



VALORVITIS



# ***Estrazione con CO<sub>2</sub> supercritica di olio di vinacciolo***

L. Fiori\*, K.S. Duba  
Università degli Studi di Trento

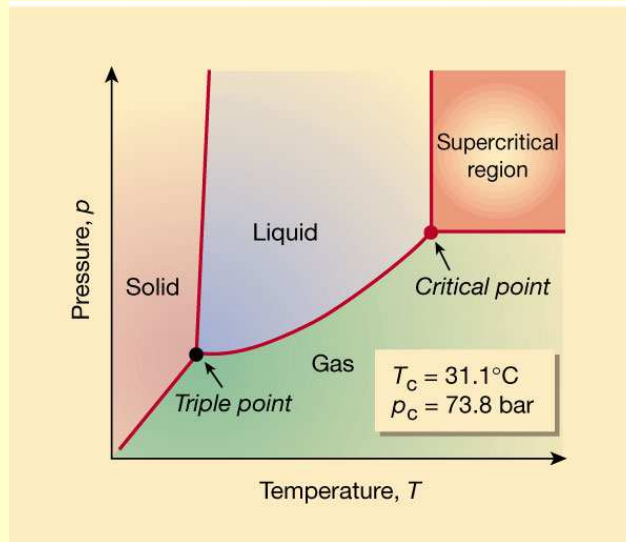
\* [luca.fiori@unit.it](mailto:luca.fiori@unit.it)

1 marzo 2013, Camera di Commercio, Torino





## CO<sub>2</sub> supercritica: applicazioni in ambito alimentare



- decaffeinizzazione di caffè
- estrazione di luppolo
- estrazione di oli edibili ed essenziali
- estrazione di aromi, antiossidanti, composti bio-attivi, nutraceutici, coloranti alimentari

Da: frutta, spezie, erbe, semi, cibi (decoisterificazione), pesci, alghe...

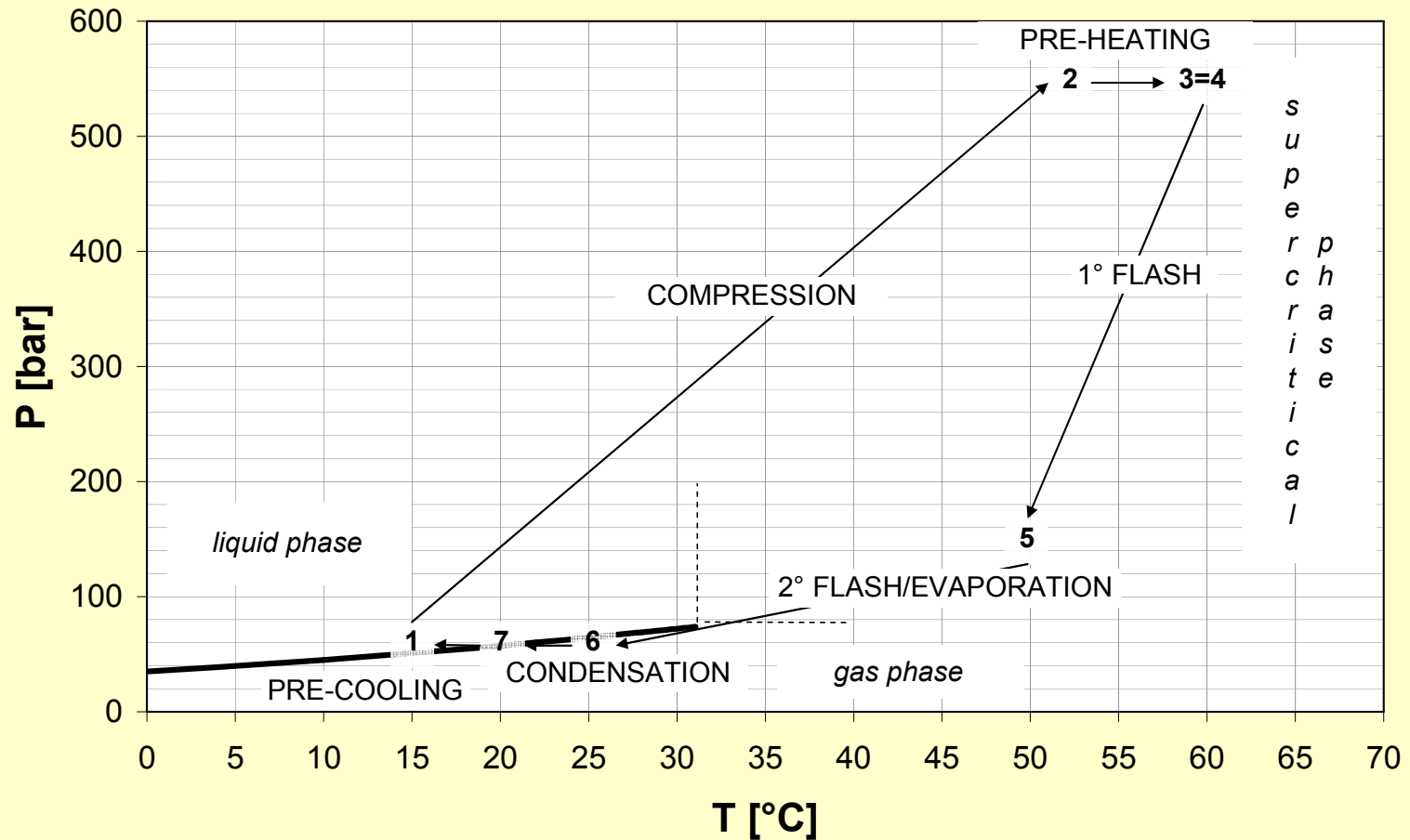
Olio di semi: tradizionalmente estratto per pressione meccanica o con solventi a base idrocarburica (esano)

Olio di semi di girasole, germe di grano, soia, oliva, vinacciolo

Olio di vinacciolo: ha un alto valore nutrizionale in quanto ricco di acidi grassi insaturi (linoleico e oleico)



## Estrazione supercritica: come funziona?





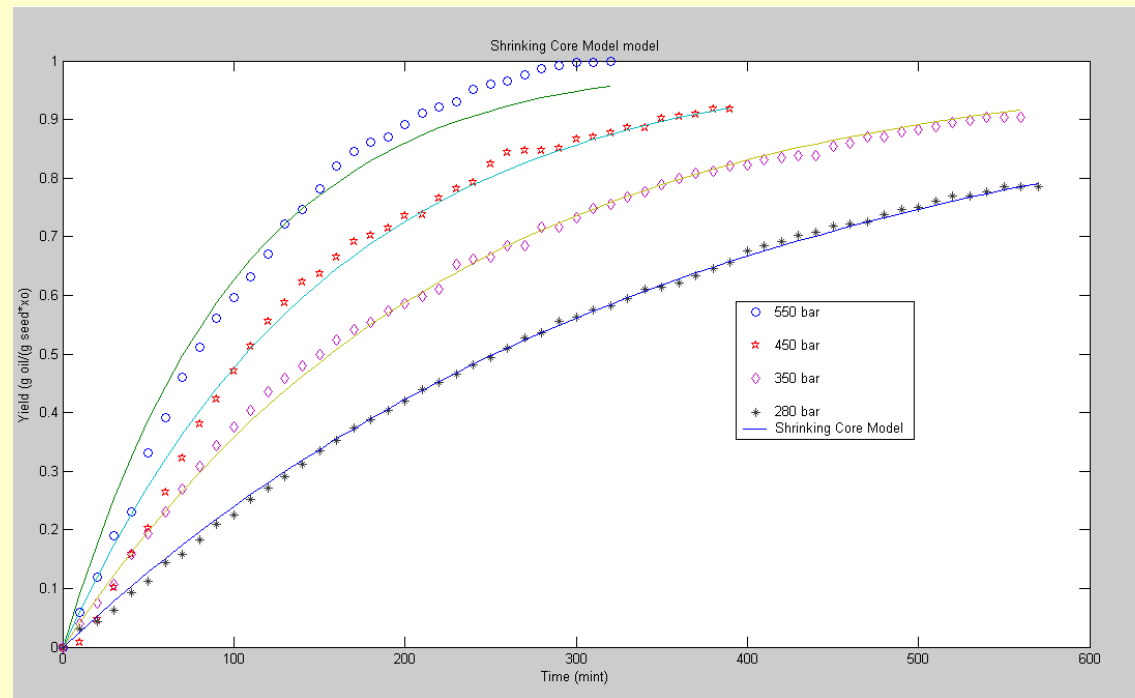


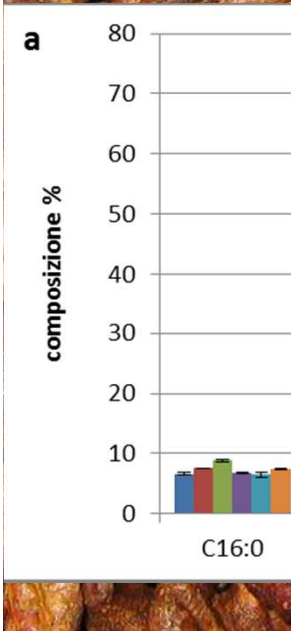
## Prove sperimentali

### condizioni operative

- Volume estrattore: 500 cc
- T estrazione: 40-70°C
- P estrazione: 280-550 bar
- Portata CO<sub>2</sub>: 15-25 g/min

### Cinetiche di estrazione





# Prove sperimentali

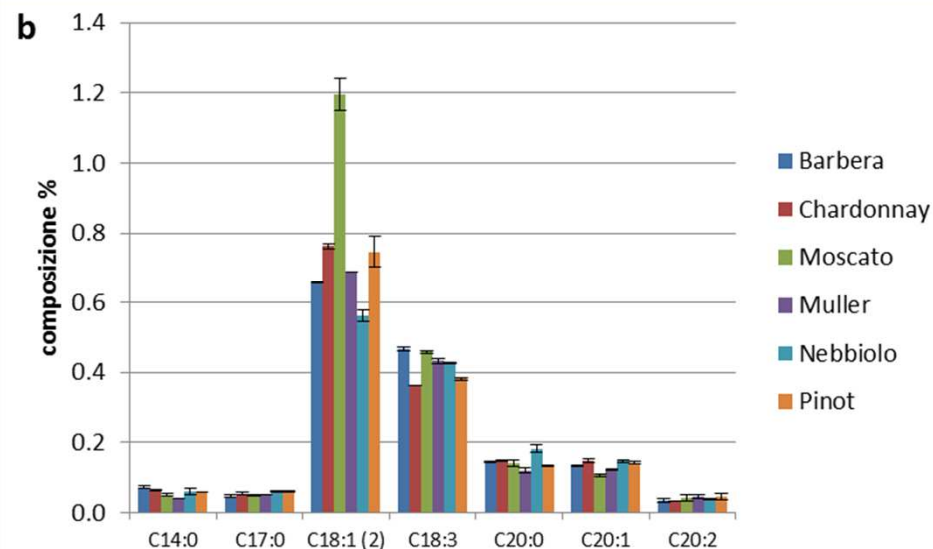
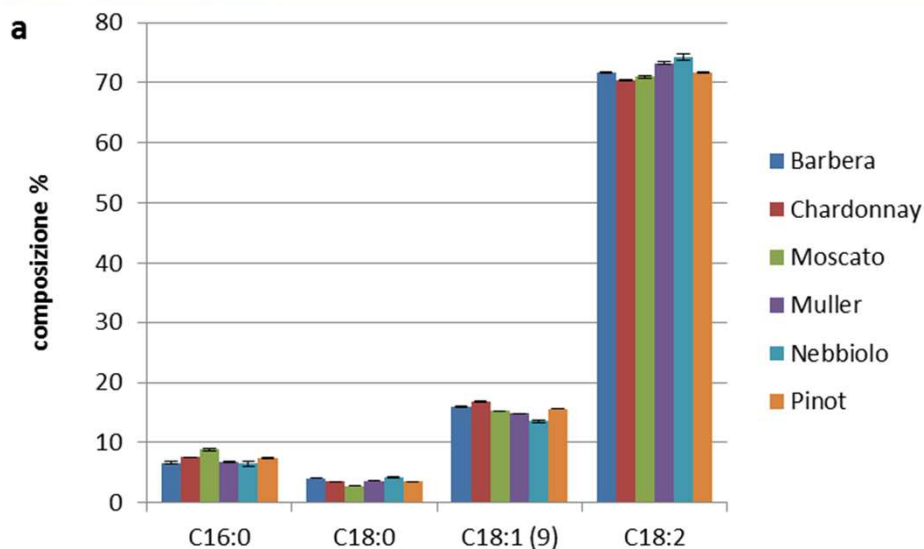


## Rendimenti di estrazione

Cultivar	CO <sub>2</sub> supercritica	Esano
Muller Thurgau	7.3	8.3±0.2
Barbera	8.6	8.1±0.1
Nebbiolo	9.1	8.4±0.3
Pinot Nero	8.8	10.1±0.8
Moscato	9.6	9.7±0.1
Chardonnay	9.9±1.2	11.2±0.2

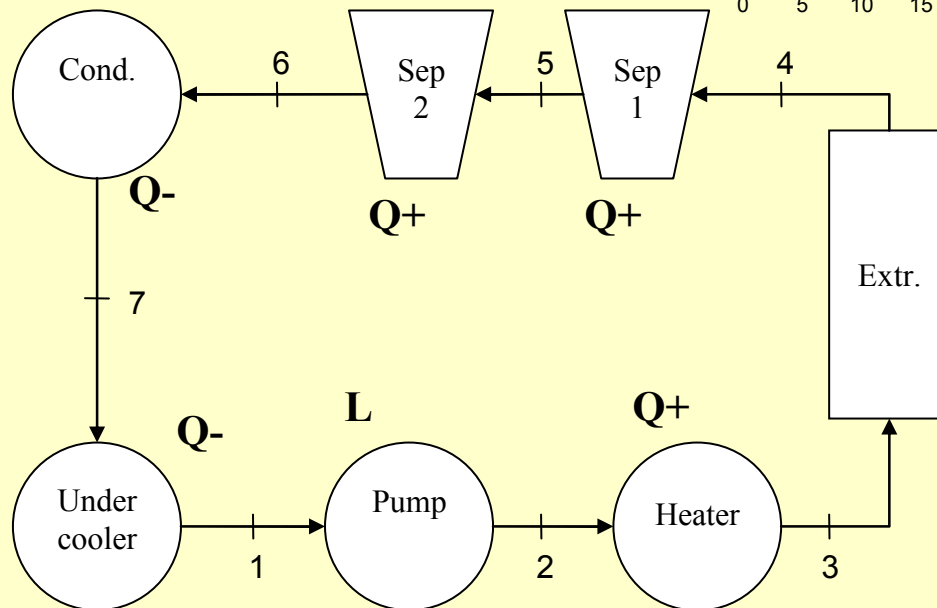
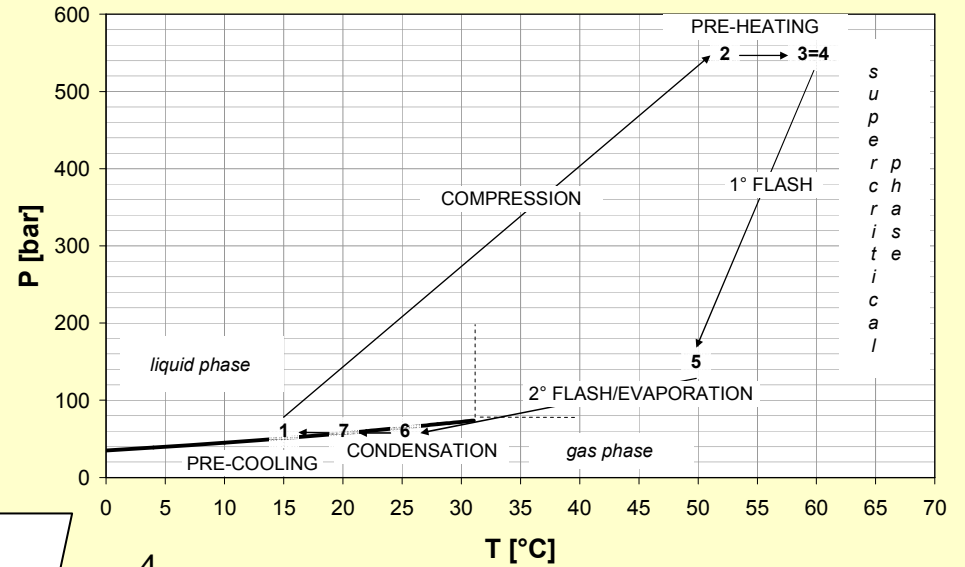
Tabella 1. Rese di estrazione (grammi di olio estratto / grammi di vinaccioli utilizzati; valori in %)

## Caratterizzazione analitica



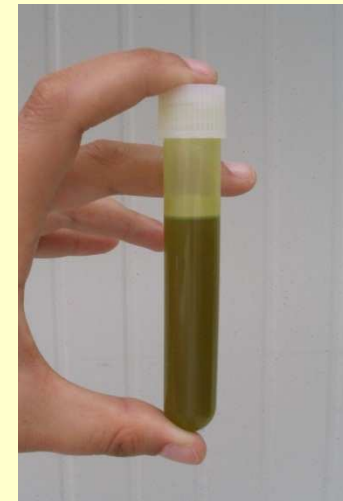
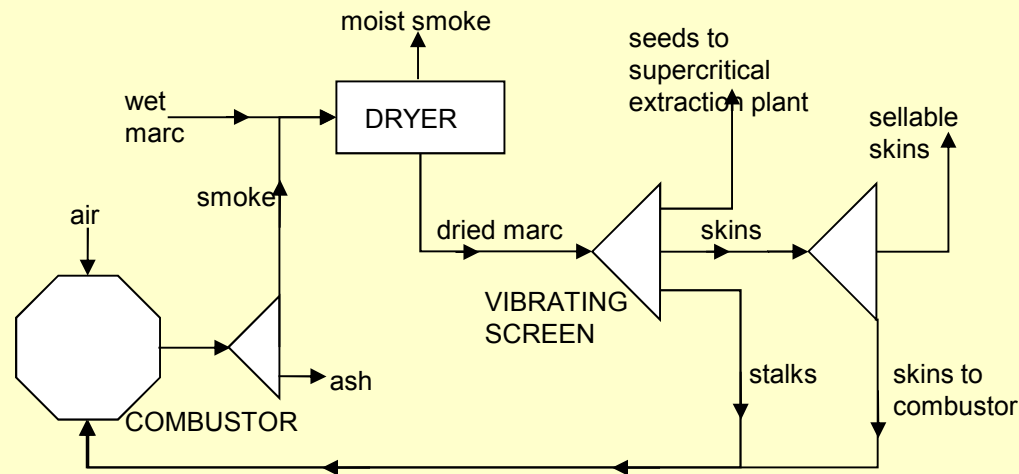
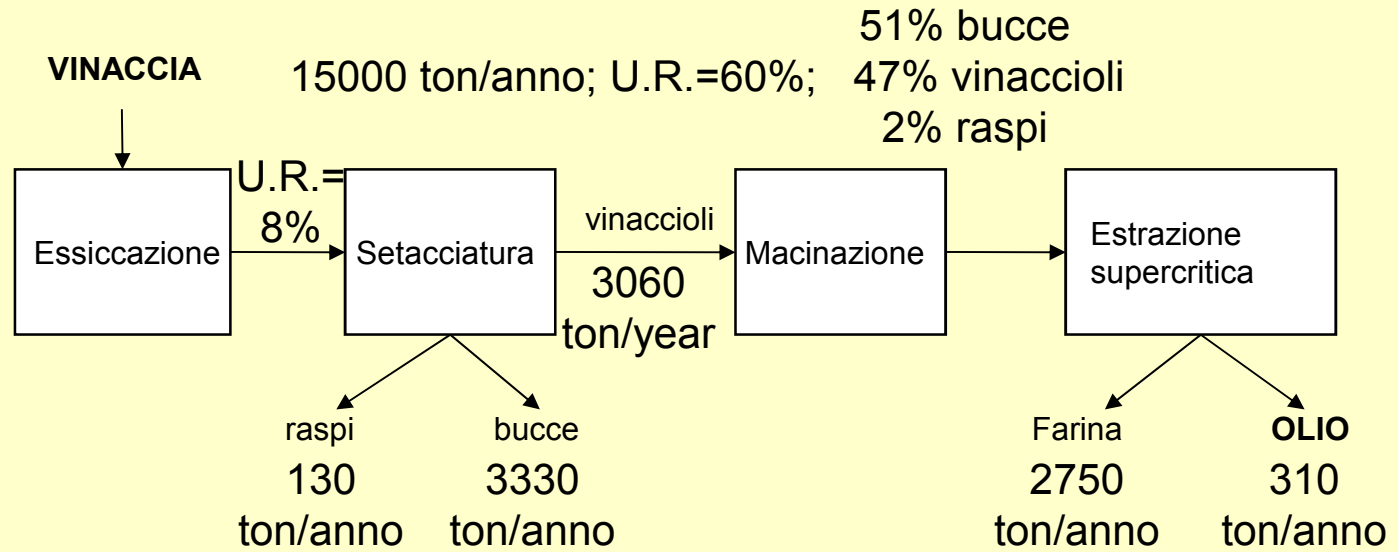


# Impianto di estrazione con CO<sub>2</sub> supercritica: apporti energetici





## Dalla vinaccia all'olio di vinacciolo







# Progetto di un impianto di estrazione supercritica (1)

Caratteristiche del substrato:

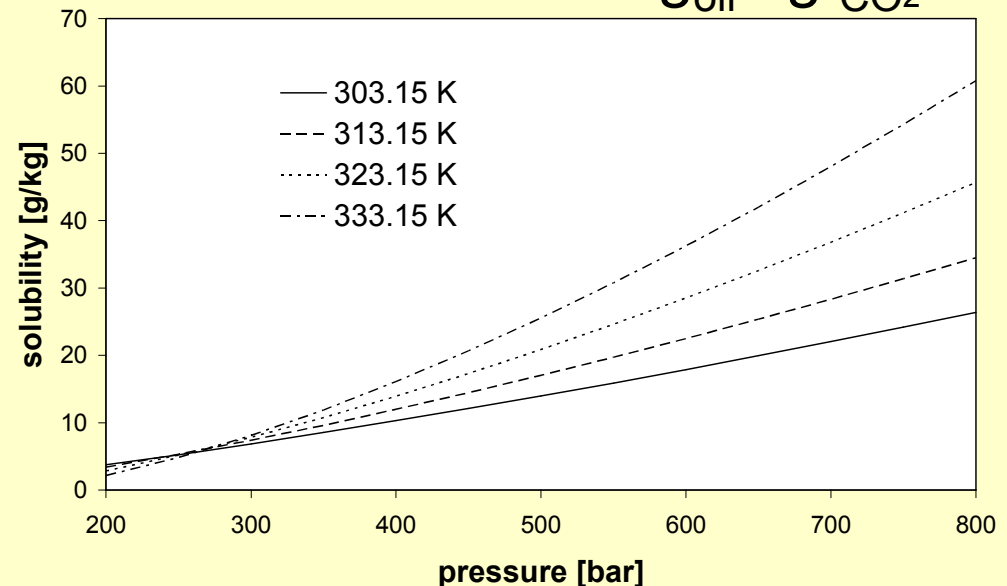
- Densità apparente di vinaccioli essiccati e macinati:  $600 \text{ kg/m}^3$
- Contenuto di umidità: 8%
- Granulometria:  $<0.4 \text{ mm}$  (diametro medio)
- Contenuto in olio: 12% [1,2]
- Disponibilità vinaccioli: 3000 ton/year
- Solubilità di olio in  $\text{CO}_2$  supercritica [3]:

$30 \text{ g}_{\text{oil}}/\text{kg}_{\text{CO}_2}$

[1] Sovová H., Kucera J., Jez J. (1994). *Chem. Eng. Sc.* 49, 415-420.

[2] Fiori L. (2007). *J. Supercrit. Fluids* 43, 43-54.

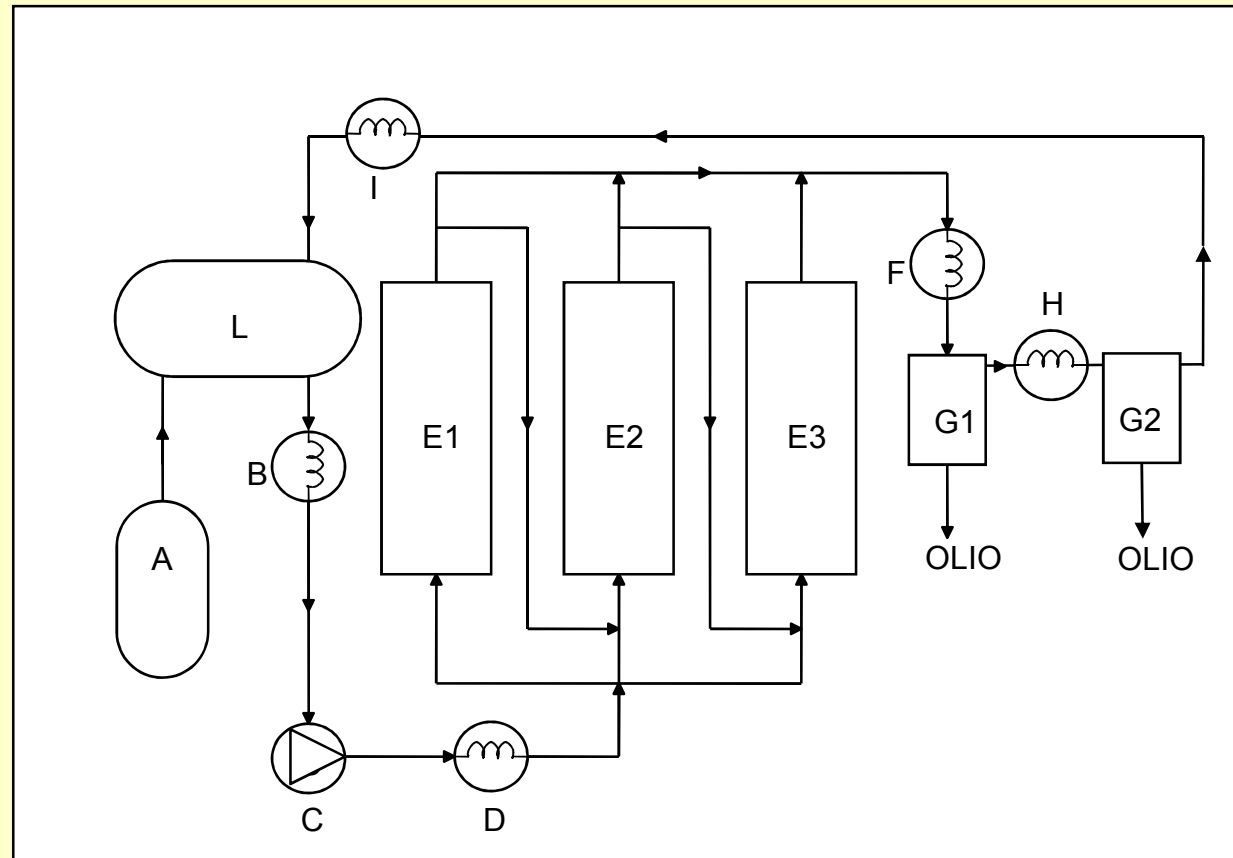
[3] del Valle J.M. and Aguilera J.M. (1998). *Industrial & Eng. Chemistry Research*. 27,1551-1553



Condizioni operative: 550 bar,  $60^\circ\text{C}$



## Progetto di un impianto di estrazione supercritica (2)



A: serbatoio di reintegro  $\text{CO}_2$   
L: serbatoio di accumulo  $\text{CO}_2$   
B: refrigeratore  
C: pompa  $\text{CO}_2$   
D, F, H: riscaldatori

E1, E2, E3: estrattori  
G1, G2: separatori  
I: condensatore



# Progetto di un impianto di estrazione supercritica (3)

A C.O.  $R_{\text{teorico}} = 4 \text{ (kg}_{\text{CO}_2}/\text{kg}_{\text{vinaccioli}})$   
 $= 4.8 \rightarrow$  modellazione  $\rightarrow$  Resa di estrazione=85%

Utilizzo impianto: 300 giorni/anno e 24 ore/giorno

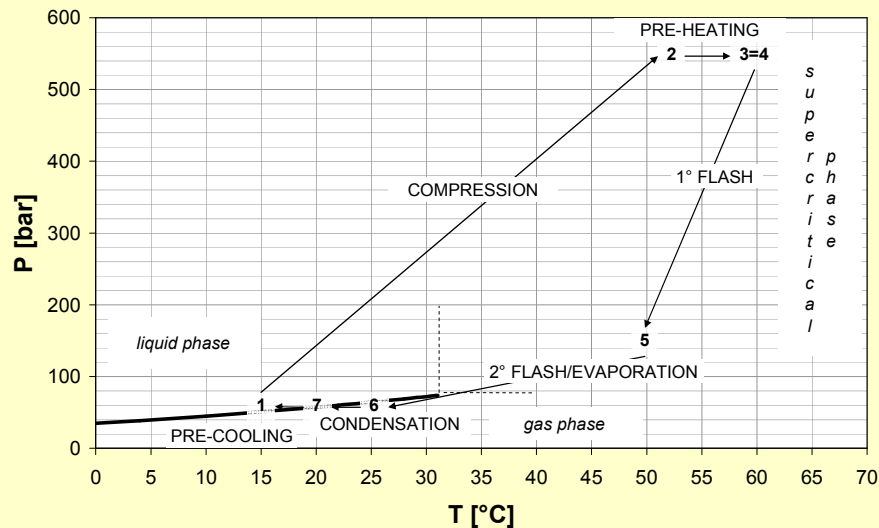
Operazioni discontinue: 1 ora

Durata di un semi-ciclo: 1 ora

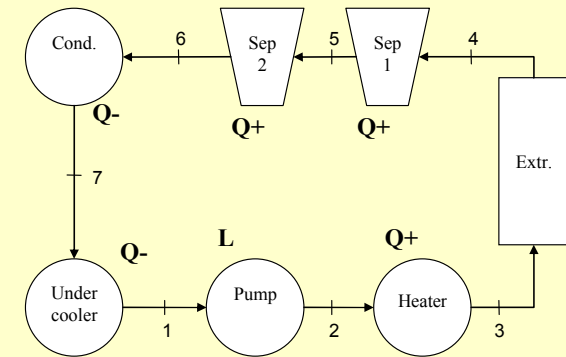
Capacità estrattori: 800 litri

Portata  $\text{CO}_2$  : 2,000 kg/h

Serbatoio  $\text{CO}_2$  : 1,500 litri



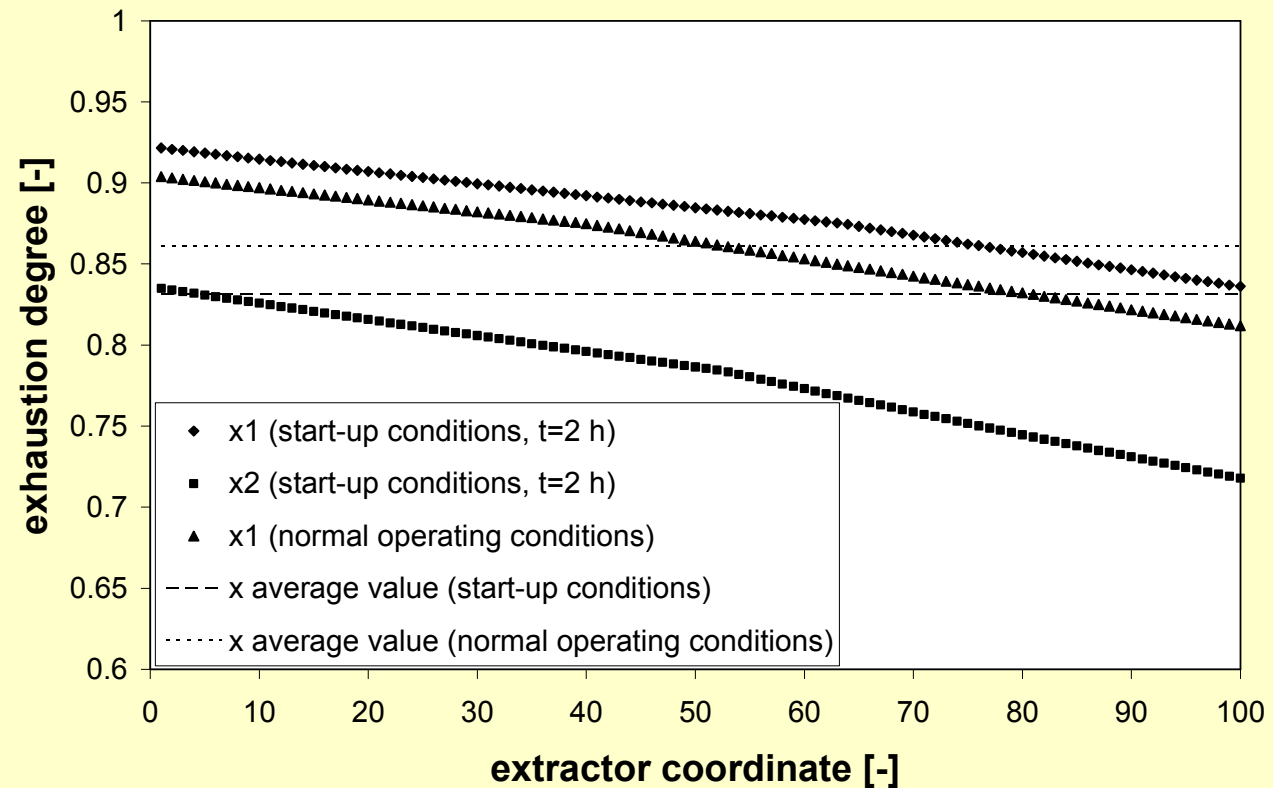
	T [°C]	P [bar]	H [kJ/kg]*
1	15	60	237.13
2	52	550	289.67
3=4	60	550	303.46
5	50	150	314.00
6	25	60	416.21
7	20	60	254.28





## Modellazione del processo di estrazione supercritica [1]

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial C}{\partial z} - D_{ax} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} = \frac{1}{\varepsilon} \cdot k \cdot a \cdot (C_0 - C) \quad \frac{dx}{dt} = 3 \cdot \frac{k}{R_p} \cdot \frac{C_0 - C}{C_s} \cdot \rho_f$$



[1] Fiori L., Basso D., Costa P. (2009). *J. Supercrit. Fluids* 48, 131-138.



## COSTI OPERATIVI ANNUALI

TIPOLOGY	VALUE	YEARLY COSTS [€]
Manodopera	40,000 [€ persona/anno]	360,000
Elettricità	0.12 [€/kWh]	146,000
Vapore	0.025 [€/kg]	26,500
CO <sub>2</sub>	0.20 [€/kg]	10,800
Manutenzione/Ricambi	100,000 [€/anno]	100,000
<b>COSTI TOTALI</b>		<b>643,300</b>

## COSTI DI INVESTIMENTO

Impianto supercritico =  $1.0163 \ln(V_T) - 4.9147 = 3,000,000 \text{ €}$  [1]

TIPOLOGIA	VALORE [€]
Essiccatore, combustore, vagli vibranti, macinatore	750,000
Impianto Supercritico	3,900,000
Opere Civili	1,400,000

[1] Lack E., Gamse T., Marr R. in A. Bertucco and G. Vetter (Eds.), High pressure process technology, Elsevier, 2001, pp.383.



## **COSTI DI PRODUZIONE GLOBALI ANNUALI**

<b>TIPOLOGY</b>	<b>YEARLY COST [€/year]</b>
<b>Condizionamento vinaccia: costi operativi</b>	<b>110,000</b>
<b>Estrattore supercritico: costi operativi</b>	<b>643,300</b>
<b>Costi di investimento per gli impianti</b>	<b>699,000</b>
<b>Costi di investimento per le opere civili</b>	<b>142,600</b>
<b>Costi amministrativi</b>	<b>65,000</b>
<b>Costo della vinaccia: acquisto</b>	<b>15,000</b>
<b>Costo della vinaccia: trasporto</b>	<b>135,000</b>
<b>Totale</b>	<b>1,810,000</b>

**Valore di “break even” dell’olio di vinacciolo estratto con CO<sub>2</sub> supercritica: 5.9 [€/kg]**



## Conclusioni

- Un sistema integrato per produrre olio di vinacciolo e sottoprodotti relativi da vinaccia è stato descritto. L'attenzione è stata focalizzata sull'impianto di estrazione supercritica, che è stato analizzato e dimensionato per un caso-studio provinciale.
- Considerando i vari costi (operativi e di investimento) ed i ricavi della vendita dell'olio di vinacciolo grezzo, il valore di "break even" dell'olio risulta pari a 5.9 €/kg.
- Il costo di produzione di 5.9 €/kg va messo in relazione con il prezzo di vendita dell'olio di vinacciolo: 10-30 €/kg.
- Sono al momento in fase di confronto gli oli di vinacciolo estratti con tecniche diverse: CO<sub>2</sub> supercritica, esano, pressione meccanica.
- Il confronto potrebbe giustificare l'interesse economico verso la tecnologia di estrazione supercritica applicata all'olio di vinacciolo.
- Infine, la analisi economica ha dimostrato che quasi la metà dei costi annuali è legata al finanziamento del costo di investimento dell'impianto supercritico.

**Grazie per l'attenzione!!!**