

ITIS "G.C.FACCIO" VERCELLI – DIPARTIMENTO DI CHIMICA

Prof. Paolo Rosso

GLI ZUCCHERI

Introduzione

Gli zuccheri sono composti naturali costituiti dai seguenti atomi carbonio, idrogeno ed ossigeno. Questi composti hanno due gruppi funzionali aldeide e chetone. Venivano infatti definiti poli-idrossiochetoni o poli-idrossialdeidi, dove accanto al gruppo funzionale vi sono gruppi alcolici. Gli zuccheri possono essere costituiti da un'unica molecola e vengono chiamati monosaccaridi, da due molecole vengono chiamati disaccaridi, oppure da molte molecole e vengono chiamati polisaccaridi. I polisaccaridi sono polimeri biologici.

Funzione:

Gli zuccheri hanno due ruoli fondamentalmente

1. la prima di tipo energetica
2. la seconda è strutturale

Energetica perché dall'ossidazione degli zuccheri le cellule ricavano l'energia necessaria per svolgere le loro funzioni
Strutturale perché concorrono a formare la parete cellulare dei batteri, il tessuto connettivo, la parete cellulare dei vegetali.

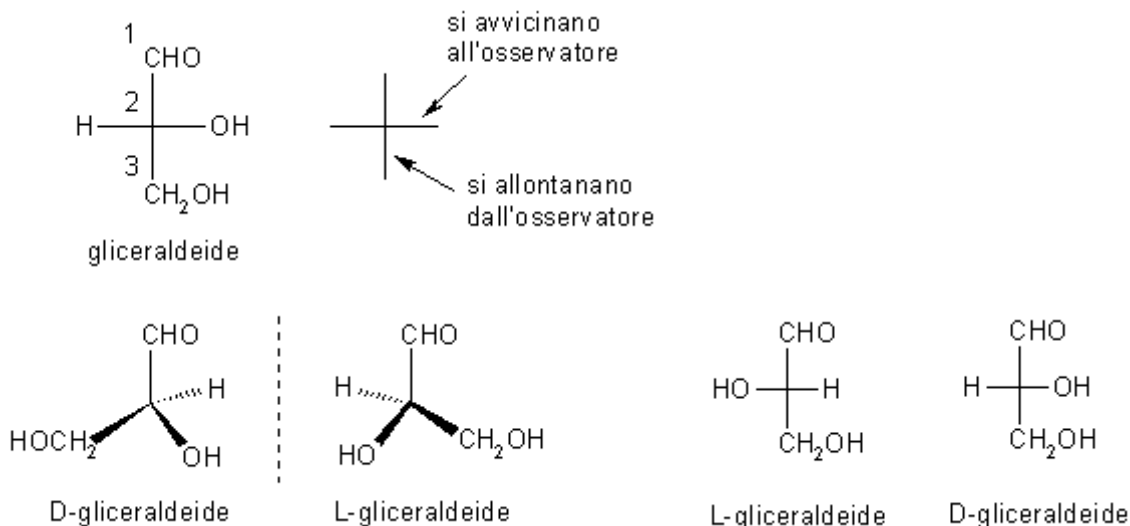
Chimica degli zuccheri

Gli zuccheri sono composti che contengono da tre atomi di carbonio a sette atomi di carbonio. Lo zucchero più conosciuto è il glucosio che è anche il più diffuso in natura e viene anche chiamato destrosio perché è destrogiro.

Ma cosa significa destrogiro? Bisogna richiamare alla memoria il concetto di isomeria ottica e allora andiamo a ripassare questo argomento, per altro già fatto nella terza del corso di chimica.

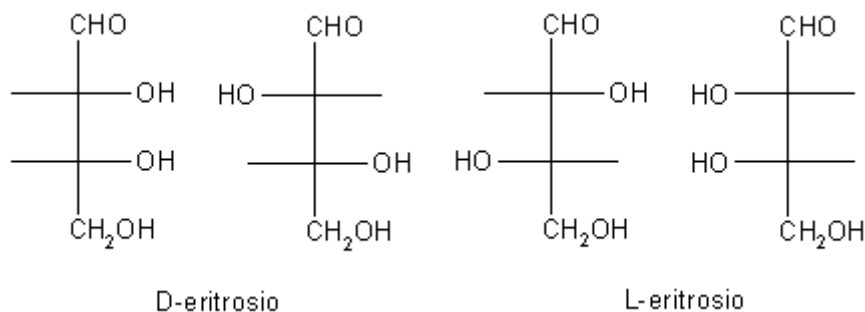
Isomeria ottica

Un poco di storia della chimica, per comprendere meglio il percorso che l'uomo ha dovuto seguire per formulare le proprie tesi. Siamo alla fine dell'ottocento quando il chimico tedesco E. Fischer studiava la disposizione dei gruppi attorno agli atomi di carbonio chirali. La prima molecola studiata è stata la gliceraldeide zucchero a tre atomi di carbonio, con un atomo di carbonio asimmetrico perché legato a quattro sostituenti diversi. Per convenzione il gruppo aldeidico si pone in alto e gli viene assegnata la numerazione 1. In basso si mette il gruppo alcolico assegnato il numero 3, l'altro ossidrile viene assegnato il numero 2. L'idrogeno che possiede il numero atomico più piccolo si trova sul piano orizzontale. Infatti secondo Fischer la molecola veniva disegnata con due linee una verticale che rappresenta il legame posto lontano da chi osserva, l'altra orizzontale che rappresenta il legame vicino a chi osserva la molecola. Secondo tale struttura due sono le possibili configurazioni limite, la prima che presenta il gruppo idrossile verso destra e l'altra che presenta il gruppo idrossile verso sinistra. Le possibili formule, sono due infatti esse rappresentano due composti differenti non per formula bruta ma come formula di struttura, si parlerà di isomeri ottici.



Passando ai modelli tridimensionali si può osservare come questa molecola presenta gruppi indirizzati verso una parte dello spazio ben precisa. Sul retro è possibile vedere le due formule, si porta anche il modello tridimensionale. Il composto contrassegnato con la lettera **D** significa che il gruppo alcolico si trova a destra, il composto contrassegnato con la lettera **L** significa che il gruppo alcolico si trova sulla sinistra.

L'eritrosio dove gli atomi di carbonio sono quattro due sono gli atomi di carbonio asimmetrici, ma la domanda che sorge sarà uno zucchero della serie D o L. Il dilemma fu risolto considerando il gruppo alcolico che si trova sull'atomo di carbonio più lontano al gruppo funzionale quindi sarà D se il gruppo alcolico si trova a destra oppure L se il gruppo alcolico si trova a sinistra.



Nel caso degli aldopentosi e aldosesi il problema venne risolto con lo stesso criterio. La disposizione dei gruppi intorno al carbonio asimmetrico non fornisce nessuna indicazione sul senso di rotazione del piano della luce polarizzata.

Rispondiamo ad un'altra domanda ma che cosa è la luce polarizzata?

Tutti sanno che la luce vibra su infiniti piani, mentre la luce polarizzata è la luce che vibra su un solo piano e si può realizzare facendo passare la luce ordinaria attraverso una lente polarizzante o attraverso un cristallo di calcite. Se la luce polarizzata attraversa una soluzione contenente uno zucchero con atomi di carbonio asimmetrici, si osserva una deviazione del piano della luce rispetto al piano incidente. Questo significa che il piano della luce ruota e si può misurare questa rotazione. Infatti in laboratorio si può effettuare un'esperienza dove viene misurato il potere rotatorio se la rotazione è oraria o antioraria. Un composto che ruota il piano della luce è detto otticamente attivo, il composto viene chiamato *enantiomero* o *antipodi ottici*. Lo strumento è il *polarimetro*, si definisce come potere rotatorio specifico :

$$\alpha \text{ specifico} = \frac{\alpha \text{ misurato}}{l \cdot C}$$

Potere rotatorio

Il fenomeno della rotazione del piano della luce polarizzata fu scoperto nel 1815 dal fisico francese Biot, ma fu Pasteur nel 1848 a scoprire che vi erano due tipi di sali dell'acido tartarico. Vedi figura sul retro. Questo testimoniava che vi erano più composti con identica formula bruta ma differente formula di struttura.

L'enantiomero di una qualsiasi molecola che ruoti il piano della luce verso destra viene chiamato destrorotatorio ed indicato con un segno + nel senso contrario levorotatorio ed indicato con il segno -.

Attenzione perché il potere rotatorio viene determinato con il polarimetro, mentre la disposizione dei gruppi intorno al carbonio asimmetrico è un altro fenomeno che è legato alla struttura e non all'interazione della luce polarizzata.

Adesso diamo un poco di definizioni

1. *Miscela racemica*. Si intende per miscela racemica o più semplicemente racemo due composti con atomi di carbonio asimmetrici immagine speculare, quantitativamente presi in parti uguali. Un racemo non devia il piano della luce polarizzata, poiché la rotazione provocata da un isomero viene annullata dalla rotazione identica ma di segno opposta dell'altro isomero.
2. *Diastereoisomeri* sono tutte quelle coppie di isomeri che differiscono per la configurazione di due o più centri asimmetrici.
3. *Epimeri* sono tutti quei composti che differiscono per la posizione di un solo gruppo OH legato al carbonio asimmetrico. Ad esempio il glucosio ed il galattosio sono epimeri per la posizione 4 del carbonio.
4. *Enantiomeri* sono tutti i composti con atomi di carbonio asimmetrici.
5. *Chirale* dal greco *cheir* che significa mano, un oggetto è chirale perché non vi sono elementi di simmetria. Ovvero ogni oggetto non può essere sovrapposto alla sua immagine speculare.
6. *Forme meso* molecola dotata da un piano di simmetria interno.
7. *Mutarotazione* fenomeno fisico per cui il potere rotatorio tende a cambiare

Configurazione assoluta forme R o S

Il problema della configurazione presentava dei problemi per assegnare l'esatta configurazione, per tutti quegli zuccheri che presentavano più di un atomo di carbonio asimmetrico. Alla molecola della gliceraldeide si assegnò il simbolo D o L in funzione del gruppo OH ma questo non poteva essere esauriente. Infatti vi era ancora confusione tra la deviazione del piano della luce polarizzata che è un effetto fisico e la disposizione dei gruppi che è un effetto dovuto alla struttura molecolare. Le due caratteristiche non sono legate tra di loro; ma una volta risolto questo primo problema rimaneva sempre il dubbio di come assegnare la configurazione assoluta. Furono tre ricercatori dai nomi Cahn, Ingold, Prelog che riuscirono a risolvere il quesito attraverso una serie di brillanti regole. In un composto si considera il numero atomico, partendo dall'atomo con il numero atomico più alto verso quello con il numero atomico più piccolo. L'idrogeno nella struttura tridimensionale viene messo dietro alla molecola quindi non visibile dall'osservatore. Se la lettura avviene in senso orario l'isomero sarà contrassegnato con la lettera **R** dal latino che significa destra, altrimenti viene contrassegnato con la lettera **S** dal latino sinistra che significa sinistro.

Se lo zucchero possiede più atomi di carbonio, per assegnare la configurazione assoluta bisogna estrapolare il carbonio asimmetrico, mettere l'idrogeno dietro dal piano dell'osservatore e, quindi numerare i gruppi secondo l'ordine decrescente del numero atomico. Se la rotazione di lettura avviene in senso orario l'isomero è R altrimenti è L.

Mesoforme

Composto meso. Si definiscono tali, quei composti pur presentando atomi di carbonio asimmetrici hanno un piano di simmetria interna; per rotazione di 180° le due semi strutture si sovrappongono. Metà della molecola è l'immagine speculare dell'altra metà. Tipico esempio è quello dell'acido meso tartarico.

Quanti sono gli isomeri ottici

Per calcolare il numero di isomeri ottici sapendo il numero di atomi di carbonio, basta applicare una semplice regola:

$$n.i. = 2^{nC}$$

dove n.i. è il n° di isomeri ottici e nC è il n° di atomi di carbonio asimmetrici presenti nella molecola. Alcuni esempi:

- La gliceraldeide possiede un atomo di carbonio asimmetrico quindi 2 isomeri ottici
- L'eritrosio che possiede due atomi di carbonio asimmetrici, possiede 4 isomeri ottici
- L'arabinosio che possiede tre atomi di carbonio asimmetrici, possiede 8 isomeri ottici
- Il glucosio che possiede quattro atomi di carbonio asimmetrici, possiede 16 isomeri ottici

Monosaccaridi

I monosaccaridi sono formati da una sola molecola di zucchero. La molecola è formata da una catena lineare di atomi di carbonio, legati con atomi di ossigeno e idrogeno. Un atomo è il gruppo funzionale può essere un aldeide o un chetone. Si passa da tre atomi di carbonio a sette atomi di carbonio. Il numero di atomi di carbonio aumenta con l'aumentare degli atomi di carbonio inseriti nella catena. Tutte le formule fin qui considerate presentano tutte una struttura lineare, in soluzione acquosa però quasi tutti i pentosi ed esosi si trovano sotto forma di strutture cicliche.

La reazione di formazione del ciclo è dovuta alla formazione di un semi acetale tra il gruppo aldeidico o chetonico ed un ossidrile che per gli esosi è il carbonio numero 5, mentre per i pentosi è il carbonio numero 4.

Si formeranno due cicli uno a 6 atomi di carbonio con un ossigeno inserito nel ciclo e l'altro con 5 atomi di carbonio con un ossigeno inserito nel ciclo. Le due molecole che si sono formate derivano da due molecole chiamate pirano e furano. Si parla quindi di forme piranosiche e di forme furanosiche. Per indicare queste nuove formule si utilizzano le forme di Haworth, sviluppate per rappresentare le strutture cicliche degli zuccheri.

L'ossigeno per convenzione si pone sempre lontano dall'osservatore, il carbonio anomero sempre alla sua destra.

Riscrivendo le formule degli zuccheri a partire dalla struttura di Fischer, bisogna rispettare alcune convenzioni ovvero se il gruppo nelle formule di Fischer si scrive a sinistra nelle formule di Haworth stanno sopra il piano della molecola,

al contrario stanno sotto il piano della molecola. Il gruppo numero 6 se si trova sopra il piano della molecola lo zucchero è della serie D, contrario della serie L. Il carbonio numero 1 è asimmetrico mentre nelle formule aperte no. La chiusura dell'anello ha contribuito ad avere un nuovo centro chirale. Si definiscono *anomeri* quei composti che differiscono per la configurazione del *carbonio numero 1*.

Nelle formule di Haworth si dice l'anomero alfa se il gruppo OH si trova al di sotto del piano della molecola contrario si dice beta.

La nomenclatura completa per uno zucchero aldoso è alfa o beta D o L glucopiranosio, mentre per uno zucchero chetoso è alfa o beta D o L fruttosio.

Mutarotazione

Il glucosio esiste in due forme cristalline differenti, con proprietà fisiche differenti, se posto in soluzione acquosa si osserva il cambiamento del potere rotatorio per giungere ad un valore di equilibrio. Questo spontaneo cambiamento dell'attività ottica si chiama mutarotazione.

La composizione della miscela nel caso del glucosio è :

64%	beta D glucosio
36%	alfa D glucosio
0,02%	forma aldeidica

Struttura a sedia

Queste formule sono imperfette perché lo zucchero non è scrivibile sul piano, perché presenta una struttura tridimensionale. La forma più stabile dal punto di vista termodinamico è la sedia. Per passare dalle formule di Haworth a quelle di Reeves bisogna conoscere la struttura; se il gruppo si trova in alto nella sedia è equatoriale, in caso contrario ovvero il gruppo si trova in basso nella sedia è assiale.

Ricapitolando per ricordare:

Fischer	Sinistra	Destra
Haworth	Alto	Basso
Reeves	Equatoriale	Assiale

Lo zucchero della serie degli aldosi è il glucosio quello della serie dei chetosi è il fruttosio. Gli zuccheri più semplici strutturalmente sono la gliceraldeide ed il diidrossiacetone. Da questi due zuccheri discendono tutti gli altri per aggiunta di un atomo di carbonio.

Reazioni degli zuccheri

Formazione dei glucosidi

La reazione che avviene tra un **semiacetale ed un alcol** porta alla formazione di un **acetale**. Gli acetali degli zuccheri monosaccaridi sono detti glucosidi, abbiamo gli O-glucosidi, N-glucosidi e S-glucosidi, se a reagire è un alcol oppure un tiolo o un ammina. In ambiente acido per idrolisi i glucosidi subiscono la reazione inversa. Si definisce **aglicone** la parte che non fa parte della molecola zuccherina.

Ossidazione dei monosaccaridi

Il glucosio, il fruttosio e tutti gli zuccheri riducenti danno differenti reazioni di ossidazione con il reattivo di Fehling il reattivo di Tollens. Nessuna reazione danno i zuccheri non riducenti. In soluzione alcalina gli acidi aldonicici si trasformano in esteri ciclici chiamati lattoni. Utilizzando acido nitrico diluito a caldo è possibile ottenere gli acidi aldarici, dove entrambi carboni il numero 1 e 6 subiscono l'ossidazione.

Riduzione dei monosaccaridi

Utilizzando idrogeno con catalizzatore oppure idruri metallici gli zuccheri si riducono ad alditoli il più conosciuto è il sorbitolo presente nella frutta.

Formazione di esteri

Facendo reagire l'anidride acetica a freddo (0°) con acetato di sodio si ottengono i poliacetati oppure per reazione con dimetil solfato si ottengono i metossili. In presenza di benzaldeide si ottengono gli acetali ciclici.

Formazione di fenilosazoni

Facendo reagire uno zucchero aligoso o cretoso monosaccaride con fenilidrazina in ambiente acido per acido acetico, si forma un precipitato cristallino di colore rosso. Dalla determinazione del punto di fusione si risale allo zucchero considerato.

Disaccaridi

Sono zuccheri formati dall'unione di due molecole di zuccheri monosaccaridi. Il più noto è sicuramente il **saccarosio** formato dall'unione di beta D fruttofuranosil 2—1 alfa D glucopiranosil. L'idrolisi di questo zucchero produce una molecola di glucosio ed una di fruttosio. L'idrolisi è prodotta da un enzima chiamato invertasi perché porta alla formazione dello zucchero invertito, il nome *invertito* deriva dal fatto che il potere rotatorio del saccarosio è positivo mentre quello dello zucchero invertito è negativo.

Il *lattosio* è lo zucchero contenuto nel latte è formato da una molecola di beta D galattopiranosil 1—4 alfa glucopiranosio. L'idrolisi dello zucchero è dovuta ad un enzima detta *lattasi*. L'intolleranza al lattosio è dovuta ai bassi livelli dell'enzima.

Il *cellobiosio* è formato dal beta D glucopiranosil 1—4 beta D glucopiranosio. Rappresenta l'unità ripetitiva della cellulosa.

Il *maltosio* è costituito è formato dal alfa D glucopiranosil 1—4 alfa D glucopiranosio il suo isomero 1—6 è l'isomaltosio. Formano le molecole dell'amido.

Polisaccaridi

Amido: polimero naturale contenuto nei vegetali formato da alfa D glucosio con legami 1—4 . Si riconoscono nell'amido due forme l'amilosio che è solubile in acqua è formato da legami 1—4 mentre l'amilopectina presenta legami 1—4 e 1—6 ha una struttura intrecciata non è solubile in acqua.

Cellulosa: formata da unità di cellobiosio con legami 1—4. non è commestibile per l'uomo perché le molecole di glucosio sono beta.

Glicogeno: è un polisaccaride presente nel fegato e muscoli, costituisce il materiale di riserva del glucosio. Simile all'amilopectina presenta più legami del tipo 1— 6

Derivati degli zuccheri abbiamo la *chitina* polisaccaride che costituisce il materiale di sostegno degli artropodi. Formato da N acetil D glucosammina legato al carbonio numero 2 del beta glucosio.

I glicosilamminoglicani composti lineari formati da disaccaridi un composto è N acetilglucosammina o N acetil galattosammina, l'altro composto è spesso l'acido glucuronico. Queste sostanze si trovano in numerosi organi quali la cornea, polmone, pelle.

Esperienze da condurre in laboratorio

Riconoscimento dei gruppi funzionali:

Saggio di Fehling uno zucchero riducente reagisce con questo reattivo formato da due soluzioni. La prima contenente solfato di rame penta idrato la seconda contenente tartrato di sodio e potassio con idrossido di sodio e acqua.

L'esecuzione del saggio è la seguente prendere mezza spatolata di zucchero, scioglierlo in acqua, aggiungere in parti uguali di reattivo e scaldare su bagnomaria bollente. Dopo circa 30 secondi si passa dalla colorazione blu a rossa con la formazione di un precipitato di colore rosso mattone.

Saggio di Seliwanoff . Il reattivo è formato da: 50 mg di resorcina in 100 ml di HCL 3N. Serve a riconoscere uno zucchero chetoso. Si scioglie lo zucchero in acqua, si aggiungono un paio di gocce di reattivo, si scalda su bagnomaria caldo per un minuto. In presenza di zuccheri chetosi si forma un precipitato di colore rosso chiaro.

Saggio con la fenilidrazina. Il reattivo è formato da 1 g di 2,4 dinitrofenilidrazina in 5 ml di acido solforico concentrato.

Il tutto viene a sua volta versato in un bicchiere da 50 ml, contenente 10 ml di acqua e 35 ml di etanolo. Attenzione quando si travasa nel bicchiere. Prendere mezza spatola di zucchero, sciogliere lo zucchero, aggiungere 1 ml di reattivo in presenza di gruppi aldeidico o che tonici si forma un precipitato di colore rosso arancio.

Determinazione dell'amido.

Si possono prendere alimenti tipo farina, riso, pasta, alimenti che contengono amido. L'amido è un polimero zuccherino formato da molecole di glucosio. Una volta che il cibo è stato sminuzzato e ben omogeneizzato si aggiunge una soluzione di iodio/ ioduro 1g di entrambi le molecole sciolte in 100 ml di acqua. In presenza di amido il liquido assume una colorazione blu scura dovuta all'assorbimento dello iodio sulla struttura polimerica dell'amido.

Separazione degli zuccheri utilizzando la cromatografia su carta

La cromatografia è una tecnica che permette di separare i componenti di una miscela. Ci sono sempre due fasi una fissa che è la carta l'altra mobile rappresentata dalla miscela eluente. Il solvente migra trasportando le sostanze in esso solubili, che vengono quindi lasciate dalla fase fissa. Le sostanze invece poco solubili nel solvente vengono trattenute dalla fase fissa, quindi saranno meno trasportate dalla fase mobile. In questo modo si crea una separazione delle sostanze contenute nella miscela, in funzione della loro solubilità. La carta non è comune carta da filtro, ma una carta utilizzata per cromatografia fabbricata con cellulosa pura. Controllato è lo spessore della carta ed il suo aspetto.

La miscela eluente vengono scelte in funzione della polarità delle sostanze da separare. La carta viene dapprima preparata, facendo un segno a 2 cm dal margine inferiore e ad 1 cm dal margine superiore. La semina dei campioni viene fatta con una pipetta in modo da produrre una macchia ben delimitata e compatta. All'incirca ogni macchia non deve contenere meno di 50 mg di sostanza. La carta con i campioni viene messa all'interno di un bicchiere da 500 ml tappato con un vetrino ad orologio, dove è stato precedentemente fatto l'ambiente. E' sufficiente mettere nel bicchiere almeno un centimetro di eluente in altezza, questa quantità bagna la carta e permette al solvente di salire senza peraltro sciogliere le sostanze. Dopo l'avvenuta la migrazione del solvente si toglie la lastrina, la si mette in stufa per essere asciugata e quindi si spruzza la miscela rivelatrice, il tutto in stufa ad asciugare un paio di minuti al massimo e quindi visione delle macchie e calcolo del Rf.

Per separare gli zuccheri si utilizza carta per cromatografia, miscela eluente con butanolo, acido acetico e acqua in rapporto 6:1:3. la miscela rivelatrice è composta da nitrato di argento 0,1N con ammoniaca 5 N mescolati prima dell'uso in rapporto 1:1.

Polarimetria

Dal punto di vista teorico si è già parlato di potere rotatorio ma come determinarlo non ancora. Questa esperienza serve appunto a determinare il potere rotatorio. Si prepara una soluzione di uno zucchero qualsiasi, normalmente si usano tubi lunghi 2 dm. Si azzerò lo strumento utilizzando acqua distillata, quindi si analizza la soluzione zuccherina. Si fanno due letture la prima ruotando in senso orario, la seconda ruotando in senso contrario la manopola. Ad uniformità di campo si legge il valore sulla scala graduata. Si ripete la lettura utilizzando un tubo che è la metà del prima si ripetono le lettura. Si confrontano i risultati e si controlla quale dei due risultati uno è il doppio dell'altro. Il valore del potere rotatorio è quello letto, il senso di rotazione + o - dipende dal modo in cui si è ruotata la manopola. Si possono assegnare esperienze differenti analizzando diverse soluzioni contenenti zuccheri differenti.

Analisi all'infrarosso

Si può utilizzare una tecnica sperimentale molto usata nei laboratori di chimica, ovvero IR. Questo strumento mi permette di individuare i gruppi funzionali caratteristici, il gruppo aldeidico, chetonico, carbossilico, alcolico. Nell'analisi infrarossa le molecole attraversate dalla radiazione, si comportano come dei nuclei che risuonano ovvero i legami vibrano a seconda della caratteristica dei legami il tutto dipende anche dalla polarità della molecola. Le molecole si comportano come dei dipoli e quindi risuonano in funzione della struttura della molecola. L'interazione avviene tra la radiazione ir e il campo elettrico oscillante del dipolo. La molecola vibra solamente se i campi magnetici oscillano con la stessa frequenza quindi la molecola assorbe la radiazione. Quando la radiazione ha una frequenza

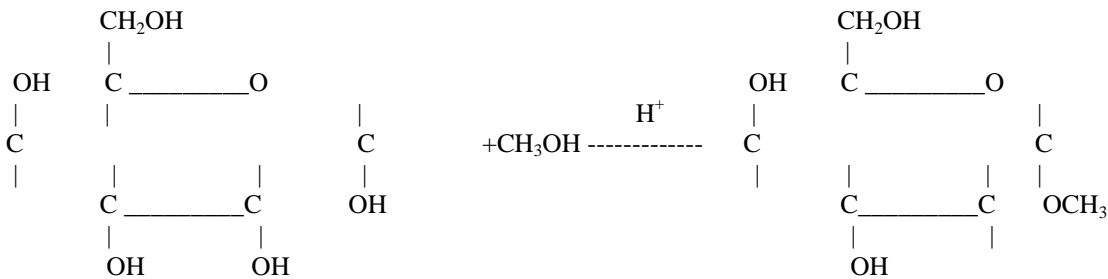
multipla della vibrazione naturale allora avremo un'altra vibrazione. Le bande che si vengono a creare quindi sono diverse. Il campo delle radiazioni nell'infrarosso, variano tra i 4.000 ai 400 cm^{-1} . questa zona corrisponde a transizioni vibrazionali e sono quelle che rivestono il maggior significato. L'unità di misura corrisponde al numero d'onda ovvero il numero di onde contenute in un 1 cm ed è espresso in centimetri reciproci. Per l'analisi di sostanze che si sciolgono in acqua con un campionamento dei liquidi, si usa una pastiglia di bromuro di argento oppure utilizzando solventi che non si sciolgono in acqua si utilizza una pastiglia di cloruro di potassio. Mediante delle tabelle dall'analisi dello spettro si può risalire ai gruppi funzionali che hanno originato il picco, oppure confrontare lo spettro in esame con spettri di sostanze note.

Identificazione dei gruppi funzionali:

Lo spettro si divide in tre zone quelle che vanno dai 4000 a 1300 cm^{-1} e corrispondono alle bande di assorbimento dovute agli stiramenti e alle deformazioni dei legami. La zona che varia tra i 1300 a 650 cm^{-1} corrisponde alle vibrazioni di tutta la molecola pertanto caratteristiche per l'identificazione dei gruppi, tipo aldeidi, chetoni, acidi carbossilici. L'ultima zona meno significativa si estende tra i 650 a 250 cm^{-1} vibrazione di atomi chiamati pesanti, deformazioni di gruppi privi di idrogeno e vibrazioni totali.

Utile esperienza è di assegnare agli allievi divisi in gruppi sostanze tipo aldeidi ecc, e quindi di fare degli spettri. Confrontare gli spettri con altre sostanze note e quindi discutere sulla posizione dei vari picchi.

Reazioni formazione di un O glicoside



Alfa D glucosio

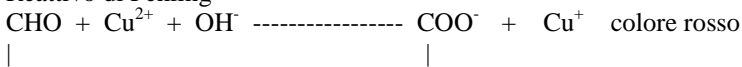
metil alfa D glucosio

Reazioni di ossidazione

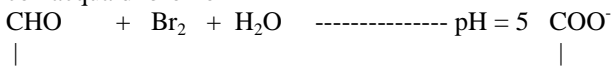
Reattivo di Tollens



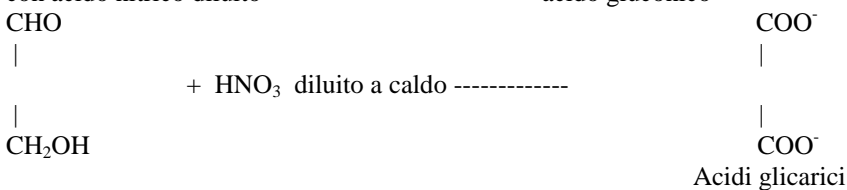
Reattivo di Fehling



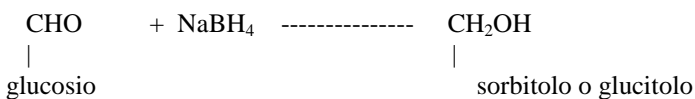
con acqua di bromo



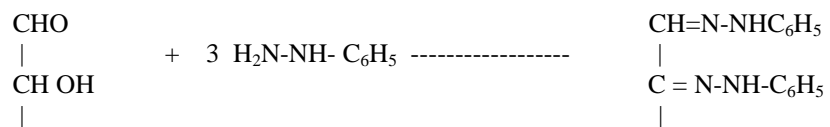
con acido nitrico diluito



Reazioni di riduzione



Formazione di fenilosazoni



alfa D glucosio

fenilosazione del glucosio

Formazione degli acetati

