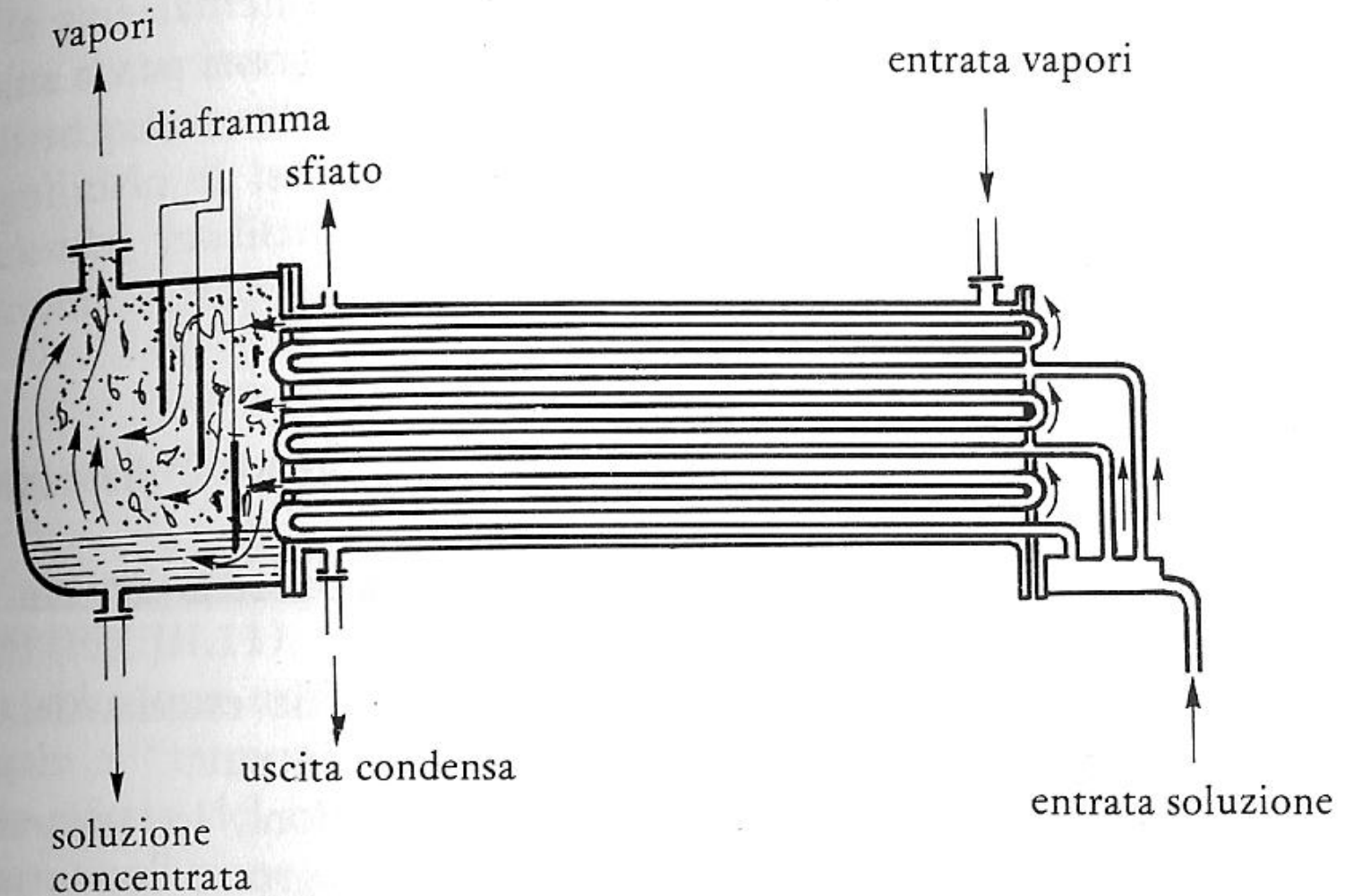


Discontinuo
Limitate produzioni
Può lavorare sotto vuoto (pompe condensatore barometrico)

EVAPORATORI ORIZZONTALI

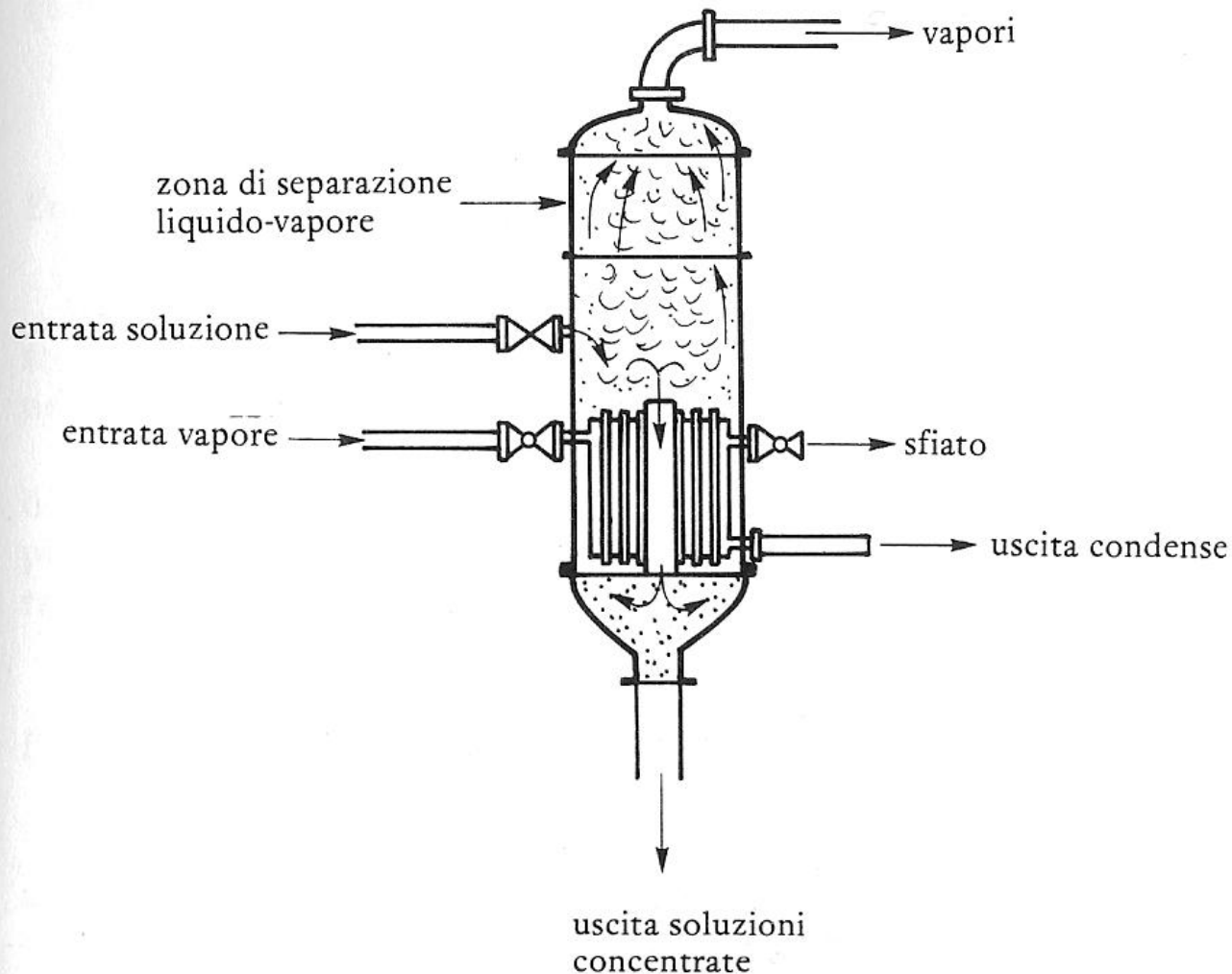


**Vapore interno
ai tubi**



Vapore esterno ai tubi
Adatto per liquidi che tendono a schiumare

EVAPORATORI VERTICALI



**Fascio tubiero
verticale
Vapore interno ai
tubi**

Fig. III.10

KESTNER

(tubi lunghi)

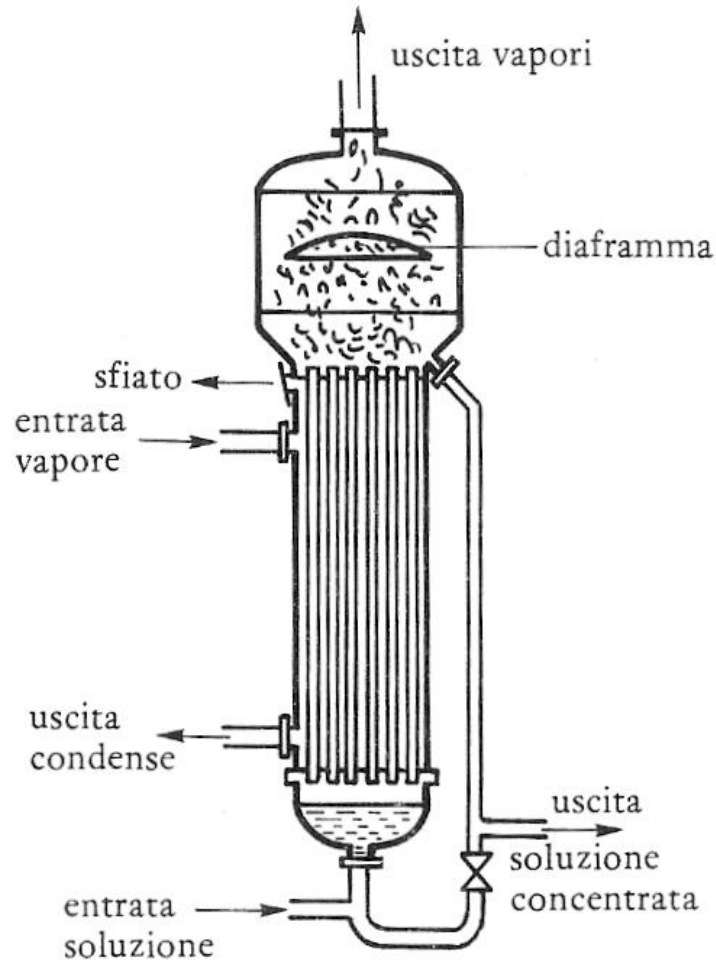
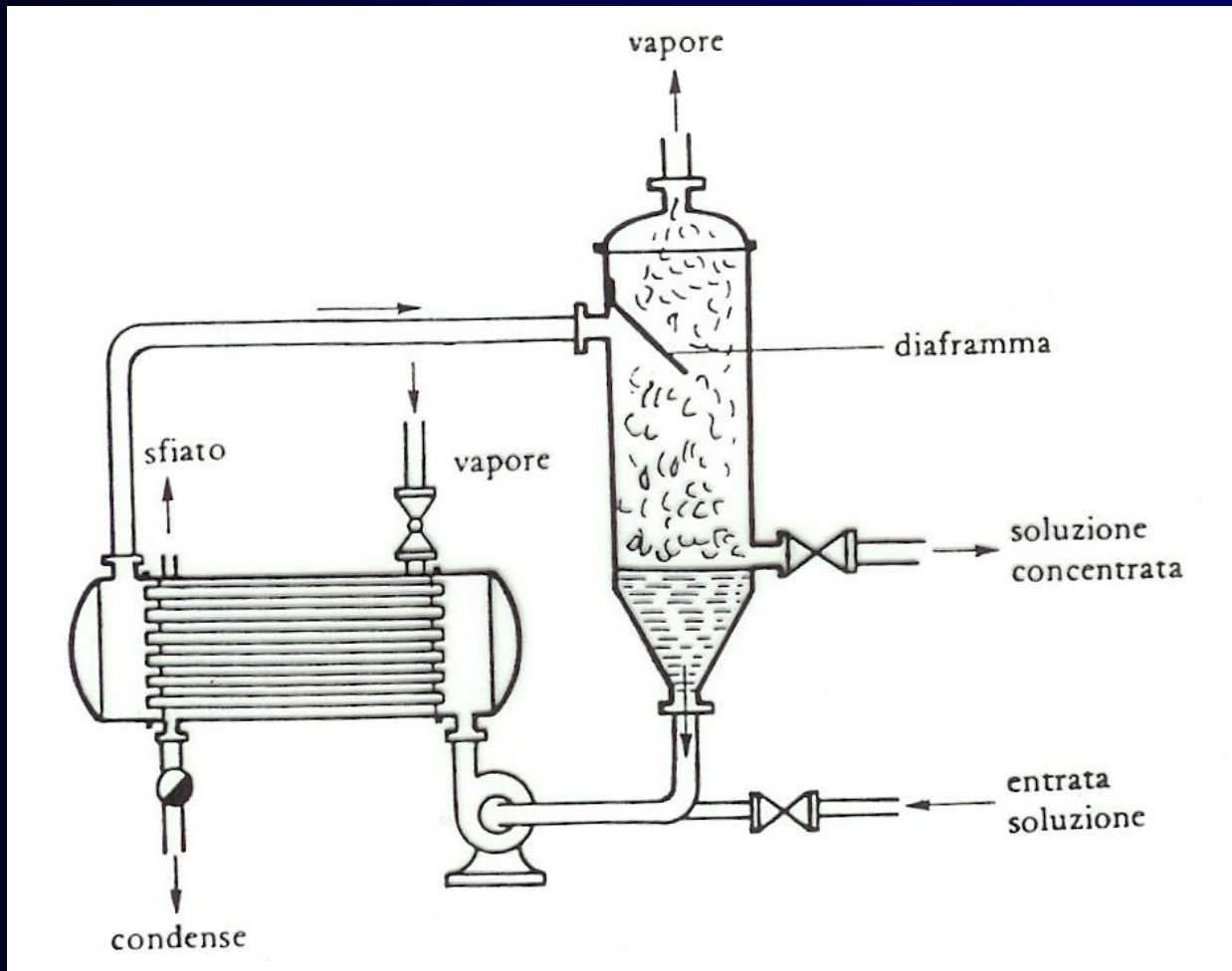


Fig. III.11








La soluzione entra dal basso e circola nell'apparecchio (circolazione naturale a termosifone).

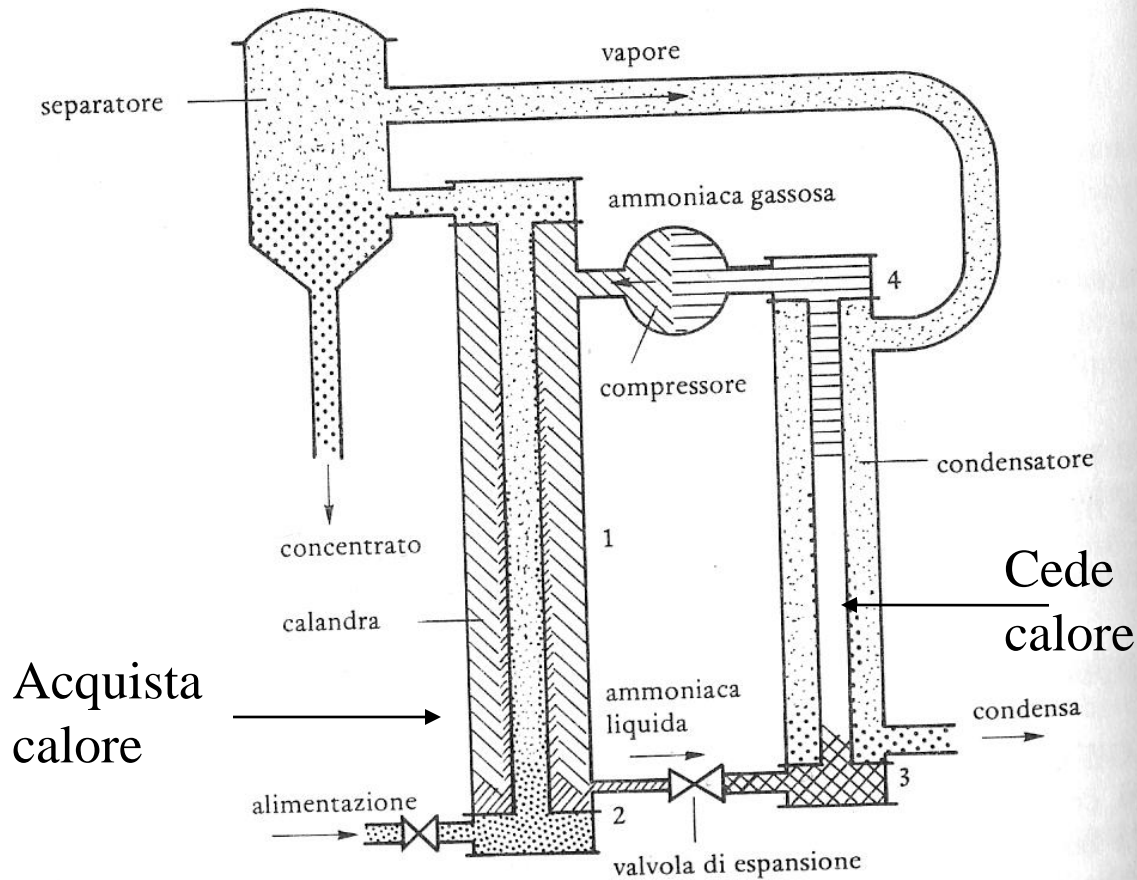
Evaporazione a circolazione forzata (pompa centrifuga)

- condensatore esterno all'evaporatore
- Adatto per soluzioni che formano depositi
- Facilità a pulire le intersezioni



Evaporatore a pompa di calore

- | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|  | ammoniaca gassosa calda |  | ammoniaca liquida fredda |
|  | ammoniaca liquida calda |  | condensa |
|  | vapore |  | soluzione |
|  | ammoniaca gassosa fredda | | |



Apparato frigorifero a compressione
Gas criogenico (ammoniaca)

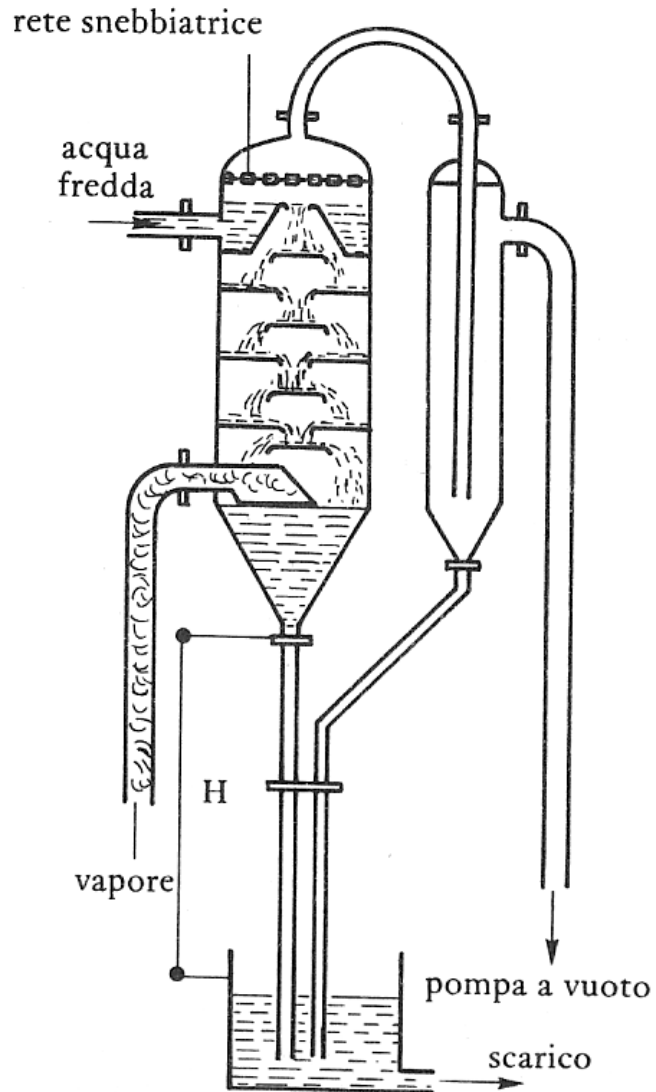
Bassa temperatura
(27, 38°C)

Adatta per alimenti liquidi termosensibili
(latte, succo agrumi)

EVAPORATORE A BASSA PRESSIONE

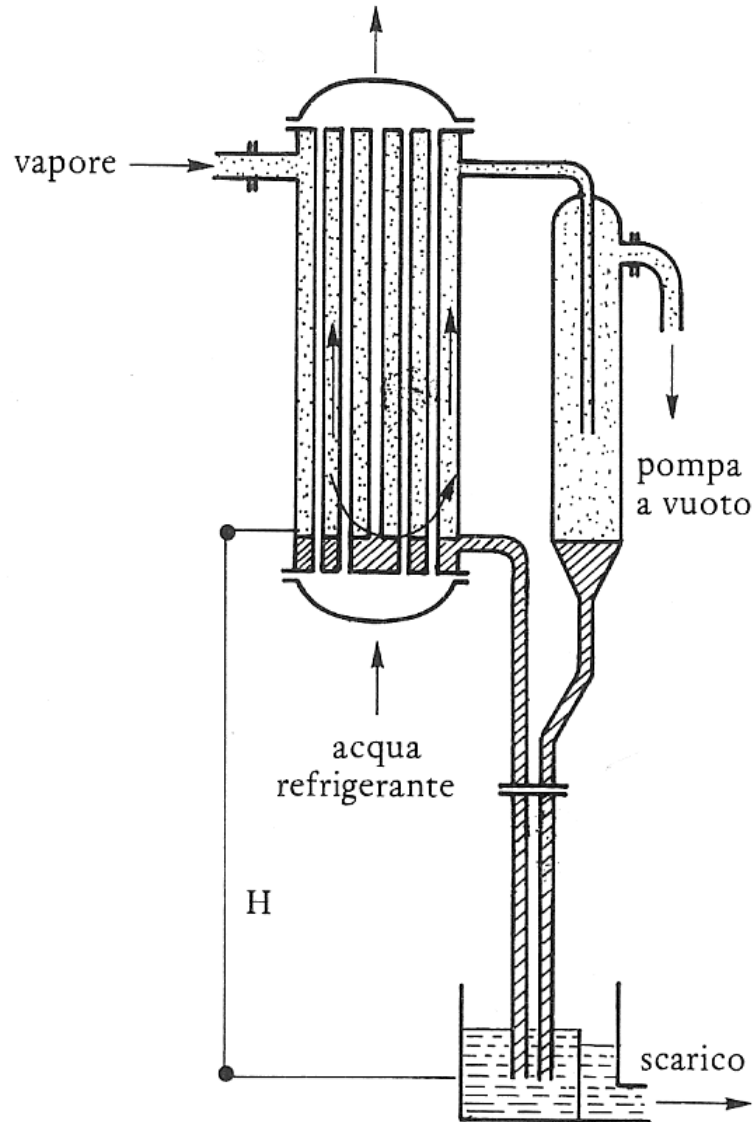
Per liquidi con alti punti di ebollizione
o termolabili

Condensatore barometrico a miscela



Colonna
barometrica riempita
con acqua di
raffreddamento

Condensatore a superficie



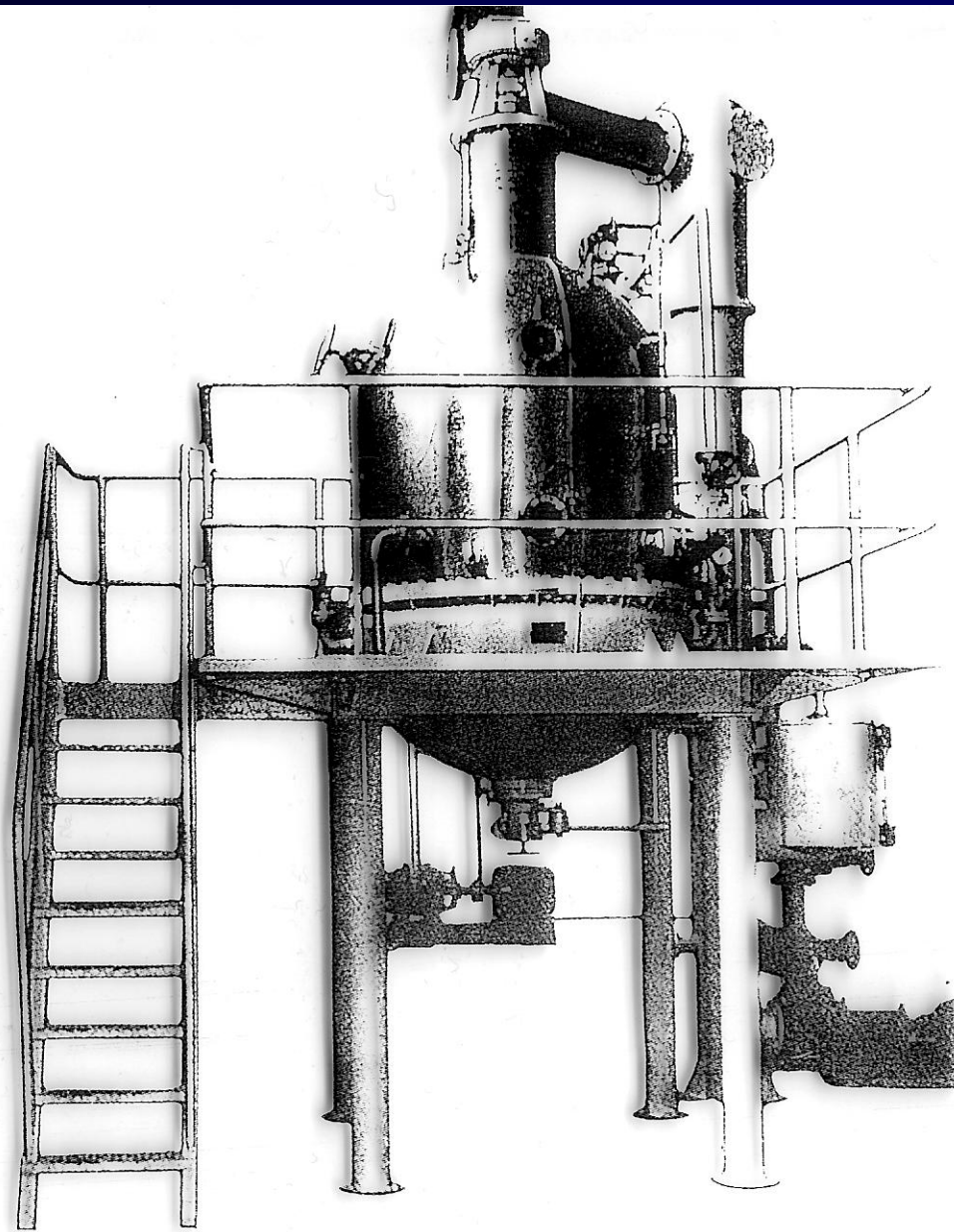


FIG. 46 - Bolla di concentrazione per succo di pomodoro.

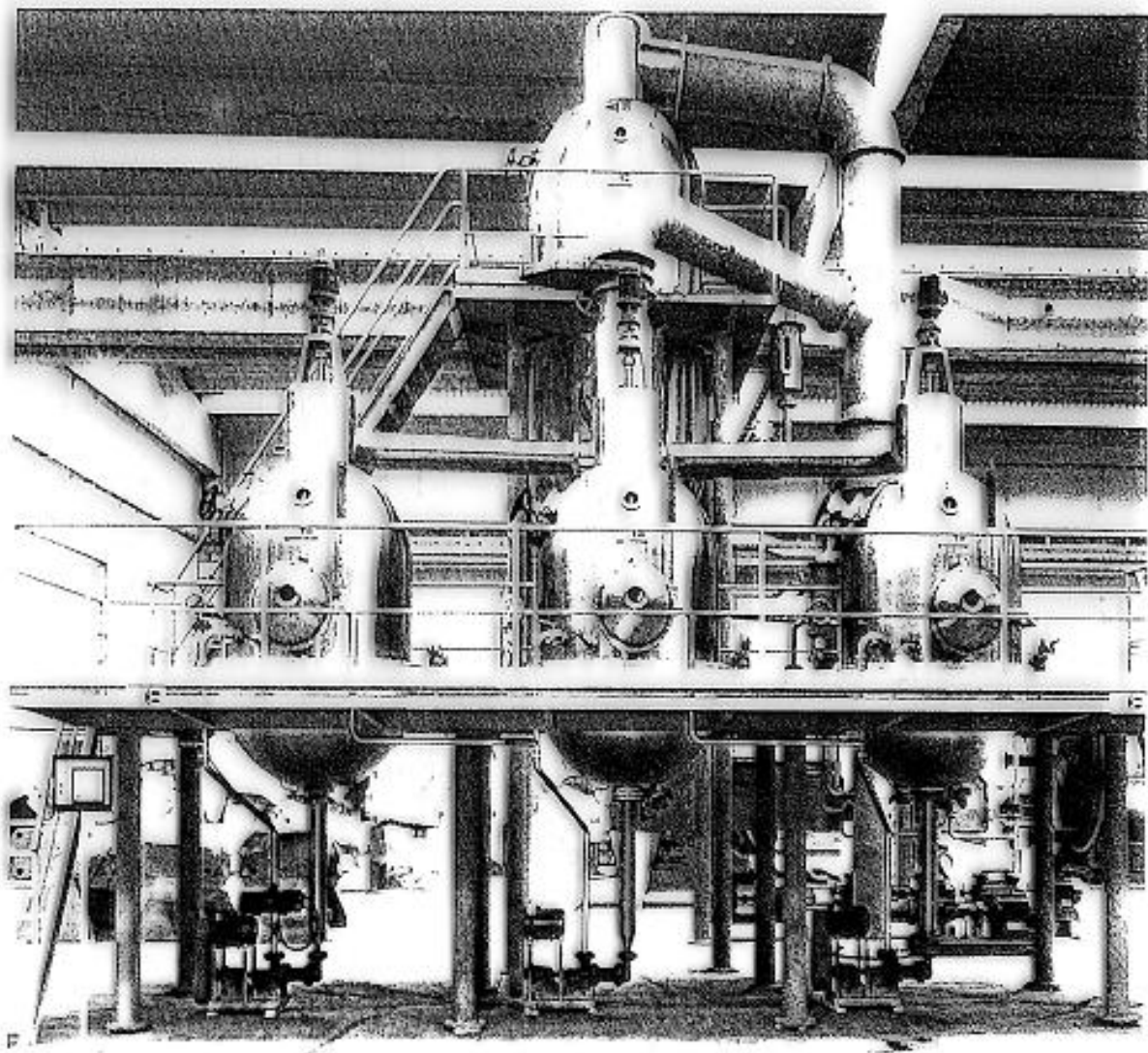
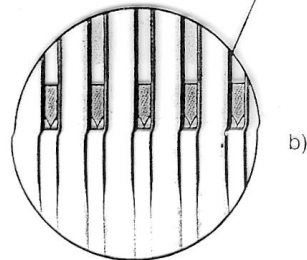
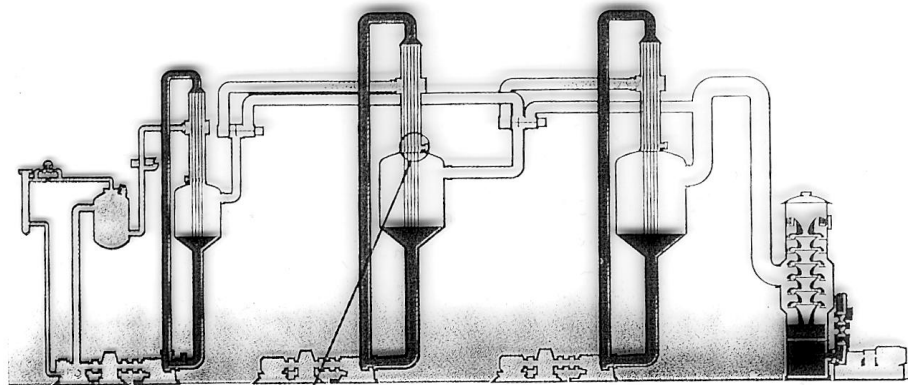
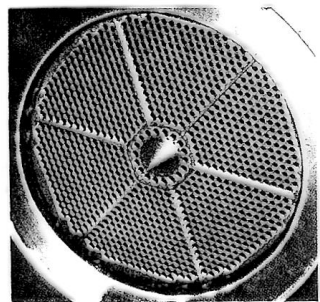


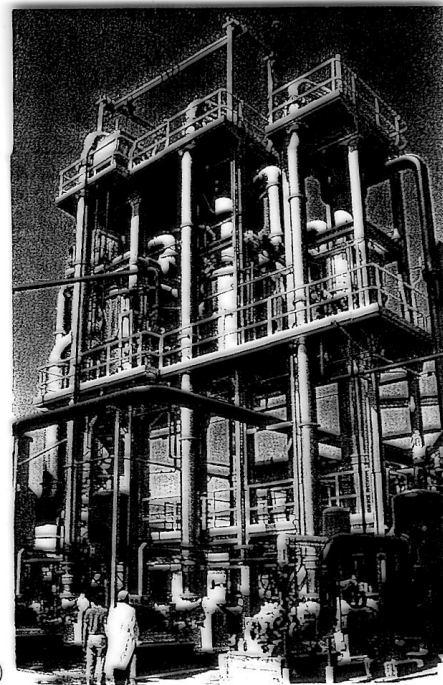
FIG. 53 - Impianto di concentrazione a bolle con preconcentratore.



b)



c)



d)

FIG. 54 - Evaporatore Venus della Rossi & Catelli; a) schema di flusso di un triplo effetto; b) particolare dell'uscita del concentrato dal fascio tubiero ed ingresso nella camera di evaporazione; c) piastra inferiore di un fascio tubiero; d) mod. T60 TE.

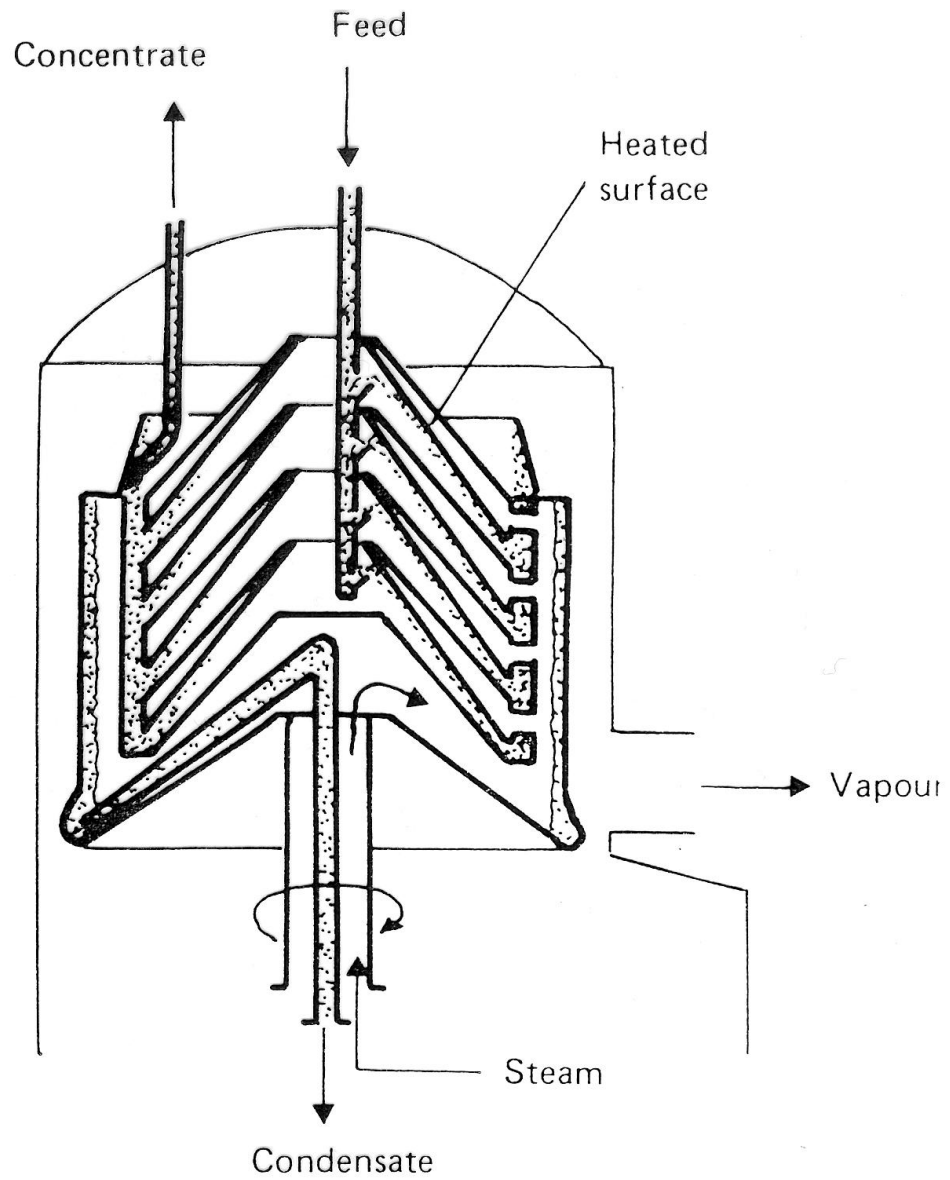


Fig. 12.7 — Centri-term evaporator. (After Mannheim and Passy (1974).)

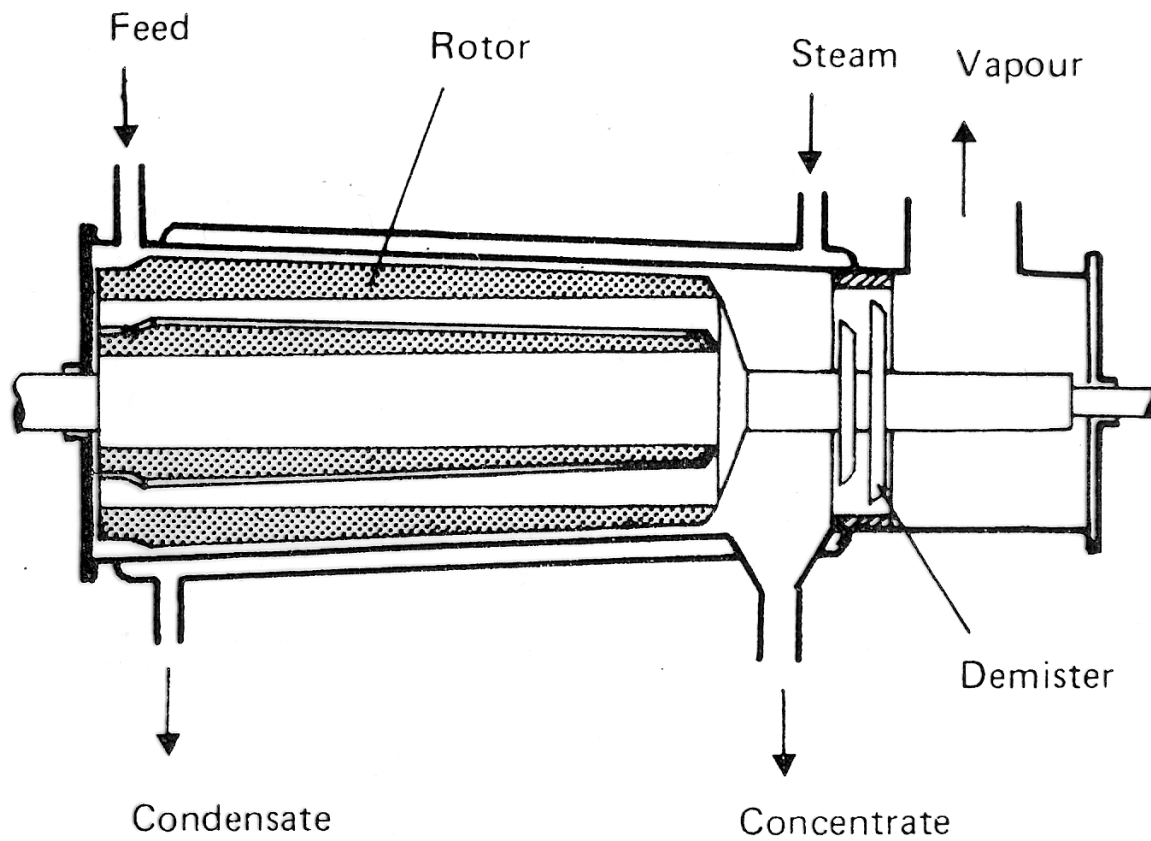


Fig. 12.8 — Mechanical thin film evaporator. (After Leniger and Beverloo (1975).)

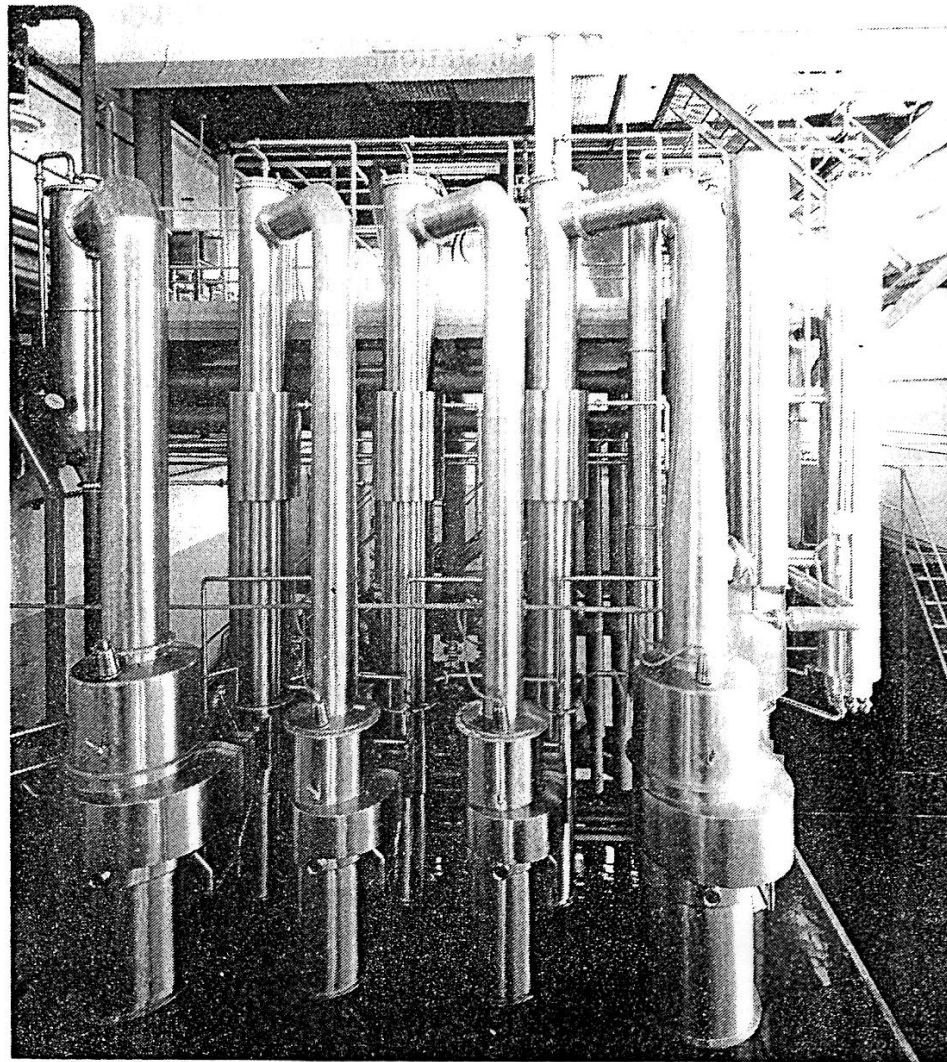


Fig. 12.3 — Commercial falling-film evaporators. (Courtesy of APV Ltd.).

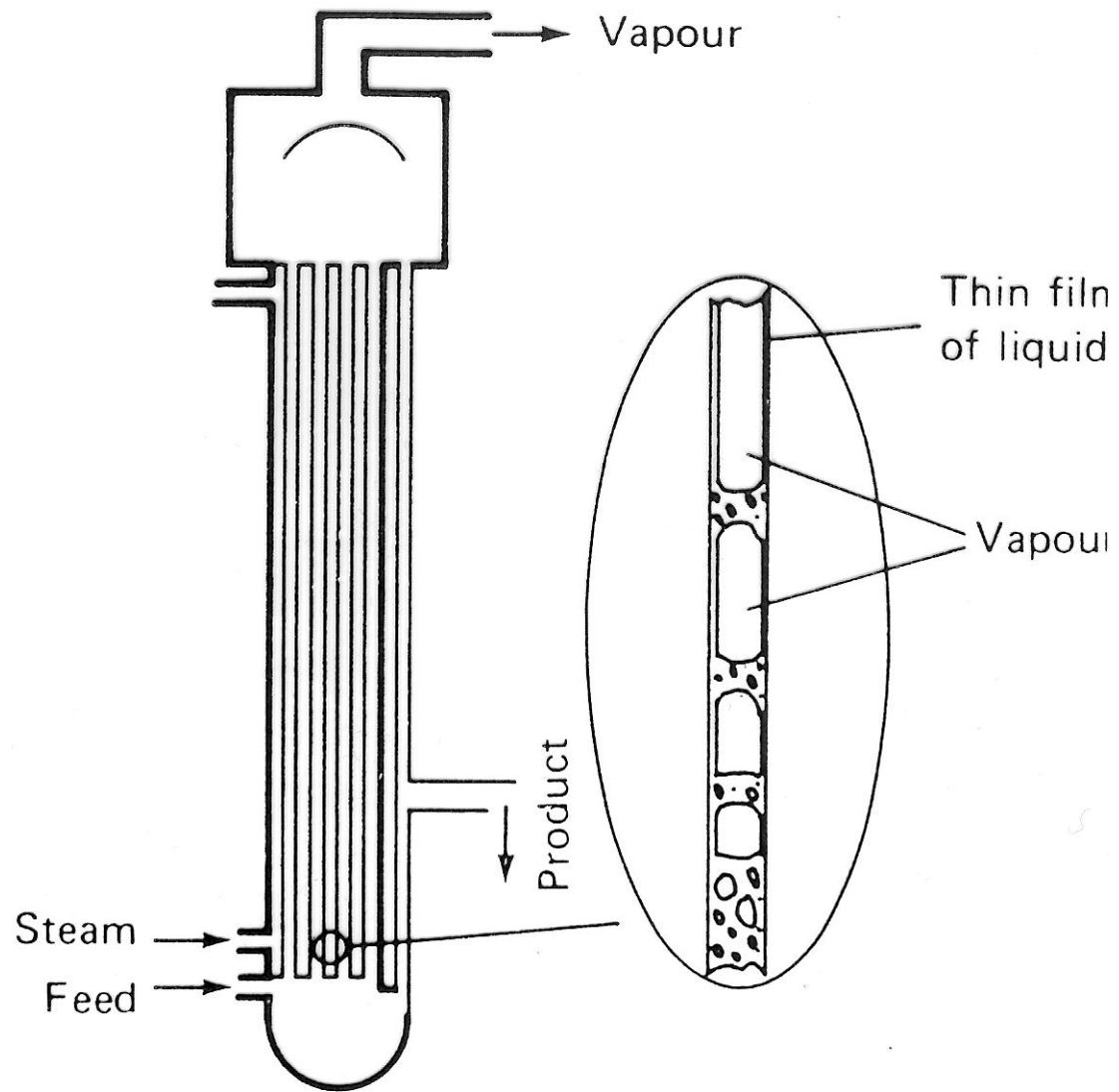


Fig. 12.6 — Climbing-film evaporator.

Evaporation

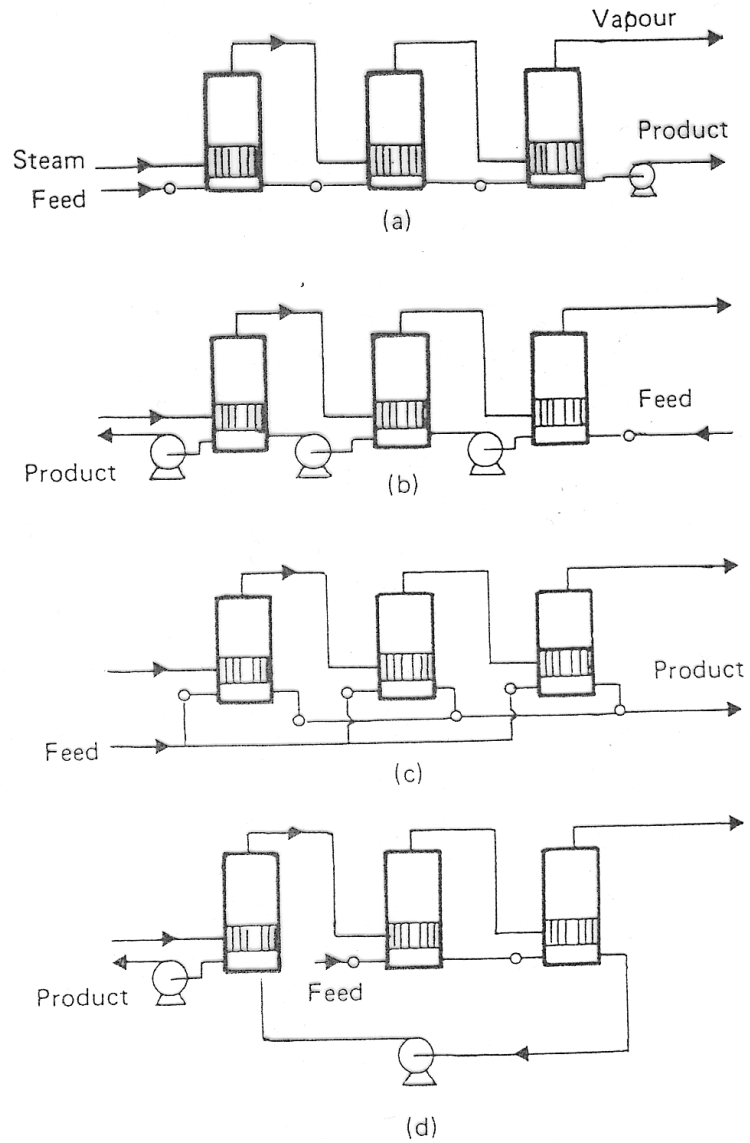


Fig. 12.4 — Arrangement of effects in multiple-effect evaporation: (a) forward; (b) reverse; (c) parallel; (d) mixed. (After Brennan *et al.* (1976).)

Table 12.2 — Advantages and limitations of various methods of multiple-effect evaporation

Arrangement of effects	Advantages	Limitations
Forward feed	Least expensive, simple to operate, no feed pumps required between effects, lower temperatures with subsequent effects and therefore less risk of heat damage to more viscous product.	Reduced heat transfer rate as the feed becomes more viscous, rate of evaporation falls with each effect, best quality steam used on initial feed which is easiest to evaporate. Feed must be introduced at boiling point to prevent loss of economy (if steam supplies sensible heat, less vapour is available for subsequent effects).
Reverse feed	No feed pump initially, best-quality steam used on the most difficult material to concentrate, better economy and heat transfer rate as effects are not subject to variation in feed temperature and feed meets hotter surfaces as it becomes more concentrated thus partly offsetting increase in viscosity	Interstage pumps necessary, higher risk of heat damage to viscous products as liquor moves more slowly over hotter surfaces, risk of fouling.
Mixed feed	Simplicity of forward feed and economy of backward feed, useful for very viscous foods	More complex and expensive
Parallel	For crystal production, allows greater control over crystallisation and prevents the need to pump crystal slurries	Most complex and expensive of the arrangements, extraction pumps required for each effect

Adapted from Brennan *et al.* (1976).