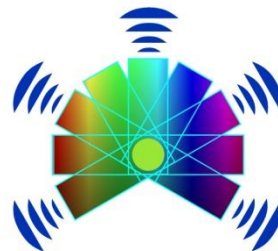




A.A. 2013/2014



**Piano Lauree Scientifiche**

# **Il Gusto & L'Odore delle Molecole (Laboratorio)**



**Raimondo Germani**

**Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università di Perugia**

# Il Gusto Acido

L'aggiunta di sostanze acide, come additivi alimentari, al cibo serve essenzialmente a due scopi fondamentali:

- ✓ Impartire un gusto particolare all'alimento
- ✓ Conservare l'alimento (*ostacolano la crescita dei microrganismi più dannosi*)

Come agenti acidulanti e regolatori del **pH** si usano principalmente i seguenti acidi e i loro sali di Na, K o Ca:

1. Acetico (E 260)
2. Tartarico (E 334)
3. Lattico (E 270)
4. Citrico (E 330) (*è il più impiegato circa il 60%* )
5. Sorbico (E 200)
6. Fumarico (E 297)
7. Malico (E 296)
8. Ortofosforico (E 338)
9. Ascorbico (Vit. C) (E 300)

# L'Aceto

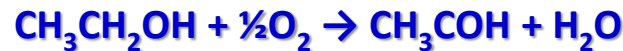
L'aceto è una soluzione acquosa **di gusto acido** che è ottenuta grazie all'azione di batteri Gram-negativi del genere **Acetobacter**, che, in presenza di aria (**O<sub>2</sub>**) e acqua, ossidano l'etanolo contenuto nel vino in acido acetico.

**Altri materiali di partenza possono essere soluzioni alcoliche fermentate (sidro, birra, idromele) oppure malti, riso e frutta.**

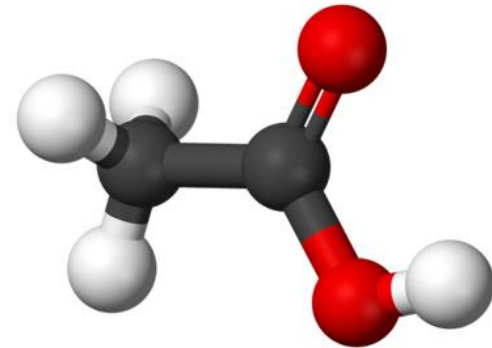
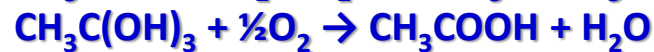


Il processo di ossidazione avviene a stadi:

**1. Ossidazione etanolo in acetaldeide:**



**2. Ossidazione acetaldeide ad acido acetico.**



**Acido acetico**



L'aceto è quindi una soluzione contenente acido acetico tra **3** e **5 %** in volume. Il grado di acidità non deve essere inferiore a **6 g** per 100 mL. L'aceto proveniente da prodotti naturali contiene altre sostanze che contribuiscono all'aroma finale del prodotto.

# Tipi di Aceto



Poiché l'aceto contiene l'acido acetico, esso va conservato solo in recipienti di vetro o di plastica e non in recipienti metallici o smaltati che possono subire processi di corrosione, rilasciando ioni metallici alla soluzione.

**Essenza di aceto-** semplice soluzione di acido acetico in acqua, contiene **15-25 g** di acido per 100 g di acqua. Non contenendo altre sostanze aromatizzanti viene utilizzato per la produzione di aceti alle erbe. Essendo concentrato va prima diluito.



**Aceti da fermentazione-** i principali sono:

**Di vino**, un contenuto di acido acetico non inferiore a **6 g per 100 mL**,

**Da acquavite**, proviene dalla fermentazione di alcool agricolo ottenuto da barbabietole, cereali e patate. Detto aceto da tavola, contiene acido acetico **5 g per 100 mL**,

**Da frutta**, mele,

**Aceto di erbe**, aceto in cui sono state lasciate in infusione particolari erbe aromatiche.

**Aceto Balsamico**, è ottenuto da mosto separato dalle graspe prima che inizi la fermentazione. Viene invecchiato per decenni.



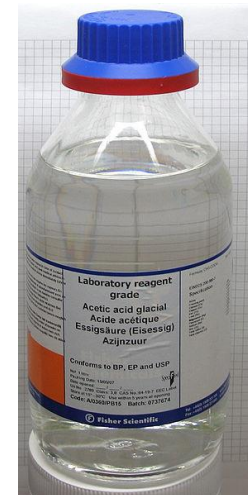
# Procedura

## Materiale occorrente:

- Aceto di vino bianco o di colore non molto intenso;
- Acido Acetico (o essenza di aceto distillato di aceto);
- Permanganato di potassio ( $\text{KMnO}_4$ );
- Acido fosforico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ );
- Acqua distillata o deionizzata;
- Due provette da 20 mL con tappi a vite;
- Pipetta da 10 mL;
- Cilindro da 25 mL.



**Soluzione  $\text{KMnO}_4$ :** in un matraccio da 100 mL pesare 3 g di permanganato e portare a volume con acqua deionizzata.



# Procedura

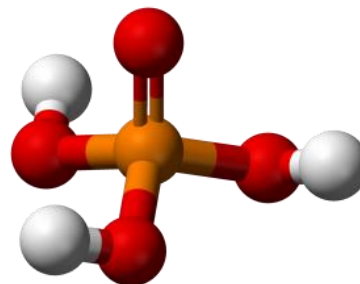
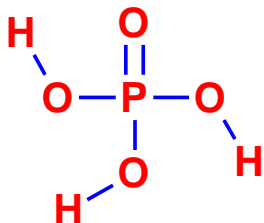
In due provette da 20 mL (*si può utilizzare anche due becker*) versare in ognuna **10 mL di campione di aceto** da testare, aggiungere quindi **1 mL** di acido fosforico concentrato e **1 mL** di soluzione acquosa al 3% di permanganato di potassio. Chiudere le provette ermeticamente con il tappo, ed agitare per omogeneizzare la soluzione.

Nella provetta contenente aceto di vino (naturale) dopo circa **5 minuti** la colorazione cambia fino a diventare praticamente incolore. Nella provetta contenente l'aceto sintetico, cioè semplice soluzione di acido acetico, il colore non cambierà: rimarrà il colore violetto intenso del **KMnO<sub>4</sub>**.

Inserire foto

# Acido Fosforico

L'acido fosforico (**ortofosforico E 338**) è un liquido incolore sciropposo, largamente impiegato come acidulante, sequestrante, nutriente. Utilizzato come correttore del **pH** in bevande, formaggi fusi, insaccati. Esso rappresenta il 25% degli additivi acidi utilizzati come additivi.

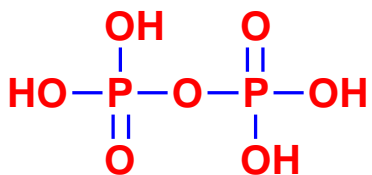


L'acido **H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>** è un acido triprotico, che può formare diversi **sali anidri e idrati**, tutti questi sali di Na<sup>+</sup> o K<sup>+</sup> trovano impiego come additivi alimentari.

Nel settore alimentare sono impiegati anche pirofosfati derivati dall'acido pirofosforico.



**Fosfati**

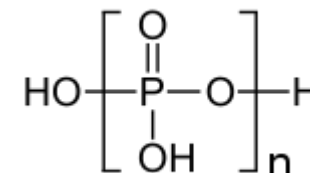


**Acido pirofosforico**



**Pirofosfati**

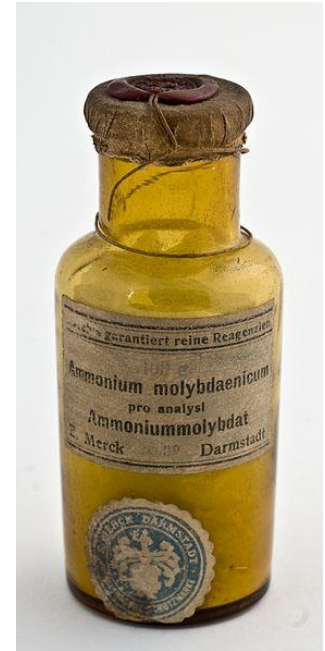
Altri composti, derivati dall'acido fosforico, sono i **polifosfati** che trovano impiego come agenti sequestranti di ioni come Ca<sup>++</sup>, Mn<sup>++</sup> e Mg<sup>++</sup> negli addolcitori per acqua e nei detersivi.



# Procedura

## Materiale occorrente:

- Ammonio eptamolibdato  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- Acido nitrico concentrato ( $\text{HNO}_3$ );
- Acqua distillata o deionizzata;
- Acido orto fosforico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) o suoi sali di sodio o potassio;
- Alcuni Pasteur o contagocce;
- Lattina di Coca cola;
- Alcune provette.



**$\text{HNO}_3$  6 M:** in un matraccio da 100 mL aggiungere circa 25 mL di acqua deionizzata, quindi aggiungere 38 mL di acido concentrato (70% w/w), infine portare a volume 100 mL con acqua deionizzata.

**Soluzione di  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ :** solubilizzare 4 g ammonio eptamolibdato in 100 mL di acqua deionizzata.

**ATTENZIONE:** Usare con cautela l'acido nitrico, oltre essere un acido forte, ha anche proprietà ossidanti. Usare i guanti monouso durante le varie operazioni.

# Procedura

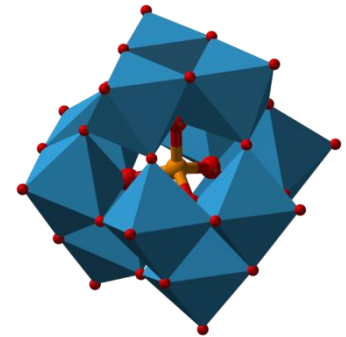
## Test qualitativo per l'anione $\text{PO}_4^{3-}$ :

In una provetta mescolare circa **5 gocce** di soluzione di Ammonio eptamolibdato e circa **5 gocce** di acido nitrico ( $\text{HNO}_3$ ) 6 M, alla soluzione aggiungere circa **10 gocce** della soluzione acquosa da testare. In presenza di anioni fosfato si formerà un precipitato **polveroso giallo-brillante**. Se il precipitato non si forma immediatamente scaldare la provetta (bagno acqua calda o phon) per alcuni minuti.



## Test Quantitativo

Tale metodo trova ampia applicazione nella determinazione di fosfati in diverse matrici (acque, suolo, vegetali, cibo). Il metodo può essere anche quantitativo (analisi colorimetrica). **Metodo di Deniges.** Un volume noto di soluzione da testare è addizionata di ammonio molibdato in una provetta chiudibile. Dopo una energica agitazione si aggiunge una soluzione diluita di cloruro stannoso ( $\text{SnCl}_2$ ) agente riducente. Si produce una colorazione blu la cui intensità è proporzionale alla quantità di fosfato. Dall'assorbanza della soluzione si risale alla quantità di fosfato presente nel campione.





# Il Gusto dell'Acqua

L'acqua potabile è incolore, inodore ed insapore, tuttavia in alcuni casi può presentare un gusto ben definito per la presenza di sostanze in essa disciolte.

La presenza di alcuni ioni metallici a concentrazioni **> 0.1 ppm** può conferire all'acqua potabile un **gusto amaro**.



La presenza di ioni **Ferro** (Ferrosi  $Fe^{2+}$  e Ferrici  $Fe^{3+}$ ) e ioni **Manganese** ( $Mn^{2+}$ ) anche se non tossici per la salute umana possono alterare il gusto. Inoltre, la loro eccessiva presenza può determinare problemi per l'utilizzo dell'acqua in processi industriali particolari.



$FeSO_4$



$Fe_2(SO_4)_3$

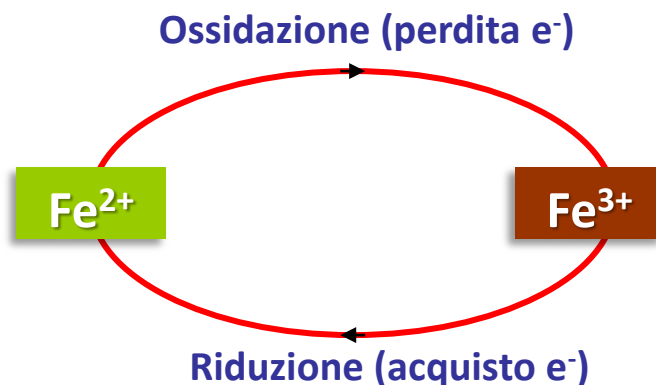


$MnSO_4$

Il ferro è presente nell'acqua naturalmente come idrogeno carbonato. L'acqua di falda può contenere **1-3 ppm** di ferro, quella di superficie circa **0.3 ppm**, mentre alcune acque minerali possono raggiungere valori di **10-50 ppm**. Il Ferro in acqua si trova in forma di sali ferrosi solubili e di sali ferrici insolubili. Il ferro entra nel sistema acqua per dilavamento di rocce contenenti minerali di ferro o dai rifiuti industriali contenenti residui di ferro.

# Ioni Ferrosi & Ferrici

Il **ferro** esibisce due stati di ossidazione, per cui esistono gli ioni ferrosi **Fe<sup>2+</sup>** e ferrici **Fe<sup>3+</sup>**. Soluzioni contenenti sali di questi due ioni presentano colori diversi.



**Agenti ossidanti** che sono in grado di ossidare il **Fe<sup>2+</sup>** a **Fe<sup>3+</sup>** sono per esempio:

**MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>; HNO<sub>3</sub>; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/H<sup>+</sup>; Br<sub>2</sub>**

**Agenti riducenti** che sono in grado di ridurre il **Fe<sup>3+</sup>** a **Fe<sup>2+</sup>** sono per esempio:

**Zn; SO<sub>2</sub>; SnCl<sub>2</sub>; Idrossilammina (NH<sub>2</sub>OH)**

# Procedura

## Materiale occorrente:

- Sali di Ferro (II) es.  $\text{FeSO}_4$ , Ferro Ammonio solfato;
- Sali di Ferro (III): ferro nitrato, ferro cloruro;
- 1,10-fenantrolina;
- Idrossilammina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ );
- Potassio tiocianato ( $\text{KSCN}$ );
- Etanolo 95 %;
- Acido cloridrico;
- Acqua ossigenata 3%;
- Acqua distillata o deionizzata;
- Diverse provette di vetro;
- Alcuni Pasteur o contagocce;
- Piastre di Petri.



$\text{FeSO}_4$



$\text{FeCl}_3$



**Soluzione di KSCN:** solubilizzare 10 g di potassio tiocianato in 100 mL di acqua deionizzata.

# Ioni Ferrici

Gli ioni ferrici  $\text{Fe}^{3+}$  in acqua danno origine al seguente reazione, determinando un aumento dell'acidità della soluzione.



## Un semplice test per ioni $\text{Fe(III)}$ .

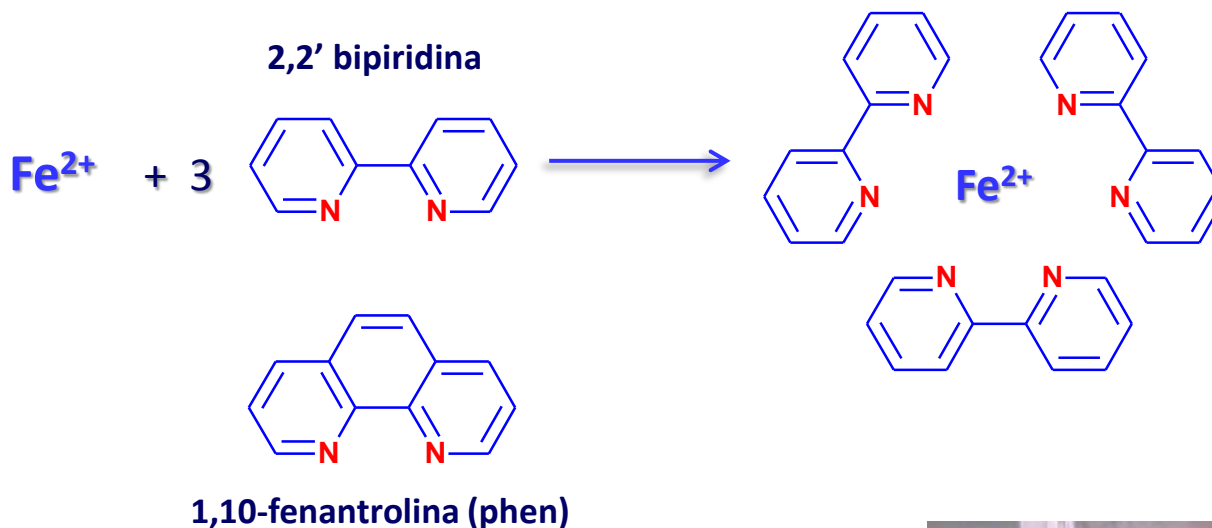
Gli ioni ferrici formano un complesso fortemente colorato in rosso in presenza di anioni tiocianato ( $\text{SCN}^-$ ) in soluzione. Il test va bene anche per soluzioni di ioni ferrici molto diluite.

Inserire in una provetta 5 mL di soluzione di tiocianato di potassio ( $\text{KSCN}$ ), acidificare con una goccia di acido solforico, quindi aggiungere alcune gocce della soluzione da testare, la soluzione assume immediatamente una intensa colorazione rossa. Si può utilizzare direttamente l'acqua del rubinetto, in questo caso si osserva una colorazione molto tenue.



# Ioni Ferrosi

Un semplice spot test per rivelare la presenza di ioni ferrosi nell'acqua si basa sulla loro complessazione con la **2,2' bipiridina** o la **1,10-fenantrolina**. Il processo di complessazione è sotto riportato.



La formazione del complesso non è influenzata dalla presenza di anioni come Cloruri, Fosfati, Solfati o Ossalati. Con questo semplice test si può rivelare ioni ferrosi nel range 0.1 – 50 ppm.



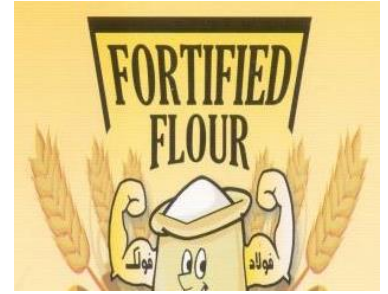
$\lambda = 580 \text{ nm}$



# Ferro nella Farina

## Determinazione qualitativa del ferro nella farina fortificata

Il ferro nella farina può essere introdotto sotto forma di: solfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ), fumarato ferroso, ferro ridotto  $\text{Fe}(0)$ , EDTA sodio ferrico ( $\text{NaFe(III)EDTA}$ )



Il test è basato sulla reazione di complessazione degli ioni ferrici ( $\text{Fe}^{3+}$ ) con il tiocianato. In presenza di ferro sulla farina compariranno spot di color rosso. Se il ferro è presente in forma di ioni ferrosi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) questi vanno ossidati a ioni ferrici in situ ad opera dell'acqua ossigenata ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Se è presente ferro elementare questo viene convertito in ferrico con HCl ed acqua ossigenata.

**Soluzione A:** 10 mL KSCN + 10 mL HCl 2 M

**Soluzione B:**  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 3 %

**Soluzione di tiocianato:** 10 di KSCN in 100 mL di acqua deionizzata.

**Soluzione HCl 2 M:** 17 mL di HCl conc. (36%) quindi acqua fino a 200 mL di volume finale.

**Acqua ossigenata 3%:** 5 ml di  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% in 45 ml di acqua deionizzata.

Mettere **10 -15 di farina** in una piastra di Petri e livellarla con una spatola, quindi nell'ordine gocciolare **1 mL di soluzione A** su una superficie di 2-3 cm di diametro e successivamente **1 mL di soluzione B** sulla stessa superficie. Se la farina è stata trattata con composti del ferro dopo pochi minuti compariranno punti rossi.

# Il Manganese

I sali di manganese oltre ad impartire un sapore amaro all'acqua (**0,1 mg/L**) causano la formazione di macchie grigie o nere su tessuti e la carta a causa della formazione di biossido di manganese (**MnO<sub>2</sub>**).

La massima quantità di manganese ammessa nell'acqua potabile è 0.05 ppm, la somma di Ferro e Manganese non deve eccedere 0.3 ppm.



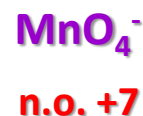
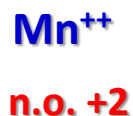
**MnO<sub>2</sub>**  
*Pirolusite*



**KMnO<sub>4</sub>**



Un semplice e classico modo per evidenziare il manganese nell'acqua è quello di ossidare gli ioni **Mn<sup>++</sup>** a permanganato **MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>** con un opportuno ossidante.



# Procedura

## Materiale occorrente:

- Sali di Manganese (II) es.  $\text{MnSO}_4$ ;
- Nitrato di Argento ( $\text{AgNO}_3$ );
- Ammonio persolfato ( $\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_8$ );
- Sodio periodato ( $\text{NaIO}_4$ );
- Acido solforico concentrato;
- Acqua distillata o deionizzata;
- Provette di vetro termoresistente;
- Alcuni Pasteur o contagocce;
- Bagno di acqua calda;
- Becco bunzen o phon.



### Soluzione di $\text{AgNO}_3$ □ 4%

0,4 g di nitrato di argento in 10 mL di acqua deionizzata.

**Soluzione di  $\text{NaIO}_4$ :** in un matraccio da 250 mL pesare 23 g di sodio periodato e solubilizzare con acqua distillata quindi portare a volume. (se la soluzione risulta non limpida aggiungere 1, 2 gocce di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

**ATTENZIONE:** Usare con cautela l'acido solforico. Non far cadere gocce della soluzione di nitrato di argento su pelle e vestiti, con il tempo si formano macchie nere.

# Procedura

Gli ioni  $\text{Mn}^{++}$  possono essere ossidati cataliticamente in presenza di ioni argento ( $\text{Ag}^+$ ) dal persolfato in anioni permanganato ( $\text{MnO}_4^-$ ) secondo la seguente reazione redox:



La colorazione della soluzione in rosa o violetto indica la presenza di ioni manganese in soluzione.

## I Procedura

In una provetta termoresistente inserire **20-30 mg** di ammonio persolfato, aggiungere una goccia di soluzione di  $\text{AgNO}_3$  (4%) o in alternativa un piccolo cristallino di  $\text{AgNO}_3$  mescolare 4-5 gocce della soluzione acquosa da testare e 1-2 gocce di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc. Scaldare la provetta, in presenza di ioni manganese la soluzione si colora.



## II Procedura

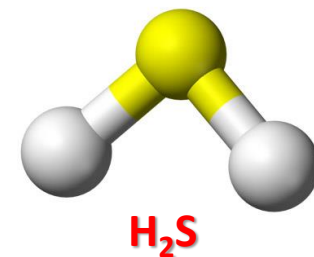
Un altro classico test si basa sull'utilizzo del periodato ( $\text{IO}_4^-$ ) come agente ossidante in ambiente acido. Questo test può essere anche di tipo quantitativo, poiché l'intensità del colore è proporzionale a  $[\text{MnO}_4^-]$ . Range di determinazione degli ioni  $\text{Mn}^{++}$  0 – 1,0 ppm. In una provetta inserire **5 ml** di soluzione di  $\text{NaIO}_4$ , **3-4 gocce di  $\text{H}_2\text{SO}_4$**  conc. quindi alcune gocce della soluzione da testare. Dopo qualche minuto la provetta si colora di permanganato.



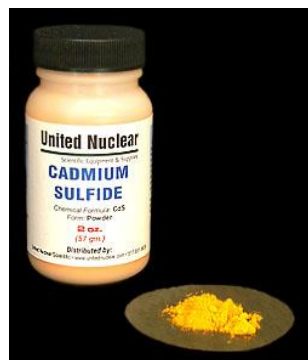
# H<sub>2</sub>S & Solfuri

L'idrogeno solfuro **H<sub>2</sub>S** è un gas incolore dal **caratteristico odore di uova marce** più denso dell'aria. È un prodotto della degradazione di materiale organico in assenza di ossigeno (*digestione anaerobica*) è anche presente nel gas naturale, nei gas vulcanici e nelle acque termali sulfuree. Piccole quantità di **H<sub>2</sub>S** sono prodotte anche dagli animali, e dallo stesso uomo, viene ossidato alla fine a solfato ed escreto tramite l'urina. È un gas molto tossico, (*usato come arma chimica nella I Guerra Mondiale*) infiammabile ed esplosivo.

Sciolto nell'acqua (acido solfidrico) è un acido debole ( $pK_a = 7$ ).



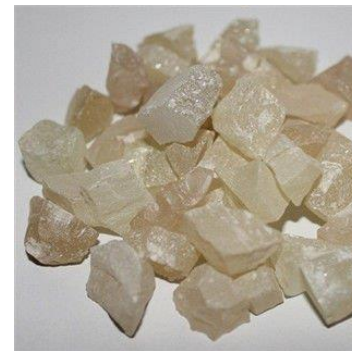
Soluzioni acquose di ioni metallici di transizione reagiscono con (**H<sub>2</sub>S**, **NaHS**, **Na<sub>2</sub>S**) determinando la precipitazioni di solfuri altamente insolubili. Molti di questi solfuri sono stati impiegati come pigmenti colorati per dipinti ed affreschi. Oggi vengono usati soprattutto come semiconduttori.



CdS "giallo cadmio"



HgS "rosso"



ZnS "bianco"



# Procedura

## Ricerca presenza solfuri e bisolfuri

### Reazione Iodio-Sodio Azide

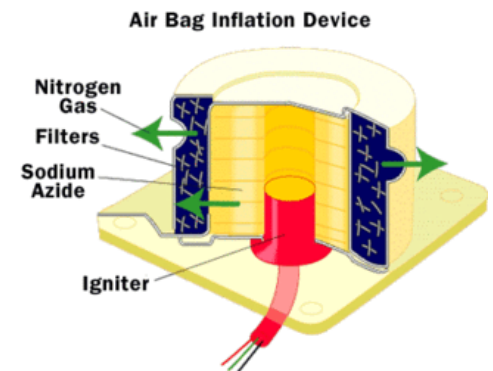
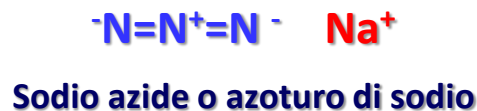
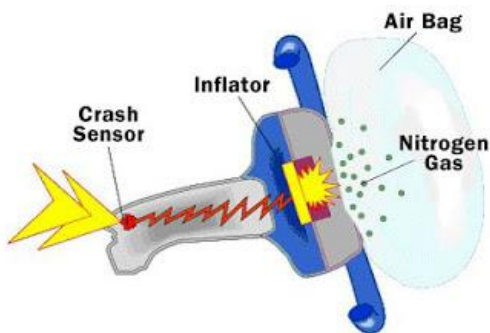
Un test qualitativo **molto sensibile** sfrutta l'effetto catalitico degli ioni solfuro ( $S^{2-}$ ) sulla reazione di **ossidazione-riduzione** dello iodio ( $I_2$ ) con sodio azide ( $NaN_3$ ) in cui si sviluppa azoto, e lo iodio si riduce a ioduro:



A seguito della reazione si osserverà la formazione di bollicine di azoto e la progressiva decolorazione della soluzione.

Altre ai solfuri ( $HS^-$ ;  $S^{2-}$ ) la reazione avviene in presenza di ioni tiocianato ( $SCN^-$ ) e tiosolfato ( $S_2O_3^{2-}$ ).

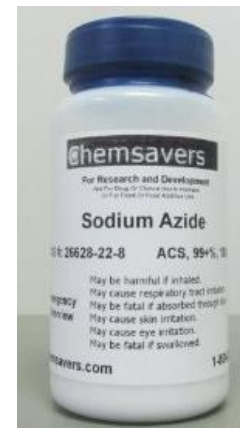
Poiché nella stechiometria della reazione non compaiono i composti solforati questi possono essere considerati come dei veri catalizzatori della reazione redox.



# Procedura

## Materiale occorrente:

- Iodio e ioduro di potassio;
- Sodio azide ( $\text{NaN}_3$ );
- Solfuri solubili (es.  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ), solfuri insolubili (es.  $\text{ZnS}$ ,  $\text{FeS}$ , ecc);
- Mercurio;
- Acqua distillata o deionizzata;
- Vetrini di orologio o piccole piastre di Petri;
- Provetta di vetro con tappo a vite a chiusura ermetica;
- Alcuni Pasteur o contagocce;
- Bicchieri di carta usa e getta.



### Soluzione di $\text{I}_2$ 0.1 N (0.05 M) dosi per 100 mL

4,0 g di KI pesati in un matraccio da 100 mL e solubilizzati in 30-40 ml di acqua deionizzata, quindi aggiungere 1,27 g di  $\text{I}_2$ ; solubilizzare il tutto e portare a volume con ulteriore acqua deionizzata.

**Soluzione  $\text{I}_2$ - $\text{NaN}_3$ :** Si sciolgono 3 g di sodio azide in 100 mL di soluzione acquosa 0.1 N di  $\text{I}_2$ . La soluzione (rosso-marrone) ottenuta è stabile e si può conservare in una bottiglia di vetro scuro.

**ATTENZIONE:** Usare lo iodio sotto cappa o in un luogo fortemente ventilato.

# Procedura

1.

In un vetrino di orologio si pongono **1-2 gocce** della soluzione **Iodio-Azide**, a questa si aggiungono **2-3 gocce** della soluzione acquosa da testare. Immediatamente si osserva una rapida decolorazione della soluzione e la formazione di bollicine di **N<sub>2</sub>**, che aderiscono alla superficie del vetro. ciò indica la presenza di solfuri solubili presenti in acqua.

2.

Il test può essere eseguito anche su solfuri metallici solidi sia naturali che sintetici. In un vetrino di orologio si pongono **1-2 gocce** della soluzione **Iodio-Azide**, a queste gocce si aggiungono alcuni granelli o polvere di materiale solido da testare. Si osserva la decolorazione della soluzione e lo sviluppo di bollicine di **N<sub>2</sub>**, ciò indica la presenza di ioni solfuro (solfati, solfiti, zolfo e seleniuri non interferiscono).

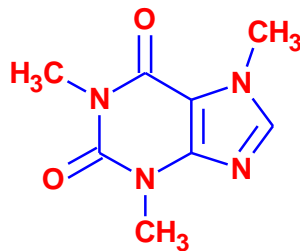


## Determinazione di tracce di solfuri nell'acqua

In una provetta con tappo a vite a chiusura ermetica, si introducono 10 mL di acqua da testare e una goccia di mercurio. La provetta è chiusa e dibattuta vigorosamente per alcuni secondi. L'acqua viene rimossa e la goccia di mercurio trasferita su un vetrino di orologio. Se nell'acqua sono presenti tracce di solfuri questi reagiscono (**HgS**) e si concentrano sulla superficie della goccia di Hg. Si aggiungono **1-2 gocce** della soluzione **Iodio-Azide** alla goccia di Hg, se sono presenti solfuri nell'acqua di partenza, si osserva una rapida decolorazione della soluzione e lo sviluppo di bollicine di **N<sub>2</sub>**.

# Il Gusto Amaro: Caffeina

La caffeina (**1,3,7-trimetilxantina**) è un alcaloide naturale presente nelle foglie di alcune piante e negli infusi da esse ottenuti come tè e caffè. La caffeina è un **solido bianco** con un punto di fusione di **236 °C** non molto solubile in acqua, **dal gusto amaro**.



- ❖ Nei decenni passati la **caffeina** veniva rimossa dal caffè tramite estrazione con solventi organici come il diclorometano (**CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**) o l'etil acetato (**CH<sub>3</sub>COOCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>**). Sfortunatamente molti altri composti, come quelli responsabili dell'aroma e del gusto, sono anche solubili in tali solventi e quindi vengono rimossi.

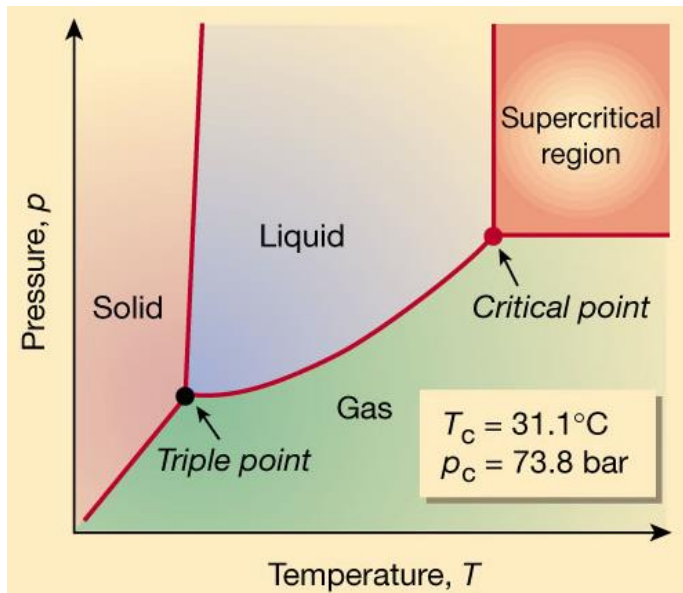
La caffeina ottenuta da processi di estrazione trova largo impiego come ingrediente di base in vari prodotti energetici, quali bevande o caramelle (Red Bull, Planet-Energy, White Bull, Coca-cola, ecc.).

1 tazza caffè espresso □ **80 mg**  
1 tazza di caffè solubile □ **57 mg**  
1 lattina di Coca-Cola (330 ml) □ **35 mg**  
1 tazza di tè □ **60 mg** (dipende dal tipo)  
1 lattina di Energy drink (250 ml) □ **80 mg**

# La Caffaina

Oggi per l'estrazione della caffeina si impiegano tre diverse procedure:

- ❖ **Estrazione con acqua:** si utilizza acqua calda per estrarre dai chicchi verdi la caffeina. Insieme alla caffeina vengono rimosse anche sostanze che conferiscono l'aroma.
- ❖ **Ingegneria genetica:** si interviene sulla pianta del caffè, in modo da modificare il gene che codifica la sintesi della caffeina. In questo modo le piante non potranno più produrre caffeina durante la loro crescita.
- ❖ **Estrazione con CO<sub>2</sub> supercritica:** i fluidi supercritici hanno le proprietà dei gas e dei liquidi; diffondono come i gas e dissolvono le sostanze come i liquidi. L'anidride carbonica supercritica (**sCO<sub>2</sub>**) è in grado di estrarre selettivamente la caffeina.



La CO<sub>2</sub> supercritica risulta particolarmente utile e vantaggiosa per il suo punto critico facilmente raggiungibile (**31.1 °C; 73 atm**), per la sua facilità di approvvigionamento, costo e la sua non pericolosità.

La **CO<sub>2</sub> supercritica** è in grado di rimuovere la maggior parte della caffeina dai chicchi verdi di caffè, mentre lascia intatte nel chicco quelle sostanze aromatiche che caratterizzano il gusto e l'aroma.



# Procedura

## Materiale occorrente:

- Diverse bustine di tè (circa 20 g);
- Diclorometano o Etile acetato;
- Acetone;
- Solfato di sodio;
- Acqua deionizzata;
- Imbuto separatore;
- Imbuto di vetro;
- Ebollitore per acqua
- Una beuta o beacker da 250 mL o altro contenitore per effettuare l'infusione delle bustine;
- Una beuta o palloncino da 100 mL:

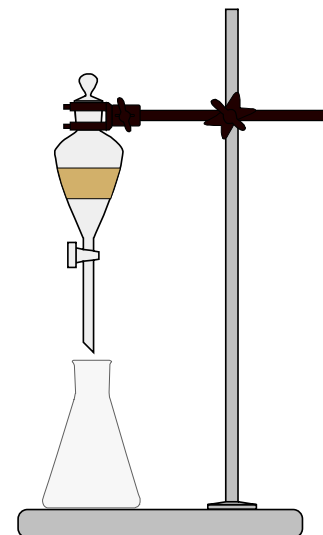


# Procedura

Circa **20 g di tè**, sotto forma di bustine, vengono inseriti in un contenitore di vetro (beuta o becker), quindi si aggiungono in una sola volta circa 150 mL di acqua bollente. Si lascia in infusione circa 10 minuti agitando ogni tanto, quindi si separa l'acqua e la si raccoglie in un contenitore. Si ripete l'operazione con altri 50 mL di acqua bollente; e si riuniscono le acque di estrazione.

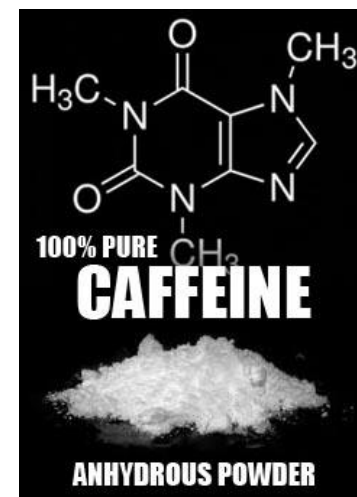


**1.** Quando l'acqua di estrazione si è raffreddata a temperatura ambiente, la si trasferisce nell'imbuto separatore da **500 mL** e si aggiungono **30 mL** di solvente organico. (Diclorometano o Etile acetato).



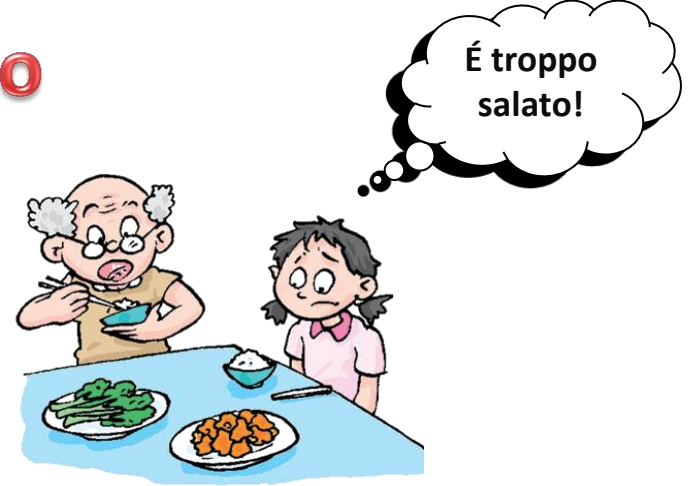
**2.** Si agita l'imbuto separatore lentamente per evitare la formazione di emulsione e si separa la fase organica raccogliendola in una beuta. La fase acquosa è ricaricata nell'imbuto e nuovamente estratta con altri **30 mL** di solvente organico.

**3.** Gli estratti organici vengono riuniti e seccati su solfato di sodio, dopo 10-15 minuti si filtra la soluzione su un filtro a pieghe, raccogliendo il liquido in un palloncino da 100 mL. Si evapora il solvente e il residuo grezzo viene cristallizzato da acetone per ottenere la caffeina.



# Gusto Salato

Elevati livelli di sodio e cloruro possono interferire con il gusto dell'acqua. Un'eccessiva quantità di NaCl crea problemi di corrosività e ne limita l'utilizzo nell'innaffiamento delle piante.



## Sale Iodato



Il **sale iodato** è il comune sale da cucina (**NaCl**), ottenuto dall'acqua marina o dalle miniere di salgemma, addizionato volutamente di ioduro o iodato di potassio (**KI, KIO<sub>3</sub>**). Le quantità aggiunte di questi sali è circa **30 mg** per kg di NaCl. Questa quantità molto piccola, è in realtà molto importante, considerando che il fabbisogno di iodio per una persona adulta è di circa **150 microgrammi** al giorno.

Lo iodio (**I<sub>2</sub>**) è un elemento critico per il normale funzionamento della ghiandola tiroidea, che a sua volta è un regolatore chiave per l'organismo, poiché controlla la velocità del metabolismo basale. Lo iodio è quindi un micro-nutriente.

# Sale Iodato

lo ioduro  $I^-$  addizionato al sale, come potassio ioduro  $KI$ , può ossidarsi lentamente nel tempo a iodio molecolare ad opera dell'ossigeno atmosferico ed in presenza di umidità, impartendo al sale una colorazione giallo/rossa ( $I_2$ ) ed un sapore sgradevole. Avviene la seguente reazione di ossido riduzione:



Iodio

Per evitare questo inconveniente si può aggiungere al prodotto commerciale del destrosio che ha la funzione di ridurre lo iodio eventualmente formatosi, nuovamente a ioduro incolore. Proprio per evitare lo sviluppo di iodio, si preferisce in generale addizionare al sale lo iodato di potassio, come fonte di iodio.



L'utilizzo del potassio iodato ( $KIO_3$ ) come fonte di iodio, non presenta gli inconvenienti menzionati per l'utilizzo dello ioduro, infatti, tale sale è stabile indefinitamente all'aria.

L'aggiunta di  $KI$  o  $KO_3$  come additivi al sale da cucina, è regolamentata da leggi nazionali nei vari paesi.

# Procedura

## Materiale occorrente:

- Acqua distillata o deionizzata;
- Acqua ossigenata al 3% ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (quella che si ha in casa per disinfettare);
- Ioduro di sodio o di potassio soluzione al 1% p/p;
- Salda d'amido;
- Acido acetico o in alternativa aceto di vino bianco;
- Differenti tipi di sale da cucina;
- Spatole o cucchiaini;
- Piastre di Petri o piattini di plastica bianchi.

**Starch  
Indicator  
1% Solution**



# Procedura

## Ricerca Ioduro e Iodato in diversi campioni di sale da cucina

Il test è qualitativo, e permette di dire solamente se è presente o no dello ioduro nel sale, ma non fornisce indicazioni sulla quantità di ioduro ( $I^-$ ) presente.

Il test si basa su una semplice reazione di ossido-riduzione, in cui lo ioduro, presente nel sale, viene ossidato a iodio ad opera dell'acqua ossigenata ( $H_2O_2$ ) in ambiente acido, secondo la reazione:



Lo iodio che si forma, è poi messo in evidenza tramite la formazione del complesso blu **iodio-amido**. La comparsa di una colorazione blu indicherà, quindi la presenza di iodio, l'assenza di colorazione significa che non è stato aggiunto **KI** al sale da cucina.



Nel caso che come fonte di iodio sia stato impiegato lo iodato di potassio, si sfrutta il suo carattere di forte ossidante. Lo iodato ( $IO_3^-$ ) può facilmente ossidare lo ioduro a iodio in ambiente debolmente acido, e lo iodio sviluppatosi è ancora una volta evidenziato da complesso blu  **$I_2$ -amido**. La reazione di ossido-riduzione coinvolta è la seguente:



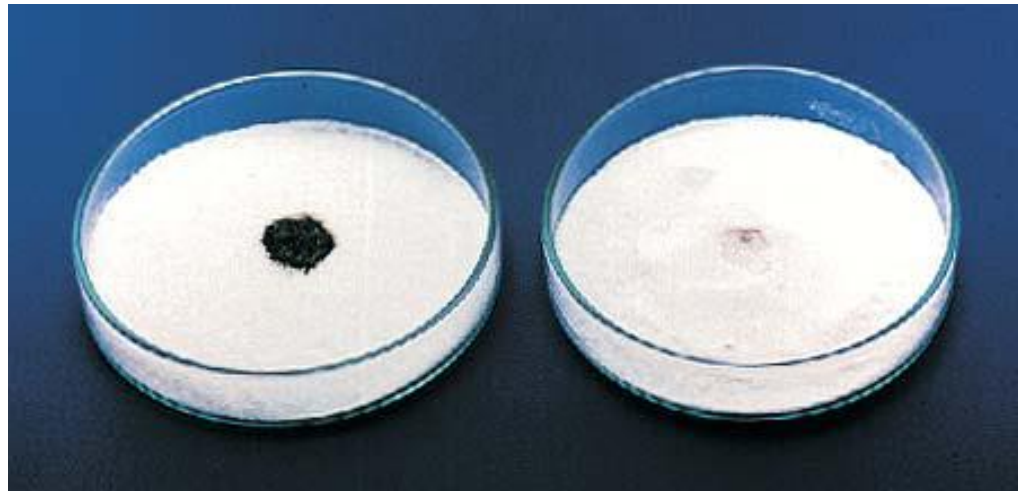


# Procedura

## Ricerca Ioduro I<sup>-</sup>

In una piastra di Petri o in un piattino bianco, si disperdono 4-5 g di sale da testare, spandendolo la su tutta la superficie. Ad essa si aggiungono 3-4 ml di una soluzione al **3% di acqua ossigenata** (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 1 ml di soluzione di **acido acetico 2M**, quindi con una bacchetta si agita per qualche secondo. Alla soluzione/sospensione si aggiungono quindi alcune gocce di salda d'amido.

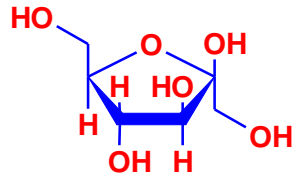
In presenza di Ioduro nel sale da cucina si osserverà la formazione di una colorazione blu dovuta alla formazione del complesso **I<sub>2</sub>-amido**.



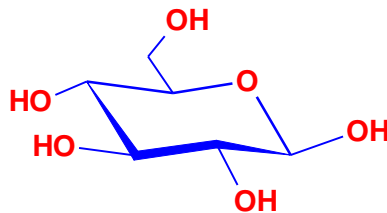
# Il Gusto Dolce

Le sostanze dolci per eccellenza e di largo consumo (*dolcificanti di massa*), sono i carboidrati semplici (mono e disaccaridi):

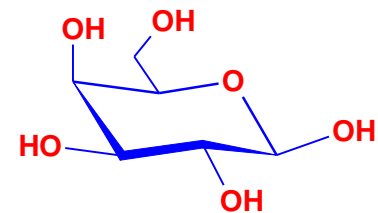
**Fruttosio, Glucosio, Galattosio, Saccarosio, Lattosio, Maltosio**



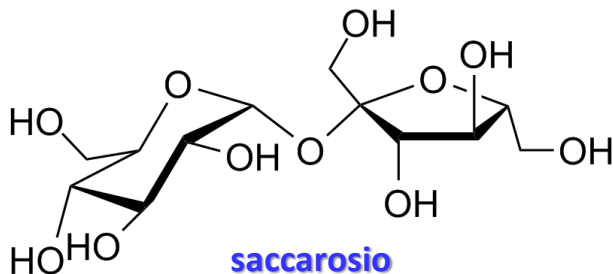
**fruttosio**



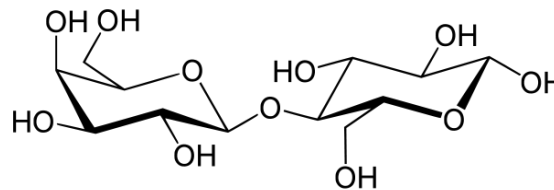
**glucosio**



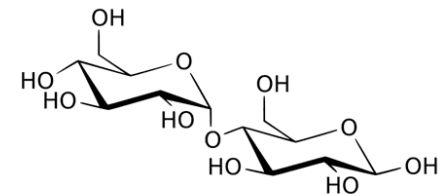
**galattosio**



**saccarosio**



**Lattosio**



**maltosio**

Sono tutti composti provenienti da matrici di origine naturale che li contengono con diverse percentuali

**Uva fresca**

**8% glucosio e 8% fruttosio  
niente saccarosio.**

**Uva secca 64% di zuccheri**



**Datteri essiccati**

**Circa il 73 % di zuccheri**



# Gli Zuccheri

Tutti i carboidrati sia semplici che complessi (*polisaccaridi*) si possono riconoscere tramite il test generale di Molisch (*test visto nei PLS precedenti*).

Un'altra distinzione che si può fare è tra zuccheri riducenti e non riducenti (test di **Fheling**, (*visto nei PLS precedenti*) test di **Benedict**, test di **Barfoed**). Gli zuccheri riducenti sono quelli che presentano la funzione emiacetalica o emichetalica, mentre gli zuccheri non riducenti presentano la funzione acetalica o chetalica. I test sopra menzionati a secondo delle condizioni operative permettono di fare una prima distinzione tra zuccheri **riducenti monosaccaridi** e **disaccaridi**.

Ci sono poi vari test che permettono di distinguere il tipo di zucchero presente, se per esempio è un chetoso o un aldoso, o se è un pentoso o un esoso.



**Aldoso  
pentoso**

A seguire vedremo dei semplici test qualitativi per distinguere un **chetoso** da un **aldoso** e per distinguere un **pentoso** da un **esoso**.



**Aldoso  
esoso**

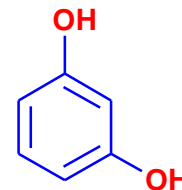


**Chetoso  
esoso**

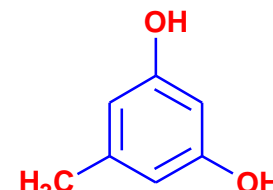
# Procedura

## Materiale occorrente:

- Diversi carboidrati: glucosio, fruttosio, saccarosio, lattosio, ribosio;
- Resorcinolo (1,3-diidrossibenzene);
- Orcinolo (3,5-diidrossitoluene);
- Cloruro di ferrico ( $\text{FeCl}_3$ );
- Acido cloridrico concentrato (37 %);
- Alcool amilico (n-pentilico);
- Acqua deionizzata o distillata;
- Diverse provette di vetro resistenti al calore ed un porta provette;
- Pipette tarate graduate da 5 mL;
- Alcune pipette Pasteur;
- Bunzen o bagno di acqua calda o phon.



Resorcinolo



Orcinolo

**Reagente di Seliwanoff:** solubilizzare 0.25 g di resorcinolo in 500 ml di HCl 6M.

**HCl 6 M:** 246,4 mL di HCl conc, portati a 500 mL con acqua deionizzata.

**Reagente di Bial:** solubilizzare 1.5 g di orcinolo in 500 ml di HCl conc. quindi aggiungere 20 gocce di soluzione di  $\text{FeCl}_3$  (1 g/10mL).

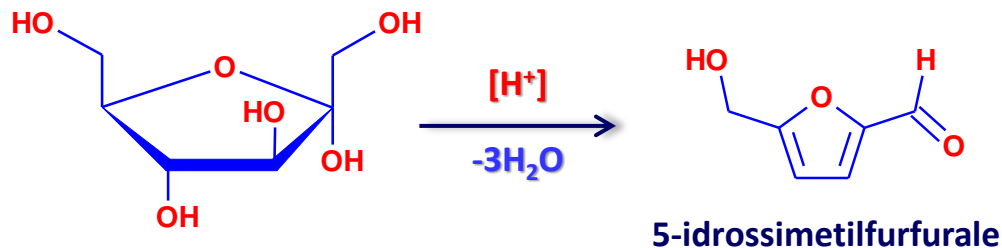
**Soluzioni dei carboidrati:** solubilizzare circa 1 g di carboidrato in 1000 ml di acqua.

**ATTENZIONE:** L'acido cloridrico concentrato è altamente corrosivo, bisogna quindi evitare di versarlo sulla pelle o sugli abiti. Usare guanti durante l'esecuzione dell'esperimento.

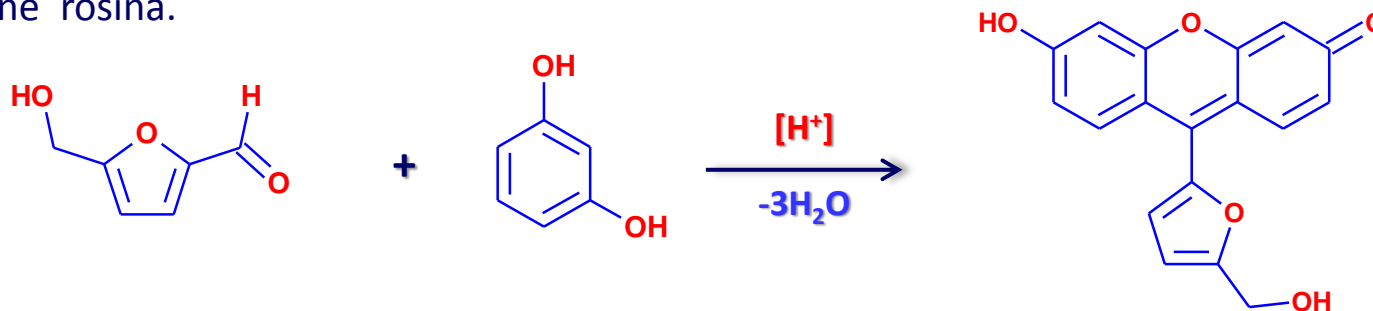
# Test di Seliwanoff (Selivanov)

## Ricerca chetosi

Il test di Seliwanoff permette di distinguere un carboidrato **chetoso** da uno **aldoso**. Il test si basa sul fatto che i chetosi, quando scaldati in ambiente acido, disidratano più rapidamente degli aldosi a dare derivati del **furfurale**.



Il **5-idrossimetilfurfurale** reagisce successivamente con il resorcinolo per produrre un prodotto rosso nell'arco di alcuni minuti. Gli aldosesi reagiscono, ma molto più lentamente, fornendo una colorazione rosina.



# Procedura

Caricare diverse provette, in base ai carboidrati a disposizione, con **2,5 ml** del reagente di Seliwanoff. Aggiungere ad ogni provetta **5 gocce** delle soluzioni acquose dei carboidrati da testare e scaldare per alcuni minuti.

Foto da inserire

Fruttosio e saccarosio danno risposta positiva, il glucosio per prolungato riscaldamento fornisce una colorazione rosa tenue. Il saccarosio prima idrolizza a glucosio e fruttosio, quindi il fruttosio (chetoso) reagisce dando il test positivo.

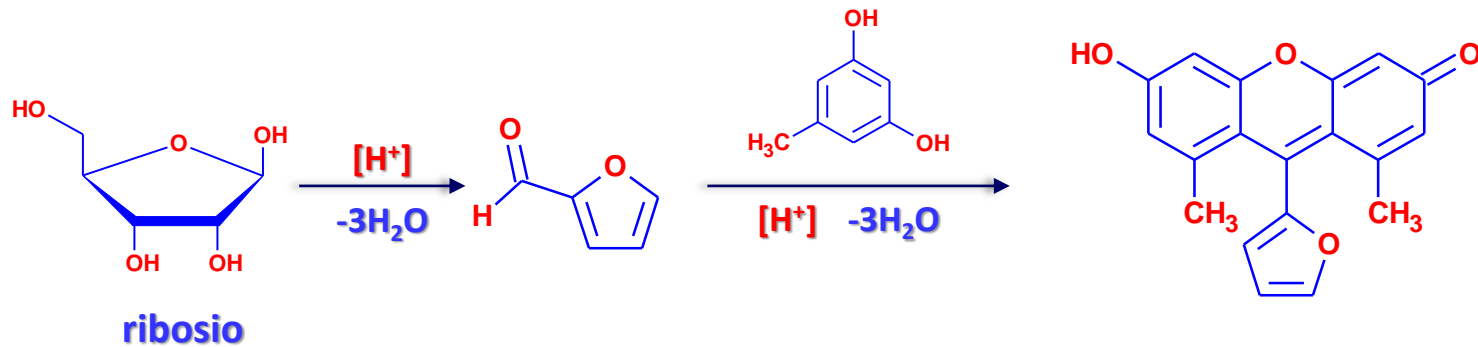
Foto da inserire



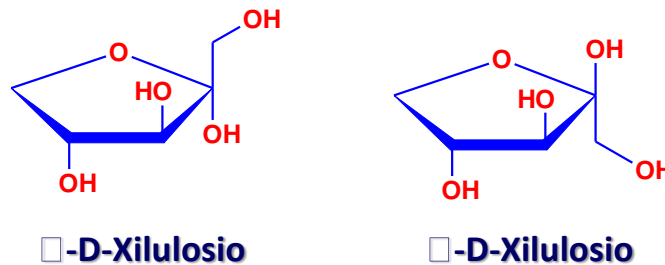
# Test di Bial

## Ricerca pentosi

Il test di Bial permette di distinguere un carboidrato **pentoso** da uno **esoso**. Il test si basa sempre su una pre-reazione di disidratazione del carboidrato con produzione del furfurale. Quest'ultimo poi reagisce con un polifenolo come l'orcinolo in presenza di ioni ferro e produce un colore blu-verde.



Il test è anche utilizzato per la determinazione del **RNA** e per la determinazione della **pentosuria**, che è una malattia genetica (*manca enzima*) in cui viene ritrovato, ad alte concentrazioni nelle urine, il carboidrato pentoso **xilulosio**.



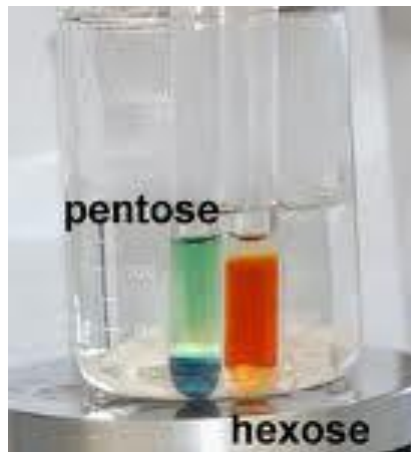
La reazione su cui si basa il test non è assolutamente specifica per i pentosi, per prolungato riscaldamento della miscela di reazione anche alcuni esosi reagiscono dando però colori diversi.

# Procedura

Caricare diverse provette, in base ai carboidrati a disposizione, con **2,5 ml** del reagente di Bial. Aggiungere ad ogni provetta **1 mL (10-15 gocce)** delle soluzioni acquose dei carboidrati da testare e scaldare per alcuni minuti.



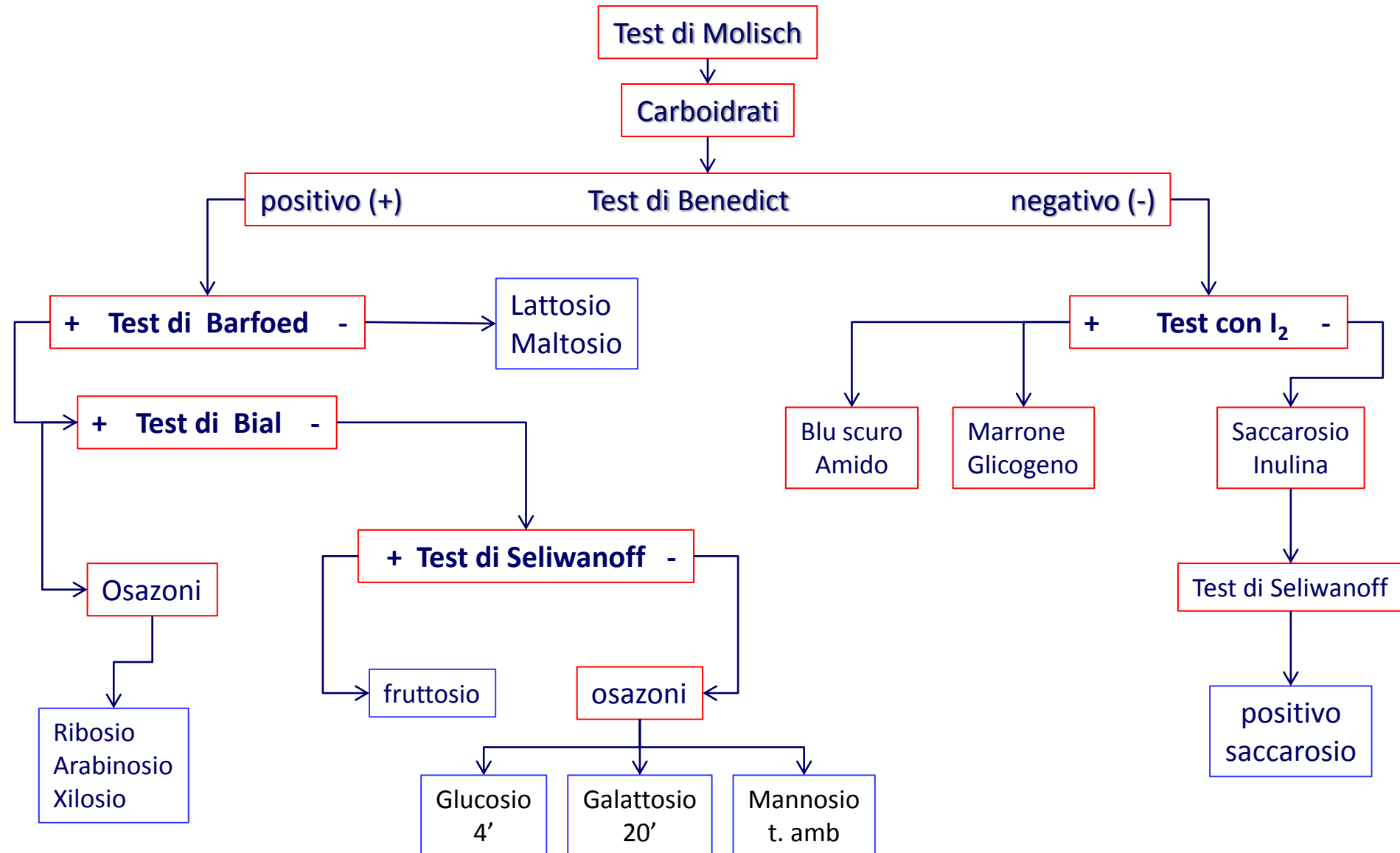
Sequenza visiva



La comparsa di un colore blu-verde indica la presenza di pentosi. La formazione di colori rossi o marrone indica la presenza di esosi. Se alla provetta, una volta fredda, viene addizionato l'alcool n-amilico ed acqua e si dibatte, il colore della soluzione passa nella fase alcolica.

# Ricerca Zuccheri

Il seguente **Schema** può essere utilizzato per una identificazione presuntiva di composti dolci di natura zuccherina presenti negli alimenti e bevande:



# Gli Esteri: Odori della Frutta

Gli **esteri** sono una classe di composti organici largamente presenti in natura. Generalmente questi composti hanno **odori gradevoli** e molti di loro sono presenti negli aromi di molti frutti e fiori, e sono componenti di molti oli essenziali.



Anche diversi feromoni d'insetti contengono composti aventi la funzionalità esterea.

Gli esteri trovano largo impiego come aromatizzanti di cibi e bevande, e vengono usati anche nel settore dei cosmetici e profumi.

# Curiosità

## Esteri: Aromi & Sapori

Ad esempio, la tabella seguente riporta l'insieme di sostanze sia di sintesi sia d'origine naturale, che riproduce l'aroma **naturale d'ananas**.

### Composizione dell'aroma artificiale d'ananas

Composti di Sintesi		Oli essenziali	
Capronato di allile	5%	Essenza di betulla	1%
Acetato di isoamile	3%	Essenza di abete rosso	2%
Isovalerato di isoamile	3%	Balsamo del Perù	4%
Acetato di etile	15%	Essenza di senape	1%
Butirrato di etile	21%	Essenza di Cognac	5%
Propionato di terpinile	3%	Essenza di arancio	5%
Crotonato di etile	5%	Essenza di vischio	2%
Acido Capronico	8%		20%
Acido butirrico	12%		
Acido acetico	5%		
	80%		

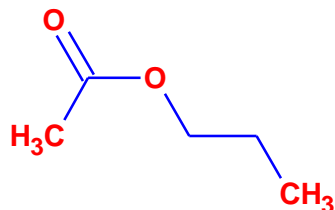
# Esteri della Frutta

Gli esteri, derivati da acidi carbossilici di **tipo alifatico a catena corta** e dagli **alcoli primari alifatici**, rappresentano gli esteri della frutta, poiché ricordano molto bene il loro aroma. In realtà l'aroma di un frutto è dato dalla somma di un gran numero di sostanze.

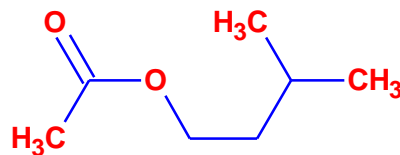
Estere	Formula	Fragranza
Metil butirrato	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$	Mela
Etil butirrato	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	Ananas
Propil acetato	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	Pera
Pentil acetato	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	Banana
Pentil butirrato	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOCH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	Albicocca
Otil acetato	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	Arance
Metil benzoato	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_3$	Kiwi
Etil formiato	$\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$	Rhum
Metil salicilato	$\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOCH}_3$	Gaultheria
Benzil acetato	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	Gelsomino



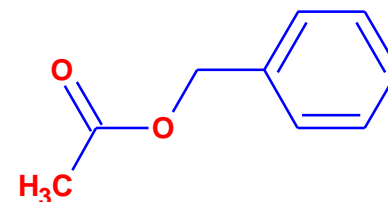
# Esteri della Frutta



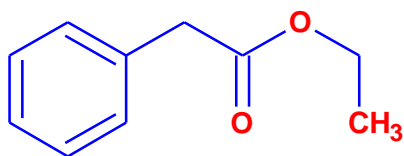
Acetato di propile



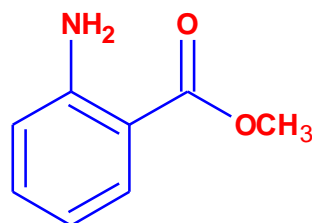
Acetato di isobutile



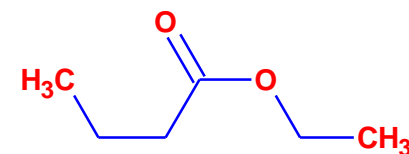
Acetato di benzile



Fenilacetato di etile



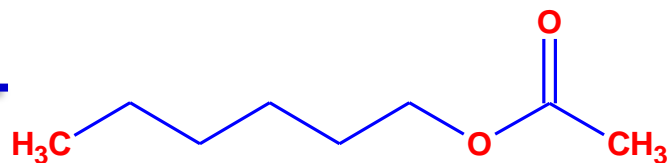
Antranilato di metile



Butirrato di metile



# Odore di Pera



Esil-acetato



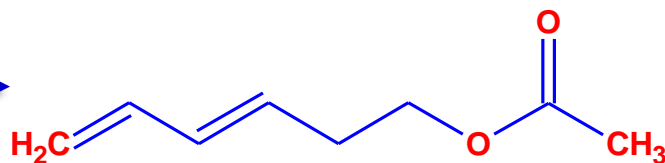
Forte odore di pera

“Tempore Donna”

(Laura Biagiotti, 1999)

“Elseve alpha jojoba” shampoo

(L’Oreal, 1995)



Anapear®

Anapear® correntemente usato in  
“Emporio Armani Elle” (G. Armani, 1998)



# Esteri Alifatici

La natura dell'odore e la sua intensità dipendono fortemente dalle caratteristiche strutturali dei gruppi **R** e **R<sub>1</sub>**,  
cioè dal tipo di **acido** e di **alcool** che formano l'estere.

- ❖ Esteri alifatici fino ad **8-10 C** forte odore di frutta
- ❖ Esteri con alcool **C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>** ed acido **C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>** odore moderato
- ❖ Esteri con alcool **C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>** ed acido **C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>** odore lieve
- ❖ Esteri con alcool **> C<sub>10</sub>** ed acido **> C<sub>8</sub>** non danno odore di frutta

**Maggiore è il Peso Molecolare dell'estere, minore è l'aroma di frutta**

# Procedura

## Materiale occorrente:

- Diversi acidi carbossilici: acetico (glaciale), benzoico, salicilico, fenilacetico, cinnamico;
- Diversi tipi di alcoli come: etilico (anidro), metilico, 1-propilico, 1-butilico, 1-pentilico;
- Acido solforico concentrato al 98% ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ );
- Cloruro di cobalto ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )
- Diverse provette di vetro resistenti al calore ed un porta provette;
- Pipette tarate per prelevare i composti liquidi;
- Pallone da 250 ml con smeriglio, refrigerante a ricadere;
- Apparecchio di Dean-Stark;
- Becco bunsen, treppiede e rete metallica o piastra magnetica riscaldante.

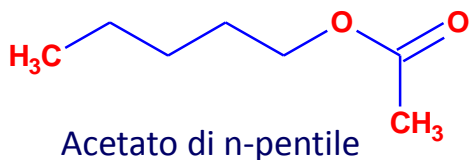
**ATTENZIONE:** L'acido solforico concentrato è altamente corrosivo, bisogna quindi evitare di versarlo sulla pelle o sugli abiti. Usare guanti durante l'esecuzione dell'esperimento. Fare attenzione anche a manipolare l'acido acetico glaciale anche esso può provocare ustioni.

# Procedura

Le esperienze proposte consentono, in maniera molto semplice, di preparare alcuni esteri carbossilici, il cui odore ricorda gli aromi d'alcuni frutti o olii essenziali. Inoltre, si illustrano alcune tecniche atte a spostare un equilibrio chimico in cui è coinvolta l'acqua, come prodotto di reazione.

## Acetato di n-pentile (o amile) (p.e. 142 °C):

In una provetta si mescola 2 ml di 1-pentanololo e 2 ml di acido acetico, alla miscela quindi si aggiunge 1 ml di acido solforico concentrato. L'aggiunta dell'acido solforico determina un rapido sviluppo di calore. Per ottenere una maggiore quantità dell'estere si scalda la provetta con il becco bunsen per alcuni minuti. Via via che la reazione procede si avvertirà l'aroma di pera.

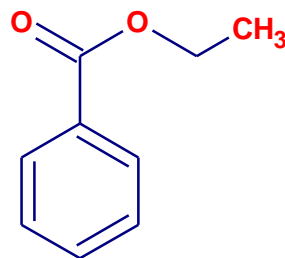
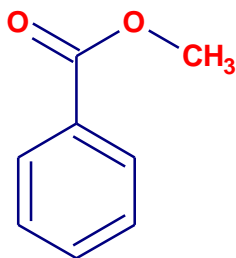


# Procedura

## Benzoato di metile (p.e. 198 °C):

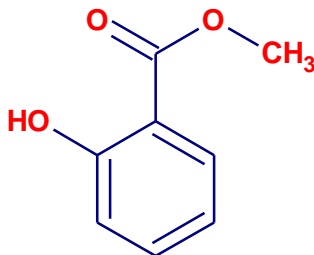
In una provetta si mescola 4 ml di metanolo e 1 g. di acido benzoico, alla miscela quindi si aggiunge 1,5 ml di acido solforico concentrato. L'aggiunta dell'acido solforico determina subito sviluppo di calore. La provetta è quindi riscaldata su fiamma moderata del becco bunsen, dopo pochi minuti si avverte un odore intenso dell'estere (olio di Niobe).

Operando nello stesso modo si può preparare il **benzoato di etile**, sostituendo il metanolo con l'etanolo anidro. Il benzoato di etile ricorda l'odore del garofano.



## Salicilato di metile (p.e. 222 °C):

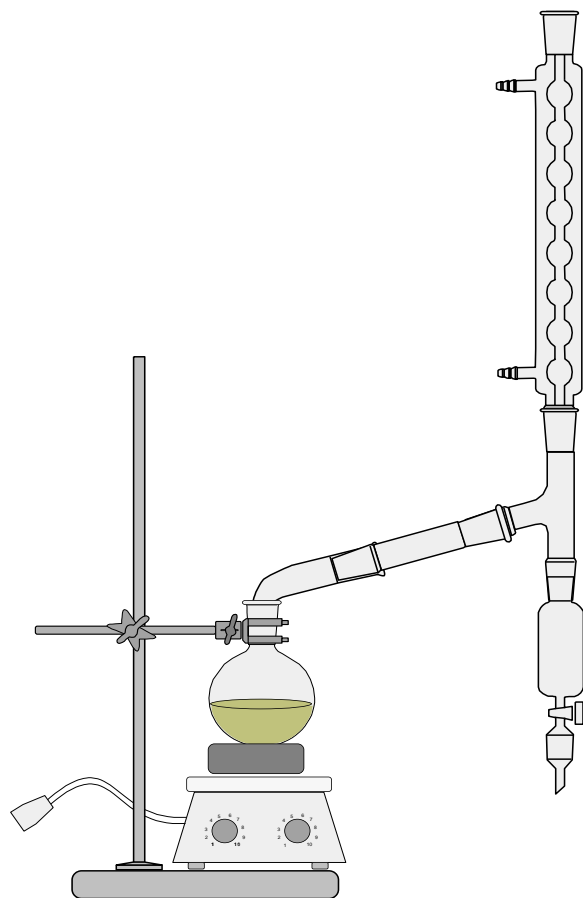
In una provetta si mescola 4 ml di metanolo e 2 g. di acido salicilico, alla miscela quindi si aggiunge 0,5 ml di acido solforico concentrato. La provetta è quindi riscaldata per circa 10 minuti su fiamma moderata del becco bunsen. Durante il riscaldamento si inizia ad avvertire l'odore dell'olio di gaultheria, che è costituito da salicilato di metile per il 95%.





# Procedura

La reazione di esterificazione secondo **Fischer** è un equilibrio. Per ottenere alte rese di estere, in accordo con il **Principio di Le Châtelier**, è necessario usare un forte eccesso di uno dei due reagenti: l'alcool o l'acido. Un altro modo di incrementare la resa in estere è quello di rimuovere l'acqua come azeotropo usando l'apparecchiatura di **Dean-Stark**.



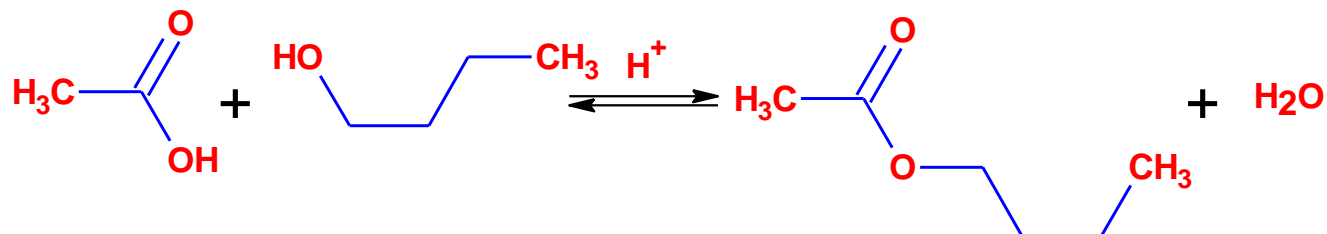
## Estrattore di Acqua di Dean-Stark

L'apparato consiste in un pallone munito di ancoretta magnetica, collegato all'estrattore di **Dean-Stark** e di un refrigerante a ricadere. Tale dispositivo viene utilizzato tutte quelle volte che bisogna rimuovere l'acqua, per via azeotropica, dalla miscela di reazione per spostare l'equilibrio verso la formazione dei prodotti.

Quando la miscela è portata a riflusso i vapori salgono nel refrigerante e condensano ricadendo nella trappola di **Dean-Stark**. Se nei vapori distilla l'acqua come azeotropo, quando i vapori condensano l'acqua si separa, e nella trappola si forma un sistema liquido bifasico con l'acqua nella parte inferiore se è più densa della fase organica.

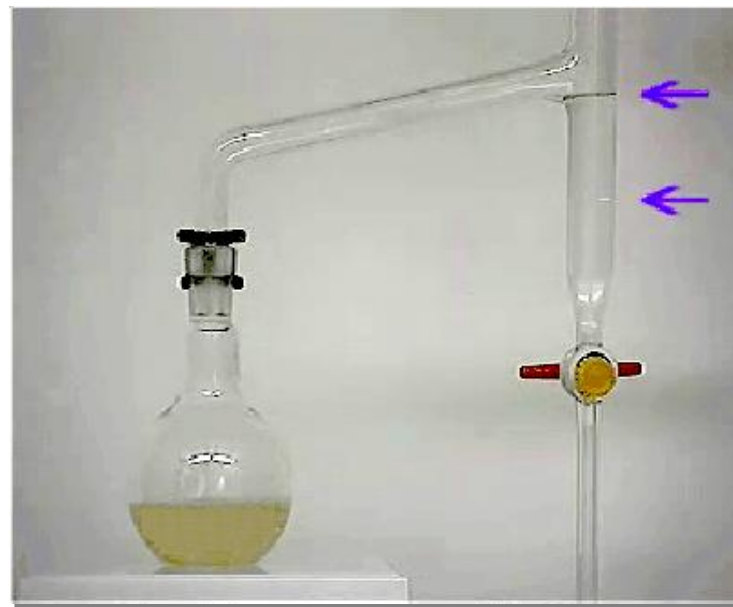
# Procedura

## Esterificazione con estrazione di Acqua: Butilacetato



I vapori della miscela di reazione per la sintesi del butilacetato sono costituiti da  $\approx 63\%$  di estere,  $\approx 24\%$  di acqua,  $\approx 8\%$  n-butanolo. Quando questi vapori condensano, nella trappola di **Dean-Stark** si formano due fasi liquide: la superiore costituita dal **86%** di acetato di butile, **11%** di butanolo e **3%** di acqua, lo strato inferiore è composto per il **97%** di acqua e tracce di alcool ed estere.

Il dispositivo è fatto in maniera tale che la fase superiore può ritornare continuamente nel pallone di reazione. Questo permette di spostare continuamente l'equilibrio di esterificazione fino ad ottenere rese quantitative in estere.



# Procedura

In un pallone da 250 ml vengono introdotti: 100 mL di **1-butanolo**, 60 mL di **acido acetico** e 3 mL **acido solforico** concentrato (98%). Alla miscela di reazione si aggiungono alcuni ebollitori e si porta a riflusso. Il riscaldamento può essere realizzato tramite un classico mantello riscaldante o tramite un agitatore con piastra riscaldante. Dopo alcuni minuti di riflusso la trappola di Dean-Stark sarà piena di liquido che tenderà a separarsi in due fasi.

Per verificare che la fase inferiore sia costituita da acqua, si preleva dal rubinetto inferiore alcune gocce di liquido e le si aggiungono ad una provetta contenente **CoCl<sub>2</sub>·6 H<sub>2</sub>O** sciolto in etanolo anidro. Il cloruro di cobalto in soluzione alcolica è blu-cobalto, per aggiunta di acqua il colore diventa rosa. Il cambiamento di colore è legato alla variazione della sfera di coordinazione dello ione Co<sup>++</sup>.



**Cloro complesso  
blu**

**Acqua complesso  
rosa**





Raimondo Germani

# Determinazione dell'acido acetico nell'aceto

## Titolazione acido-base

Il contenuto di acido acetico nell'aceto può essere determinato per titolazione acido-base con una soluzione a titolo noto (1 M) di idrossido di sodio (NaOH). **(acido debole-base forte)**

Una titolazione **acido – base** è una procedura ampiamente usata per la determinazione quantitativa della concentrazione di un acido o di una base. Operativamente è una lenta addizione di una base (o acido) di concentrazione nota ad una soluzione (noto il volume o il peso) di una specie acida (o basica) di concentrazione incognita.

Così, se conosciamo l'esatta concentrazione e volume di NaOH richiesto per neutralizzare il campione acido, possiamo calcolare la quantità totale di acido debole presente nel campione di aceto.

Al punto di fine della titolazione possiamo scrivere le seguenti espressioni:



$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{NaOH})$$

$$V(\text{CH}_3\text{COOH}) \times c(\text{CH}_3\text{COOH}) = V(\text{NaOH}) \times c(\text{NaOH})$$

# Titolazione Acido Acetico nell'aceto

Il punto di fine titolazione (**punto di equivalenza**) può essere evidenziato tramite l'ausilio di un indicatore acido base. Per la sua scelta è necessario sapere qual è il pH della soluzione al punto equivalente

Il sodium acetato **CH<sub>3</sub>COONa**, sale che si forma dalla neutralizzazione è completamente ionizzato in acqua. L'anione acetato CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>(aq) è una base debole che può reagire con acqua impartendo alla soluzione acquosa un valore di **pH >7**. Facendo i conti al punto di equivalenza il **pH = 9,3**.

Questo significa che l'indicatore da scegliere deve virare a pH alcalini, i più adatti sono:

Blu Timolo: **8.0 – 9.6**

da giallo a blu

Fenolftaleina: **8.0 – 9.6**

da incolore a **fuxia**



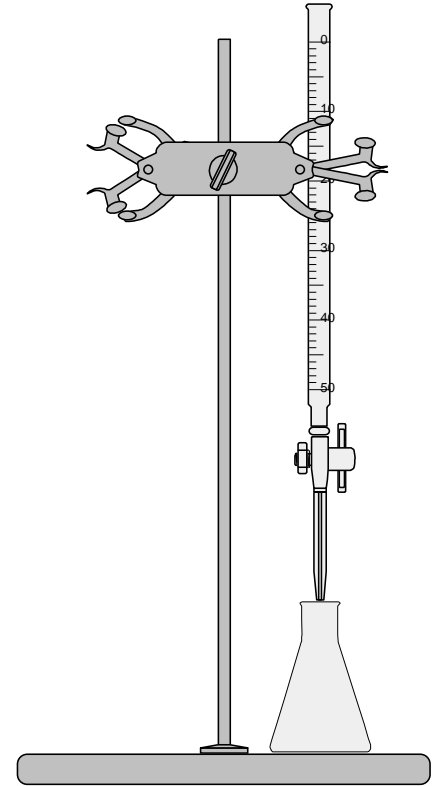
**Soluzione di Fenolftaleina 1%:** 1g in 100 mL di soluzione etanolica al 70% .



# Procedura

## Materiale occorrente:

- Aceto di vino bianco;
- Soluzione di NaOH 1 M;
- Soluzione di Fenolftaleina;
- Buretta da 25 mL;
- Porta buretta;
- Pipetta da 10 mL doppia tacca;
- Imbutino per travasare la soluzione titolante nella buretta;
- Beute da 200-250 mL;
- Bacchetta di vetro;
- Contagocce;
- Acqua deionizzata;
- Bilancia.



**ATTENZIONE:** La soluzione di NaOH 1 M è caustica, bisogna quindi evitare di versarlo sulla pelle o sugli abiti. Usare guanti durante l'esecuzione dell'esperimento.



# Procedura

## Determinazione % in peso di acido acetico nell'aceto

Avvinare la buretta da 25 mL con la soluzione di soda e quindi caricarla accuratamente **fino al punto zero**.

Prelevare **10 mL** di aceto ed inserirli in una beuta precedentemente pesata, **determinare il peso della soluzione di aceto**. Aggiungere circa 20 mL di acqua e due gocce di soluzione di indicatore. Iniziare lentamente ad aggiungere soda alla soluzione acida agitando continuamente la soluzione con una bacchetta di vetro. Non appena la soluzione si colora di rosa sospendere le aggiunte di NaOH e annotare il volume aggiunto.

$$V(\text{NaOH}) \times \text{Concentrazione} (\text{NaOH}) = \text{moli di NaOH} = \text{Moli di } \text{CH}_3\text{COOH}$$

$$\text{Moli di } \text{CH}_3\text{COOH} \times \text{PM} = \text{grammi acido acetico presenti}$$

$$\text{\% in peso} = \text{grammi } \text{CH}_3\text{COOH} / \text{grammi di aceto prelevati in 10 mL}$$

