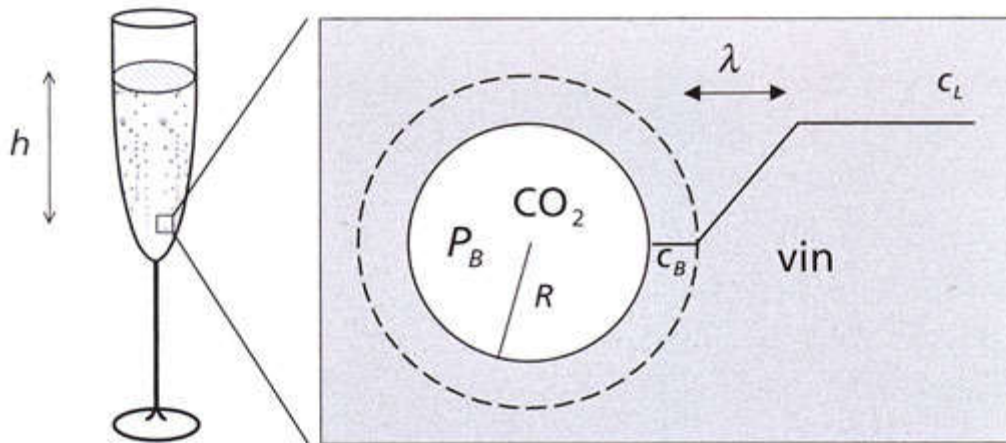


Il concetto di raggio critico e il modello di Casey

Per creare bolle in una fase liquida, dobbiamo vincere le forze di coesione (Van der Waals) che legano le molecole di liquido tra di loro. Sappiamo che i vini spumanti sono liquidi sovrasaturi con biossido di carbonio. Essi devono quindi eliminare eccesso disciolto di CO_2 .

Il degasaggio può essere effettuato con la formazione di bolle: immaginiamo che esista nel liquido un embrione di bolla che crescerà se il suo raggio è maggiore di un raggio minimo chiamato *raggio critico*.

Immaginiamo una bolla di CO_2 in una flûte.



**Schema di una bolla di CO_2 di raggio R in un liquido profondità h .
La concentrazione di CO_2 disciolta nel guscio sottile di liquido
intorno alla bolla è calcolabile con la Legge di Henry.**

Al suo interno esiste una pressione P_B (somma della pressione atmosferica P_0 , la pressione idrostatica e la pressione di Laplace).

$$P_B = P_0 + \rho gh + \frac{2\gamma}{R}$$

Le frecce indicano che P_0 è la **pressione atmosferica**, ρgh è la **pressione idrostatica** e $\frac{2\gamma}{R}$ è la **pressione di Laplace**.

dove:

ρ = massa volumica ;

g = accelerazione di gravità ;

γ = tensione superficiale.

Sotto una decina di centimetri (la profondità approssimativa di un flûte), il contributo della pressione idrostatica è trascurabile. Infatti:

$$\rho gh = 10^3 \times 10 \times 10^{-1} = 10^3 \text{ N/m}^2 = 1\% P_0 .$$

In ultima analisi:

$$P_B \approx P_0 + \frac{2\gamma}{R}$$

Applicando la legge di Henry, la pressione di CO₂ nella bolla richiede una concentrazione di CO₂ disciolta nello strato sottile di liquido intorno alla bolla pari a:

$$c_B = k_H P_B \approx k_H \left(P_0 + \frac{2\gamma}{R} \right)$$

Lontano dalla bolla, la concentrazione di CO₂ disciolta è c_L . Si può intuire che la presenza della bolla nel liquido crea una differenza di concentrazione di gas disciolto tra le immediate vicinanze della bolla, e nel liquido ad una distanza λ . Questa differenza di concentrazione crea un fenomeno di diffusione. Tuttavia, se la bolla deve crescere, è necessario che le molecole del gas disciolti migrano verso la bolla. Ciò implica la concentrazione gas disciolto nel cuore del liquido, c_L deve essere maggiore della concentrazione di gas disciolto nel liquido nelle vicinanze della bolla c_B .

Scriviamo quindi la condizione di ingrossamento della bolla, ricavando il suo raggio R :

$$c_L > c_B$$

$$c_L > k_H \left(P_0 + \frac{2\gamma}{R} \right)$$

$$c_L > k_H P_0 + \frac{2k_H \gamma}{R}$$

$$\frac{2k_H \gamma}{R} < c_L - k_H P_0$$

$$R > \frac{2k_H \gamma}{c_L - k_H P_0}$$

Riscrivendo l'ineguaglianza precedente introducendo $c_0 = k_H P_0$, la concentrazione di gas disciolto in condizioni di equilibrio di Henry sotto una pressione equivalente alla pressione atmosferica P_0 essa diventa:

$$R > \frac{2\gamma c_0}{P_0(c_L - c_0)}$$

Il rapporto $(C_L - C_0) / C_0$ non è altro che il coefficiente di sovrasaturazione S . Possiamo quindi riscrivere la condizione di ingrandimento di una bolla di CO_2 nel vino come segue:

$$R > \frac{2\gamma}{P_0 S}$$

L'espressione di cui sopra ci dice che, una bolla di CO_2 per crescere deve avere un raggio maggiore del raggio critico R_{CR} definito come segue:

$$R_{CR} = \frac{2\gamma}{P_0 S}$$

Una bolla di raggio R inferiore a questo raggio critico non può crescere e si dissolverà spontaneamente nel liquido per retrodiffusione.

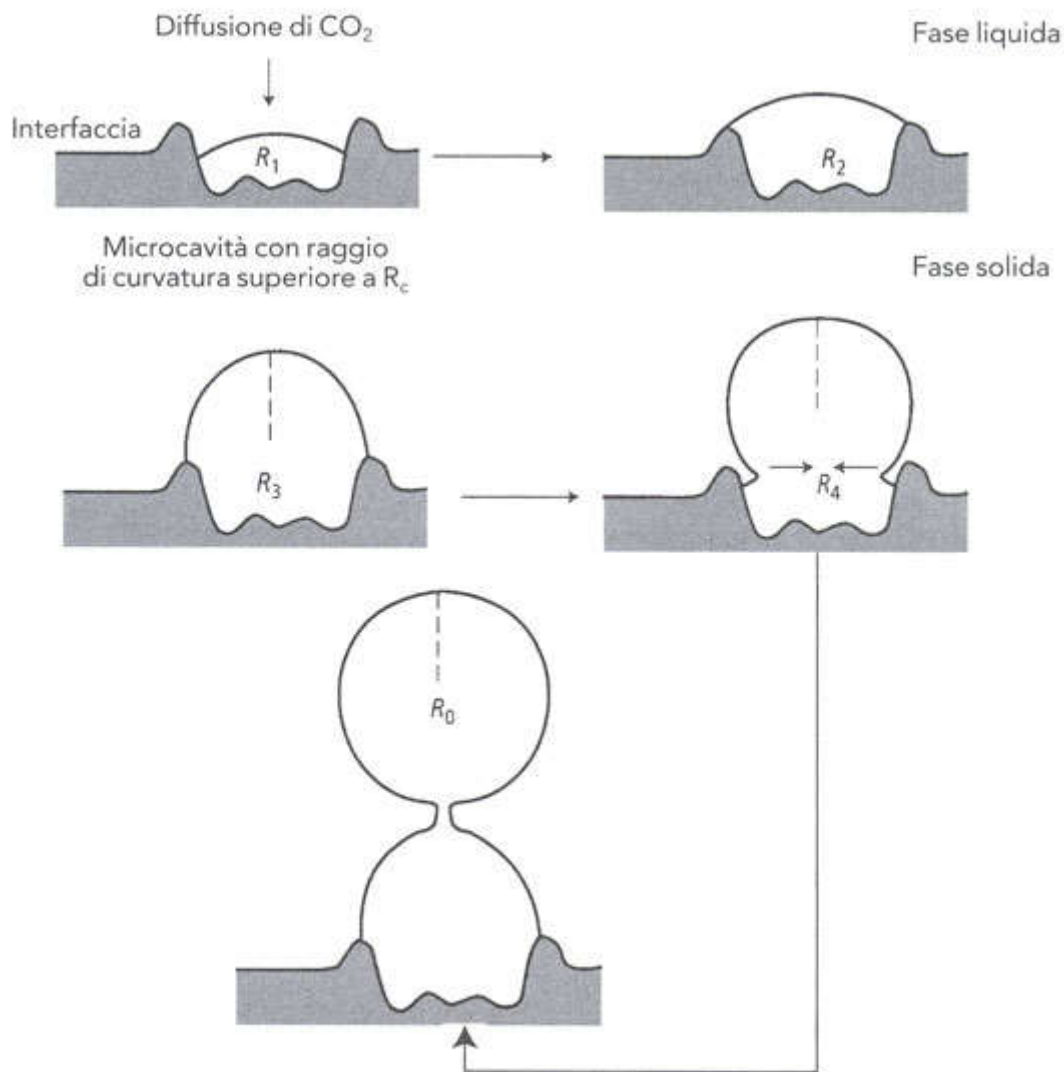
Immediatamente dopo l'apertura della bottiglia, si può valutare il raggio critico. Infatti:

$$R_{CR} = \frac{2\gamma}{P_0 S} \approx \frac{2 \times 5 \times 10^{-2}}{10^5 \times 5} = 2 \times 10^{-7} \text{ m} = 0,2 \text{ }\mu\text{m}.$$

E' necessario quindi che gli embrioni di bolle di raggio maggiore del raggio critico preesistono nel vino in modo che queste bolle crescono e causano l'effervescenza così familiare ...

Una domanda nasce spontanea: da dove vengono questi germi che fungono da catalizzatori gassosi per la produzione di bolle nella flûte?

Una delle risposte si basa sul fenomeno della **nucleazione eterogenea indotta secondo Casey** detto anche modello di formazione ripetitivo di una bolla, che spiega il perché del punto perlage nella flûte e anche il fenomeno del *gerbage* ovvero della effervescenza eccessiva quando facciamo cadere nello spumante alcuni granelli di zucchero o di sale.



Formazione ripetitiva di una bolla a partire da una microcavità esistente sulla superficie del vetro della flûte o nelle particelle solide in sospensione in un vino spumante. Nucleazione eterogenea indotta, secondo il modello di Casey (1988).

L'origine dell'effervescenza nel punto perlage della flûte o lo sviluppo troppo rapido di bolle (*gerbage*) nelle particelle sospese nel vino è rappresentata in figura.

La presenza di microcavità sulla superficie del vetro o nelle particelle solide in sospensione nel vino inducono il fenomeno della nucleazione eterogenea indotta. Tuttavia, il fenomeno di nucleazione indotta non è possibile e la microcavità non è efficace se non nei casi in cui essa possiede un raggio di curvatura R_1 superiore al raggio critico R_{CR} . In effetti, sotto questo valore, la sovrappressione nella bolla è tale che la diffusione dell'anidride carbonica avviene dalla fase gassosa verso la fase liquida e di conseguenza la bolla scompare. Al contrario, se R_1 è maggiore di R_{CR} , la diffusione dell'anidride carbonica va nel senso inverso, la bolla si ingrossa e il suo raggio cresce per raggiungere successivamente i valori R_2 , R_3 , R_4 . A quest'ultimo stadio, la bolla è sottoposta alla legge di gravità e la sua salita inizia quando il suo raggio raggiunge il valore R_0 , lasciando dietro di sé una nuova bolla in formazione. Così si innesca il fenomeno di effervescenza continua.

Il *gerbage* (effervescenza eccessiva) si verifica anche all'atto del *dégorgement* o alla stappatura della bottiglia da parte del consumatore, con perdite importanti di vino, se sono presenti in sospensione nel vino microcristalli di bitartrato di potassio a causa di una insufficiente stabilità tartarica.

Chiudi