

# Estrazione con CO<sub>2</sub> Supercritica: Principi, Vantaggi e Applicazioni



- Introduzione alla tecnica di estrazione con CO<sub>2</sub> supercritica;
- Enfasi su settori di utilizzo;
- Proprietà come solvente
- Breve overview sui vantaggi e i limiti

# Cosa è un fluido supercritico?



La  $CO_2$  raggiunge lo stato supercritico a una temperatura di 31,1 °C e a

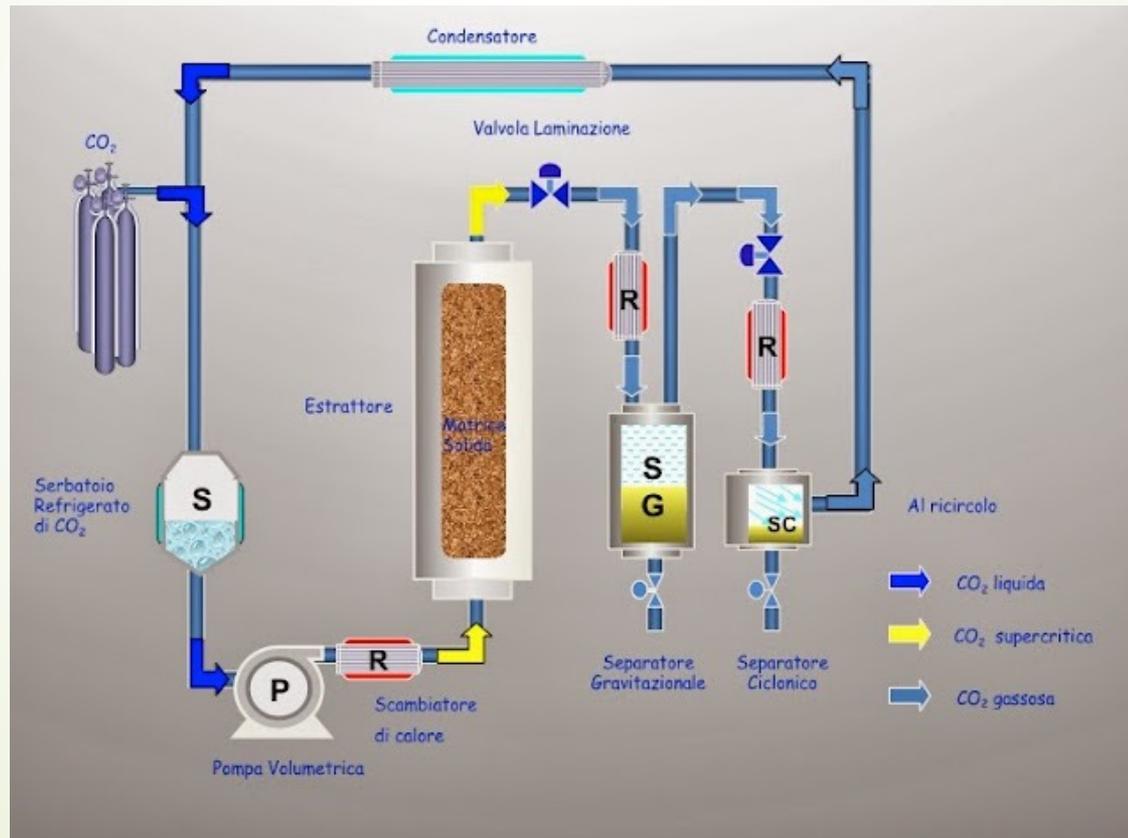
Credits to Maxim Bilovitskiy una pressione  $> 70$  bar

## ***Proprietà fisiche della $CO_2$ supercritica:***

- Densità simile a un liquido;
- Viscosità simile a un gas;
- Alta diffusività, no tensione superficiale;

# Come funziona il processo di estrazione

- Condizionamento della CO<sub>2</sub> (compressione e riscaldamento);
- Passaggio della CO<sub>2</sub> supercritica attraverso la materia prima e solubilizzazione dei composti bersaglio nella CO<sub>2</sub>;
- Rilascio dei composti e purificazione della CO<sub>2</sub> nei separatori;
- Recupero della CO<sub>2</sub> per condensazione





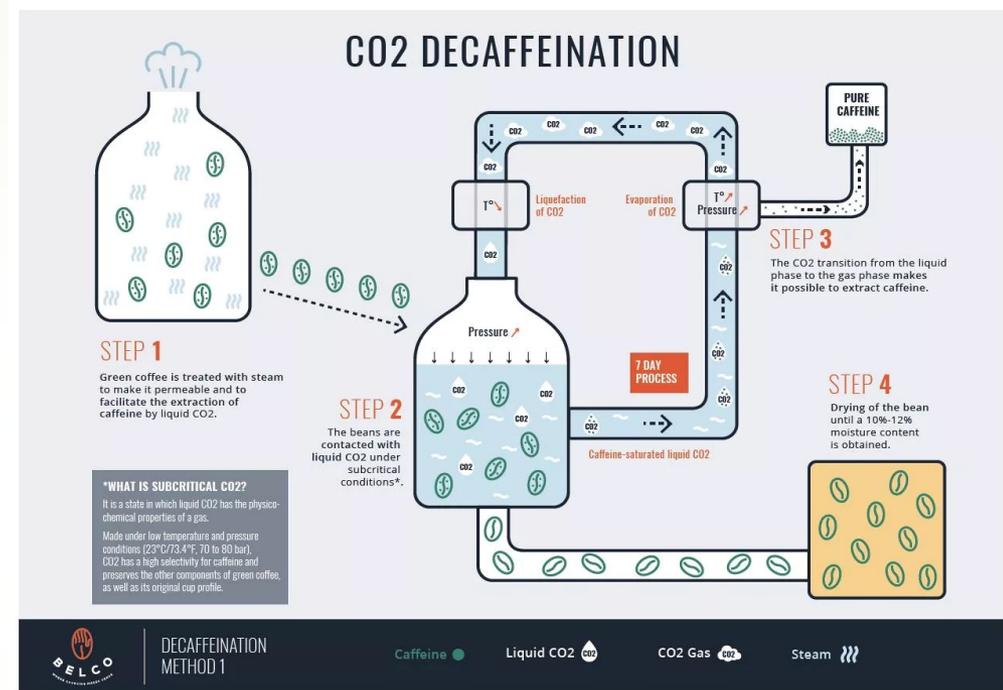
# Perché usare la CO<sub>2</sub> supercritica?

*Vantaggi principali:*

- **Sicurezza alimentare:** la CO<sub>2</sub> è atossica, non infiammabile e facilmente rimovibile.
- **Ambiente sostenibile:** processo privo di solventi chimici dannosi, riciclabile, abbondante
- **Selettività:** CO<sub>2</sub> in fase supercritica è selettiva verso i composti apolari o debolmente polari, possibilità di modulare pressione e temperatura per estrarre composti specifici.
- **Efficienza:** elevata resa di estrazione per diversi tipi di composti.

# Settori di applicazione

- **Alimentare:** estrazione selettiva di oli essenziali e molecole (es. caffeina dal caffè decaffeinato).
- **Tecnologico:** sintesi di aerogel, estrazione selettiva di biodiesel.
- **Farmaceutico:** estrazione di principi attivi da piante medicinali.



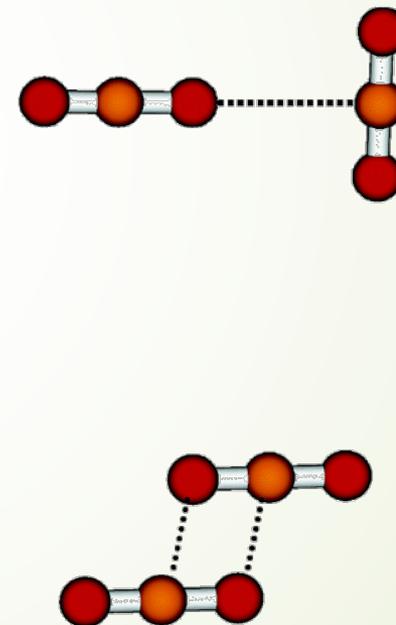
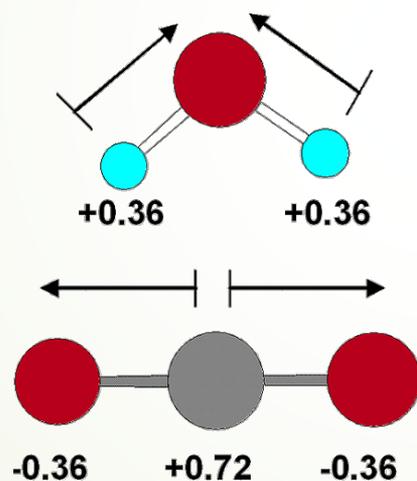
**Aerogel composti fino al 99,98% di aria hanno proprietà superisolanti**



**Decaffeinizzazione del caffè con CO<sub>2</sub> supercritica.**

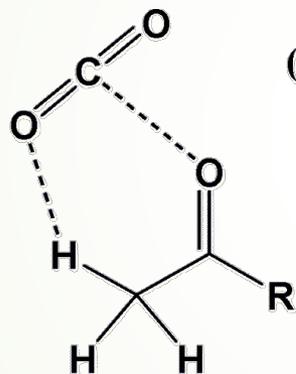
# La CO<sub>2</sub> come solvente?

CO<sub>2</sub> come esempio classico di un sistema solvente nondipolare.  
Sebbene abbia momento dipolare zero, è una molecola a separazione di carica con  
momenti dipolo di legame maggiori di zero.



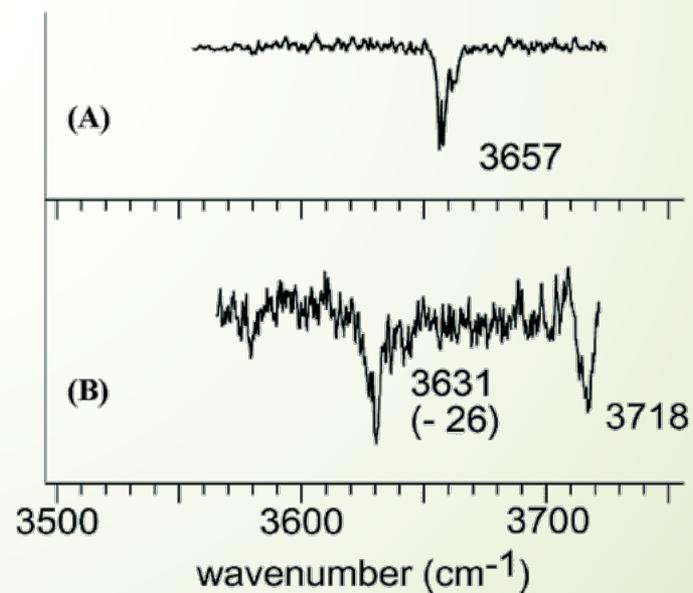
# La CO<sub>2</sub> come solvente?

La CO<sub>2</sub> può comportarsi sia da acido di lewis debole (LA) che da base di lewis debole (LB)



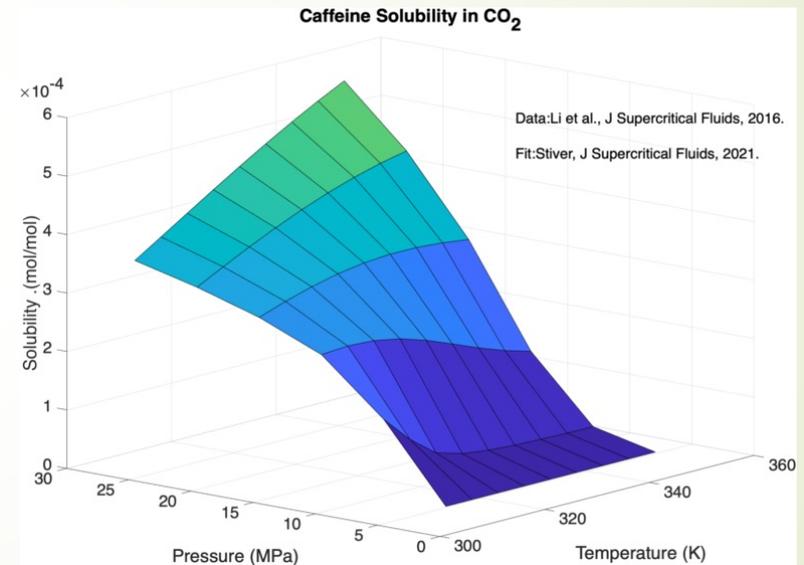
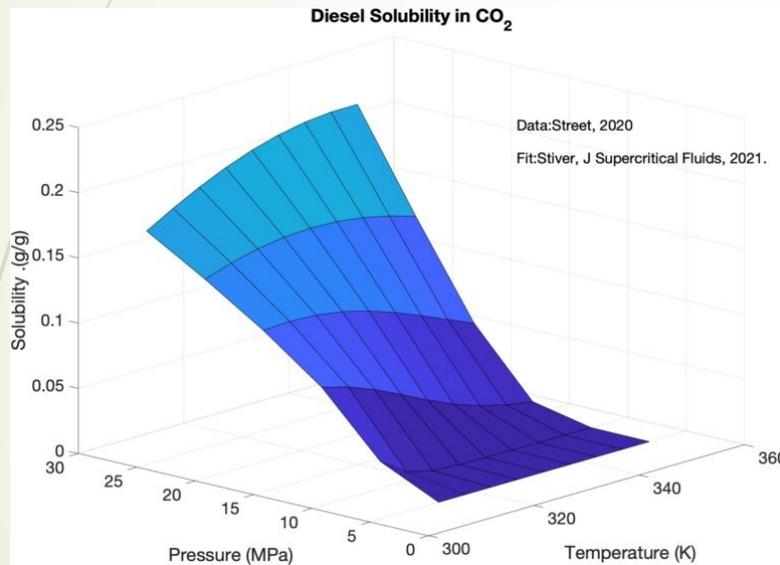
Interazione LA-LB e legame a H

La regione di stretching O-H dello spettro IR di  
(A) fenolo e (B) fenolo-CO<sub>2</sub>



# Solubilità in CO<sub>2</sub> supercritica

I fluidi supercritici posseggono molti vantaggi, la dipendenza della solubilità da pressione e temperatura è il più importante.





# Limiti e sfide dell'estrazione con CO<sub>2</sub> supercritica

- Costo elevato delle attrezzature: impianti ad alta pressione.
  - Efficienza variabile per composti altamente polari: difficoltà a estrarre composti con alta polarità.
  - Richiesta di condizioni operative specifiche: necessità di gestire con precisione pressione e temperatura.
- 



# Conclusioni e Prospettive Future

- Futuro della tecnologia: crescita nell'ambito della chimica verde e della sostenibilità.
  - Prospettive di ulteriore sviluppo tecnologico per ridurre i costi e migliorarne l'efficienza.
  - Riflessione sull'espansione nei settori emergenti (**come la cannabis terapeutica e i nutraceutici**).
- 



# Bibliografia



- ▶ Siddhant Kumar Prasad, Jitendra S. Sangwai, Hun-Soo Byun, A review of the supercritical CO<sub>2</sub> fluid applications for improved oil and gas production and associated carbon storage, **Journal of CO<sub>2</sub> Utilization**, Volume 72, 2023, 102479, DOI:10.1016/j.jcou.2023.102479.
- ▶ Poovathinthodiyil Raveendran, Yutaka Ikushima, and Scott L. Wallen, Polar Attributes of Supercritical Carbon Dioxide, **Accounts of Chemical Research** 2005 38 (6), 478-485 DOI: 10.1021/ar040082m
- ▶ Ramalakshmi, K., & Raghavan, B. (1999). Caffeine in Coffee: Its Removal. Why and How? **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 39(5), 441–456. DOI:10.1080/10408699991279231
- ▶ Roland Span, Wolfgang Wagner; A New Equation of State for Carbon Dioxide Covering the Fluid Region from the Triple-Point Temperature to 1100 K at Pressures up to 800 MPa. **J. Phys. Chem. Ref. Data** 1 November 1996; 25 (6): 1509–1596. DOI:10.1063/1.555991