



ALMA MATER STUDIORUM

Università di Bologna
Piano Lauree Scientifiche (PLS)
Area Chimica

Esperienza PLS

Come i RIS in Azione: analisi del vino e del tasso alcolemico mediante NMR (Risonanza Magnetica Nucleare)



Prof. Mazzanti Andrea (mazzand@ms.fci.unibo.it)

Dipartimento di Chimica Industriale “Toso Montanari”
Sede di Bologna

LA RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE

Una potente tecnica a disposizione di scienziati, medici, investigatori

La Risonanza Magnetica Nucleare (in inglese: nuclear magnetic resonance, NMR) è una tecnica analitica relativamente giovane (circa 50 anni), ma che è diventata rapidamente molto importante nel campo della diagnostica medica e nel campo dell'analisi chimica.

Uno dei suoi principali vantaggi è costituito dal fatto che è una tecnica non distruttiva, in quanto spesso permette l'analisi del campione tal quale: ad esempio in campo medico l'analisi, oltre che indolore, viene effettuata direttamente sul paziente.

La tecnica si basa sul fenomeno fisico per cui i nuclei atomici si comportano come piccole calamite quando vengono immersi in un campo magnetico molto intenso. Una volta sottoposti a particolari impulsi di radiofrequenza, i nuclei atomici “reagiscono” in base al tipo di nucleo e alla quantità presente nel campione.



Strumentazione NMR (notare le dimensioni della persona)

In particolare nel campo della diagnostica medica vengono osservati i nuclei atomici degli idrogeni dell'acqua, che è presente in grande quantità all'interno del corpo umano.

Nel campo dell'analisi chimica, la casistica di nuclei atomici osservabile è molto più ampia e comprende i nuclei dell'idrogeno, carbonio, ossigeno, azoto, fosforo, e molti altri.

Il vino e i suoi componenti principali

Secondo le normative CE, si definisce vino "...il prodotto ottenuto esclusivamente dalla fermentazione totale o parziale degli zuccheri contenuti nelle uve fresche pigiate o non, o di mosti di uve, che si trasformano in alcol attraverso la cosiddetta fermentazione alcolica..."



Il vino (dall'ebraico *yine* = bollire, dare effervescenza) è uno dei prodotti alimentari di maggior valore sotto molti punti di vista. L'Italia (in epoca greca denominata Enotria, terra del vino) figura tra i più grandi produttori mondiali di vino, negli ultimi anni ha visto crescere

vertiginosamente le produzioni ad alta qualità. Il vino presenta aspetti molto interessanti anche dal punto di vista nutrizionale per via delle sostanze *nobili* che contiene, come i polifenoli, il resveratrolo e i composti aromatici. Il suo valore energetico dipende dal contenuto alcolico: 1 g di alcool è in grado di fornire 7 calorie. Ovviamente, occorre assumerne quantità moderate (come diceva Ippocrate, padre della medicina: 'il vino è una cosa meravigliosamente appropriata all'uomo, se viene a lui somministrata, in salute come in malattia, in giusta misura'). Dal punto di vista commerciale quello del vino rappresenta un settore in cui convergono grandi interessi e grandi investimenti.

Nel vino sono presenti centinaia di composti diversi (attualmente sono note non meno di 600 sostanze) e le sue proprietà organolettiche non sono influenzate soltanto dai suoi componenti maggiori, cioè acqua e alcol etilico, ma anche dai componenti minori, perfino da quelli presenti in tracce. Per esempio, è sufficiente una concentrazione di poche decine di ng/L di 2,4,6-tricloroanisolo per impartire al vino il classico, sgradevole gusto di tappo.

Nel vino sono presenti composti delle seguenti classi, in diverso rapporto, dipendente soprattutto dalla tecnica di vinificazione:

- Acqua
- Alcoli: etanolo, metanolo, alcoli superiori, glicerina
- Acidi organici non volatili: tartarico, malico, citrico, lattico, acetico
- Zuccheri: glucosio, fruttosio
- Gomme e pectine
- Polifenoli: antociani, tannini
- Sostanze minerali
- Sostanze volatili: acidi volatili, esteri, aldeidi, terpeni
- Vitamine
- Gas disciolti: anidride carbonica, anidride solforosa, ossigeno

ALCOOL ETILICO e grado alcolico

La sua importanza è determinante, essendo la sostanza a maggior concentrazione dopo l'acqua. Esso influenza tutto il complesso dei caratteri organolettici. L'alcol etilico o etanolo è

responsabile della *morbidezza* del vino, ed è in grado di solubilizzare tutti i composti importanti ai fini della costituzione del *bouquet*, che non sarebbero solubili in un mezzo esclusivamente acquoso. Infine è decisivo dal punto di vista della genuinità, in quanto è possibile riconoscere l'aggiunta di zucchero non proveniente dall'uva per aumentare il grado alcolico in base alla misura di parametri analitici sull'alcol.

L'etanolo si forma dalla fermentazione alcolica del glucosio presente nel mosto, favorita dall'azione dei lieviti *Saccharomyces Cerevisiae*:



Il contenuto di etanolo nel vino si esprime attraverso il grado o gradazione alcolica (ora sostituito per legge con il termine titolo alcolometrico).

- Il **grado alcolico** è la percentuale in volume di alcol riferita al volume di vino (per es., $12^\circ = 12$ mL di etanolo su 100 mL di vino, a 20°C). Questo valore per legge non può essere inferiore ai 6° .
- La **gradazione alcolica potenziale** rappresenta la percentuale di alcool potenzialmente sviluppabile da zuccheri non ancora fermentati.
- La **gradazione alcolica totale** è data dalla somma delle precedenti

A seconda del grado alcolico i vini si possono classificare in:

- *Vini da Tavola*: titolo alcolometrico non inferiore a 8.5° ; per alcuni i vini (Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna) il titolo alcolometrico volumico totale può essere portato ad un massimo di 17° .
- *Vini Liquorosi*: titolo alcolometrico minimo stabilito non inferiore 15° nè superiore a 22° .

- *Vini Passiti e Vinsanti*: non esistendo una normativa generale specifica, rientrano quei vini che hanno un tasso alcolico minimo stabilito dai disciplinari di produzione anche se con tasso alcolico effettivo oltre 15% vol. Questi vini non possono essere aggiunti di concentrati o di alcol perchè in tal caso rientrerebbero automaticamente nella categoria dei vini liquorosi
- *Vini aromatizzati*: vini speciali aventi un contenuto in alcol inferiore a 21% , costituiti in prevalenza da vino addizionato o non di alcole e di saccarosio ma di sostanze permesse dalle vigenti disposizioni e normative, atte a conferire al prodotto particolari odori e sapori estranei
- *Vini Frizzanti*: titolo alcolometrico effettivo non inferiore a 7%

ALTRI ALCOOLI

Il vino contiene altri alcoli che possono influenzarne la qualità, in senso positivo o negativo. Tra quelli apprezzabili vi è la *glicerina* o *glicerolo*, prodotta come l'etanolo nella fermentazione alcolica.

Un altro alcol, questa volta meno desiderabile, è l'*alcol metilico* o *metanolo* (CH_3OH) che si forma dall'idrolisi enzimatica della pectina, un polisaccaride presente nell'uva. Pur essendo tossico, il suo contenuto nel vino non costituisce rischio, a meno di quantità fraudolentemente aumentate (come nel caso tristemente noto di Narzole).

I cosiddetti *alcoli superiori* o *fusel oils*, cioè alcoli con più di due atomi di carbonio, si originano dagli aminoacidi presenti nell'uva: nel vino i più importanti sono 1-propanolo, 2-metil-1-propanolo, 3-metil-1-butano e 2-metil-1-butano.

Gli alcoli superiori influenzano in vario modo il gusto del vino: nel Cabernet Sauvignon ne è stato identificato uno particolare, il *3-metil-1-propanolo* ($\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) che deriva dall'aminoacido metionina e impartisce al vino una forte nota dolce.

ZUCCHERI

Rappresentano una parte importante del mosto e quindi del vino e sono costituiti principalmente da *fruttosio* (levulosio) e *glucosio* (destrosio). I due zuccheri vengono fermentati dai lieviti naturalmente presenti nel mosto con produzione di alcoli; quando la

fermentazione è terminata non sono più presenti o si ritrovano in tracce.

A seconda del tenore di zuccheri presenti i vini vengono classificati come secchi, amabili, dolci.

Glucosio e fruttosio nel mosto si trovano inizialmente in quantità pressoché uguali per cui il loro rapporto varia tra 0.7 e 1.1, a seconda di fattori come il grado di maturità delle uve, le condizioni climatiche e naturalmente la varietà di uva. Durante la fermentazione alcolica, il glucosio viene consumato per primo dai lieviti: ciò comporta una sua diminuzione e il rapporto fra i due zuccheri, al procedere della fermentazione, si allontana sempre di più dall'unità, fino ad arrivare alla fine attorno a 0.25. Nel caso di vini dolci e nei casi in cui non è consentita la dolcificazione, il valore di questo rapporto può rappresentare un elemento di controllo della genuinità

Nel vino non è presente naturalmente il saccarosio. Le piccole quantità che si trovano nell'uva all'atto della spremitura spariscono rapidamente nel giro di qualche ora per idrolisi, quindi un'eventuale addizione fraudolenta è difficile da rivelare. Nei casi sospetti, la ricerca del saccarosio e dei suoi derivati di idrolisi (glucosio e fruttosio) è uno dei parametri di controllo della genuinità.

Sempre nell'ambito del controllo della genuinità, un elemento di notevole valore diagnostico è costituito dalla presenza di due composti che vengono collocati nel *quadro zuccherino* naturale dei vini: *mio-inositolo* e *scillo-inositolo*. La determinazione del contenuto di questi due polialcoli ciclici e il rapporto fra le loro concentrazioni assume un significato rilevante agli effetti del controllo della genuinità.

ACIDI

L'acidità conferisce al vino *vivacità* nel gusto e nel colore.

Gli acidi presenti nel vino sono classificabili in acidi naturali, presenti nell'uva (tartarico, malico e citrico) e in acidi di origine fermentativa (acetico, lattico e succinico). Ogni acido conferisce note particolari e positive se in concentrazione opportuna; l'acido malico è preferibilmente convertito ad acido lattico nella fermentazione malolattica in quanto dà note acerbe, mentre l'acido acetico è ovviamente mantenuto al minimo per evitare l'insorgere di acescenza.

POLIFENOLI

Dopo i carboidrati e gli acidi, i polifenoli o composti fenolici sono il gruppo più abbondante di costituenti chimici dell'uva. Nel vino hanno un ruolo importantissimo: innanzitutto sono responsabili delle differenze tra vini bianchi e vini rossi, soprattutto per colore e aroma, in particolare contribuendo al gusto amaro e all'*asstringenza* del vino; in secondo luogo, hanno proprietà antiossidanti e battericide, particolarmente gradite dal punto di vista salutistico; infine hanno un ruolo primario nella conservazione e nell'invecchiamento del vino.

A livello macroscopico, i polifenoli rappresentano la parte *colorata* e *colorante* del vino. Sono composti contenuti nella buccia dell'uva e la loro presenza nel vino dipende dalla tecnica di vinificazione. Il contatto più o meno prolungato del mosto con le bucce ne determina il contenuto nel mosto e quindi nel vino. In base al contenuto di polifenoli si possono classificare i vini come bianchi, rosati, rossi, rossissimi e torchiati.

PRINCIPALI FRODI SUL VINO: come smascherarle

Il vino, tra gli alimenti, è uno dei prodotti maggiormente sottoposto a frode. Vini di alta qualità o di amate particolari raggiungono prezzi elevati, diventando l'obiettivo ideale di pratiche illecite. Nonostante la legislazione sul vino sia una tra le più complete e il vino sia tra gli alimenti maggiormente analizzati, l'entità delle frodi è talmente elevata da essere difficilmente quantificabile (Frode: consegna all'acquirente, a scopo di illecito guadagno, di una merce diversa da quella richiesta o per qualità o per quantità o per origine).

Le principali frodi in campo enologico sono:

- Diluizione con acqua (annacquamento)
- Vini ottenuti dalla fermentazione di zuccheri di natura diversa da quelli dell'uva (pratica vietata in Italia, ma consentita in altri Paesi).
- Aggiunta di sostanze non consentite: alcool, antifermentativi, aromatizzanti, coloranti
- Messa in commercio di vini di qualità differente da quella dichiarata in etichetta
- Messa in commercio di vini non conformi alle norme: accescenti (con acido acetico > 1 g/l), o con contenuto di anidride solforosa eccessivo, o con gradazione alcolica inferiore a quella prevista, o vinificato da vitigni non permessi dal disciplinare.

Le analisi più comuni nella ricerca di frodi sul vino sono le seguenti:

RICERCA DEL GLUCOSIO COMMERCIALE: una delle frodi più frequenti tendenti ad aumentare il grado alcolico del vino consiste nel cosiddetto zuccheraggio dei mosti, cioè l'aggiunta di glucosio commerciale al mosto prima della fermentazione; l'aggiunta nel vino, invece, può avere lo scopo di aumentarne l'estratto e dell'azoto proteico.

RICERCA DEL MELASSO: il melasso è una sostanza zuccherina a basso prezzo la cui fraudolenta aggiunta del mosto o al vino comporta un aumento dell'estratto e dell'azoto proteico.

RICERCA DI ALCOL METILICO: il vino non deve contenere alcool metilico in quantità superiori a 0.30 mL per i vini rossi e 0.20 mL per i vini bianchi per ogni 100 mL di alcool complessivo; una quantità eccedente a questi limiti può far sospettare l'aggiunta di metanolo o di fermentati di frutta.

Metodi per riconoscere le frodi

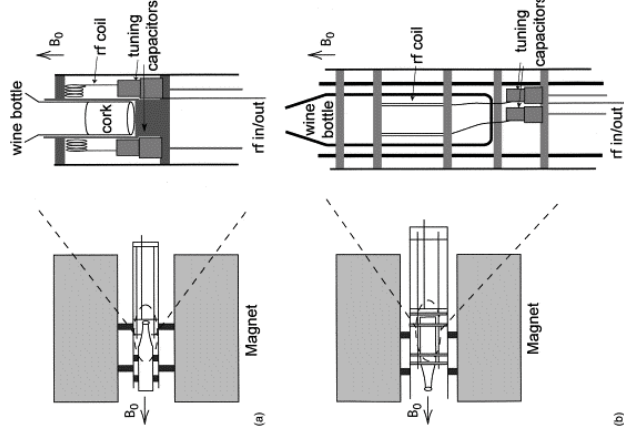
Fino a poco tempo fa, l'unico modo per verificare l'autenticità di un vino consisteva nell'assaggio da parte di esperti. Attualmente, sono stati sviluppati metodi che accoppiano strumenti matematici e tecniche analitiche avanzate, permettendo così l'applicazione a studi di autenticazione e tracciabilità. Il ruolo della chimica analitica è quindi evidente e giustificato dal valore del prodotto.

Le tecniche maggiormente utilizzate per riconoscere le frodi e le adulterazioni sono le seguenti:

- Analisi degli isotopi stabili (Isotope Ratio Mass Spectrometry, IRMS), tecnica che sfrutta la spettrometria di massa per evidenziare le distribuzioni isotopiche caratteristiche di materiali aventi origine diversa; in particolare degli isotopi di C, H, O, N, Sr e Pb. La composizione isotopica può in taluni casi essere determinata anche attraverso la risonanza magnetica nucleare.
- Spettrometria di massa con plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS), in grado di determinare quasi tutti gli elementi del sistema periodico in concentrazioni

estremamente basse.

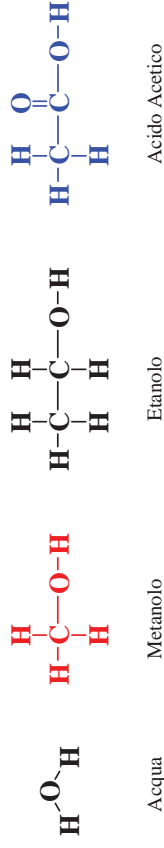
- Cromatografia: un insieme di tecniche di separazione, alcune delle quali sono impiegate per la determinazione di classi di composti che possono essere utilizzati nella differenziazione di prodotti alimentari.
- **Risonanza Magnetica Nucleare (NMR):** tecnica potentissima per la differenziazione di prodotti alimentari di origine diversa o ottenuti con procedimenti diversi. Questa tecnica, non distruttiva, ha permesso addirittura di mettere a punto uno strumento per l'analisi diretta del contenuto della bottiglia, utilizzabile soprattutto per l'analisi di vino particolarmente pregiato e costoso, senza necessità di stapparla!



Come già accennato, i componenti principali del vino sono l'acqua, presente per il 85-90% del volume, e naturalmente l'alcol etilico, presente in percentuale solitamente fino al 15%, riportata in etichetta. Sono inoltre presenti tracce di altri alcoli e di composti organici molto più complessi, che costituiscono l'aroma e il sapore del vino, e che si differenziano a seconda del tipo di vino.

La quantità di alcol etilico (“gradazione alcolica”) presente nel vino viene ottenuta per fermentazione delle uve, e richiede il giusto tempo e un corretto trattamento dei mosti. Tutto questo incrementa i costi di produzione, per cui nel passato sono stati evidenziati numerosi casi di tentativi di sofisticazione alimentare per aumentare i margini di guadagno delle aziende produttrici.

Al di là di sofisticazioni “innocue” dal punto di vista della salute pubblica, come ad esempio la aggiunta di zucchero ai mosti per aumentare la gradazione alcolica, molto più grave e dannosa per la salute è l’aggiunta di alcol metilico (metanolo, CH_3OH). Il metanolo è un composto chimico molto simile all’etanolo di fermentazione, ma estremamente velenoso, con effetti sulla salute che vanno dalla cecità alla morte, anche in dosaggi molto bassi (meno di un grammo).



Mediante la tecnica di Risonanza Magnetica è possibile osservare distintamente i segnali corrispondenti all’acqua e all’etanolo, e se sono presenti altri componenti “aggiunti” come il **metanolo**, o dovuti al cattivo invecchiamento del vino, come ad esempio eccesso di **acido acetico**, segno di alterazione del prodotto. Allo stesso tempo è possibile dosare i componenti in modo da verificare la veridicità del contenuto di alcol etilico riportato in etichetta.

Nell’esperienza che verrà fatta nel laboratorio di Risonanza Magnetica dell’Università di Bologna presso la Facoltà di Chimica Industriale verranno mostrati alcuni esempi di analisi su campioni di vino commerciale, e su campioni di vino opportunamente alterati, in maniera da mostrare l’efficacia della tecnica analitica.



ALMA MATER STUDIORUM
Università di Bologna
Piano Lauree Scientifiche
Area Chimica

*Come i RIS inazione: analisi del vino e del tasso alcolemico mediante
NMR (Risonanza Magnetica Nucleare)*

Analisi Sperimentali



Prof. Mazzanti Andrea (andrea.mazzanti@unibo.it)
Dr.ssa Boga Carla (carla.boga@unibo.it)

Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari" – Sede di Bologna

Università di Bologna - Dipartimenti di Chimica Industriale – Andrea Mazzanti Progetto Lauree Scientifiche – Area Chimica

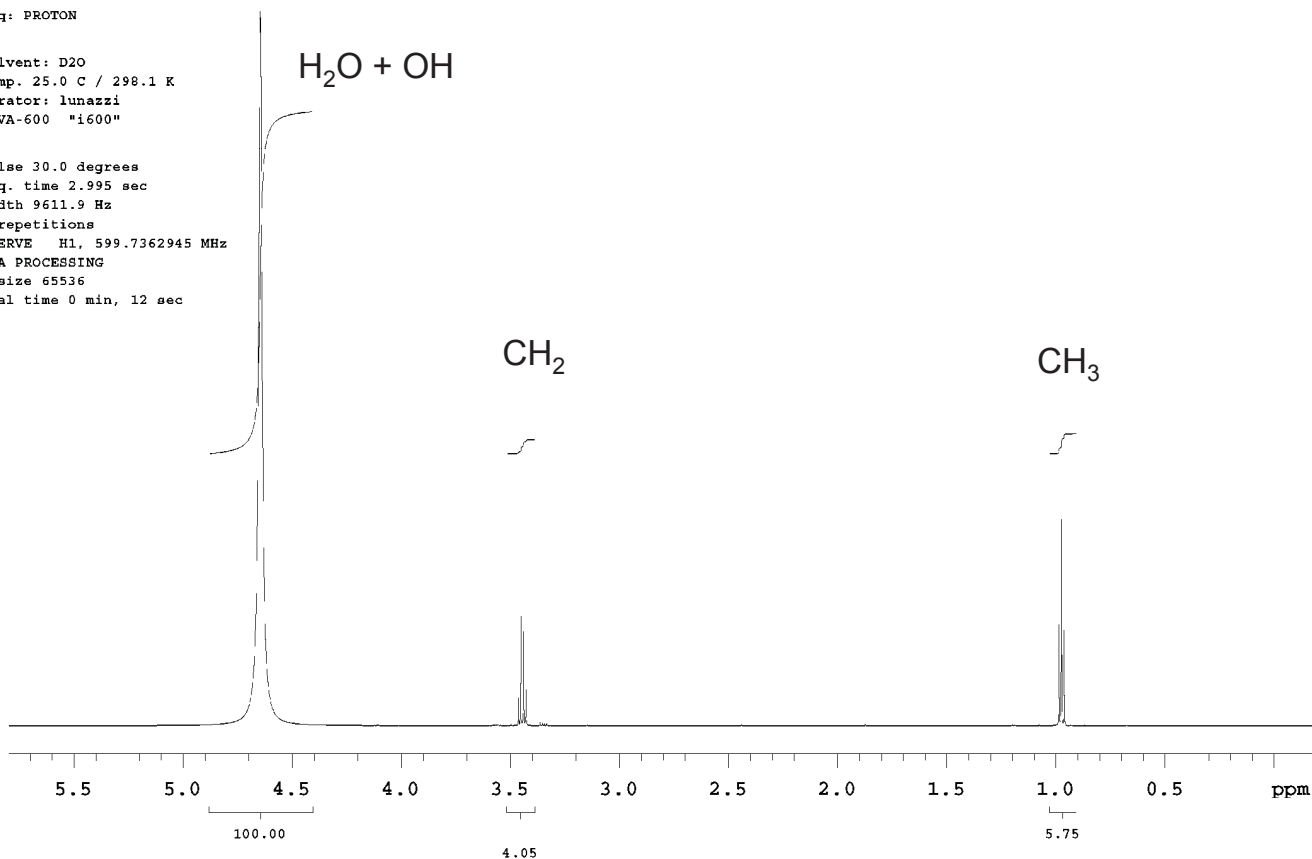
VINO NORMALE – Spettro all'idrogeno

vino Tavernello Inova600-Triple H1-s2pul-D2O Jan 20 2009

Seq: PROTON

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
INOVA-600 "i600"

Pulse 30.0 degrees
Acq. time 2.995 sec
Width 9611.9 Hz
4 repetitions
OBSERVE H1, 599.7362945 MHz
DATA PROCESSING
FT size 65536
Total time 0 min, 12 sec



Università di Bologna - Dipartimento di Chimica Industriale – Andrea Mazzanti Progetto Lauree Scientifiche – Area Chimica

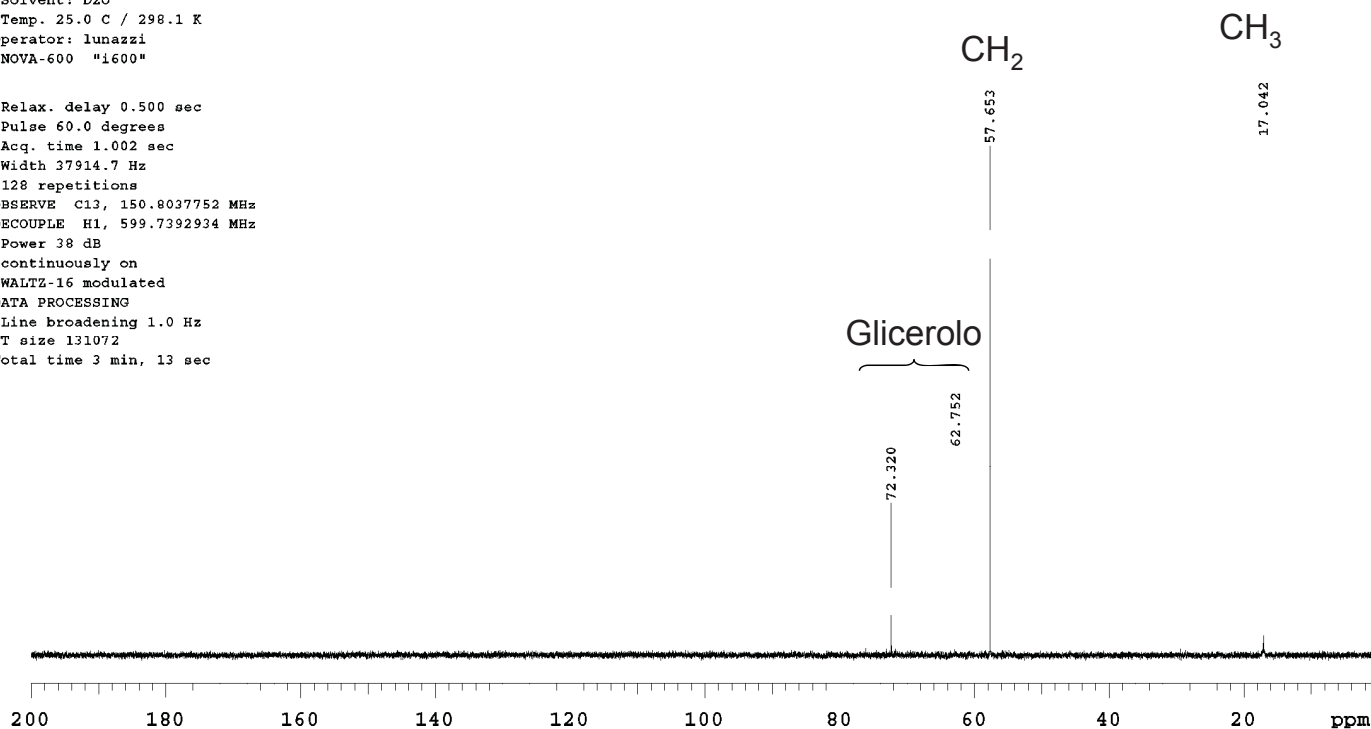
VINO NORMALE – Spettro al carbonio

Vino-Tavernello Inova600-Triple C13-s2pul-D20 Jan 20 2009

Seq: CARBON

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
INOVA-600 "i600"

Relax. delay 0.500 sec
Pulse 60.0 degrees
Acq. time 1.002 sec
Width 37914.7 Hz
128 repetitions
OBSERVE C13, 150.8037752 MHz
DECOUPLE H1, 599.7392934 MHz
Power 38 dB
continuously on
WALTZ-16 modulated
DATA PROCESSING
Line broadening 1.0 Hz
FT size 131072
Total time 3 min, 13 sec



Università di Bologna - Dipartimento di Chimica Industriale – Andrea Mazzanti Progetto Lauree Scientifiche – Area Chimica

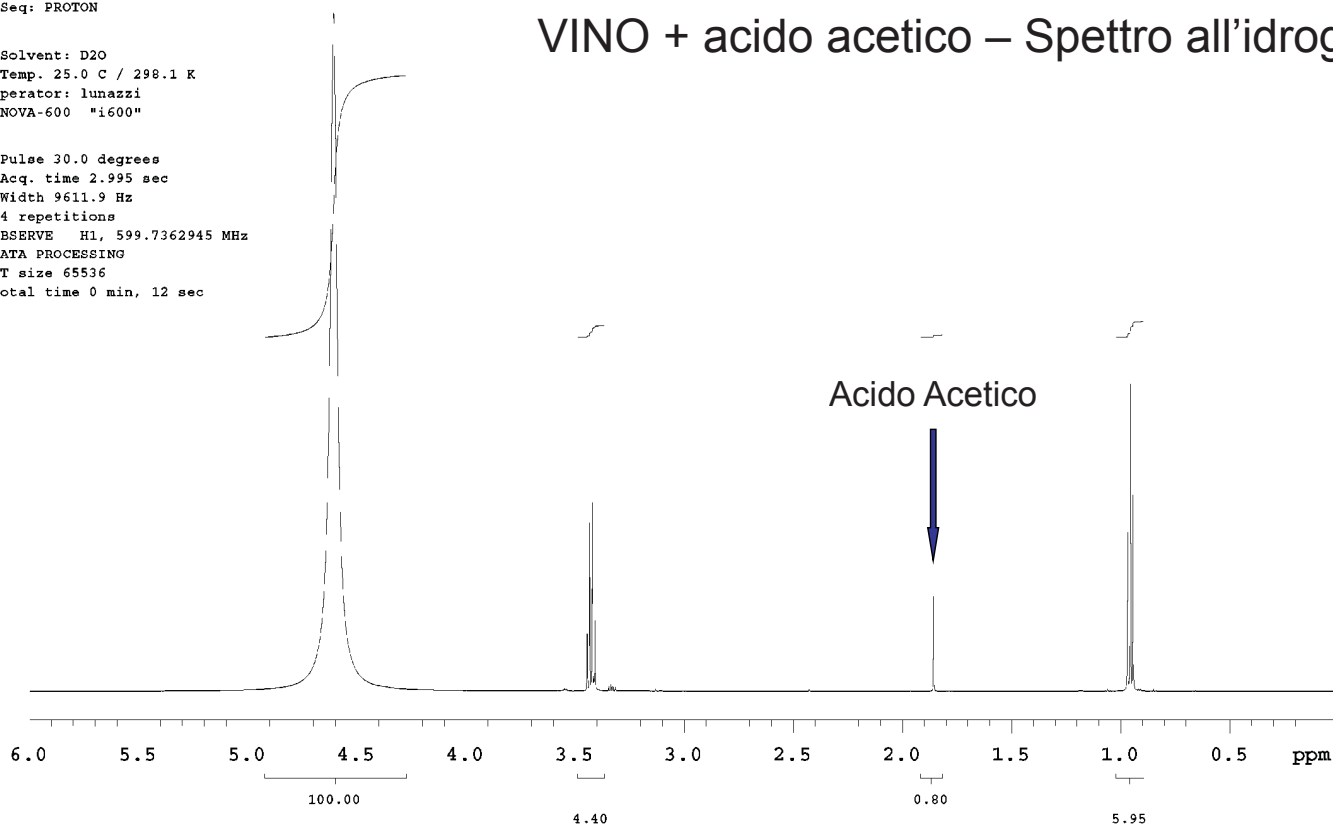
Vino-Tavernello + acido acetico Inova600-Triple H1-s2pul-D20 Jan 20 2009

Seq: PROTON

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
INOVA-600 "i600"

Pulse 30.0 degrees
Acq. time 2.995 sec
Width 9611.9 Hz
4 repetitions
OBSERVE H1, 599.7362945 MHz
DATA PROCESSING
FT size 65536
Total time 0 min, 12 sec

VINO + acido acetico – Spettro all'idrogeno



Università di Bologna - Dipartimento di Chimica Industriale – Andrea Mazzanti Progetto Lauree Scientifiche – Area Chimica

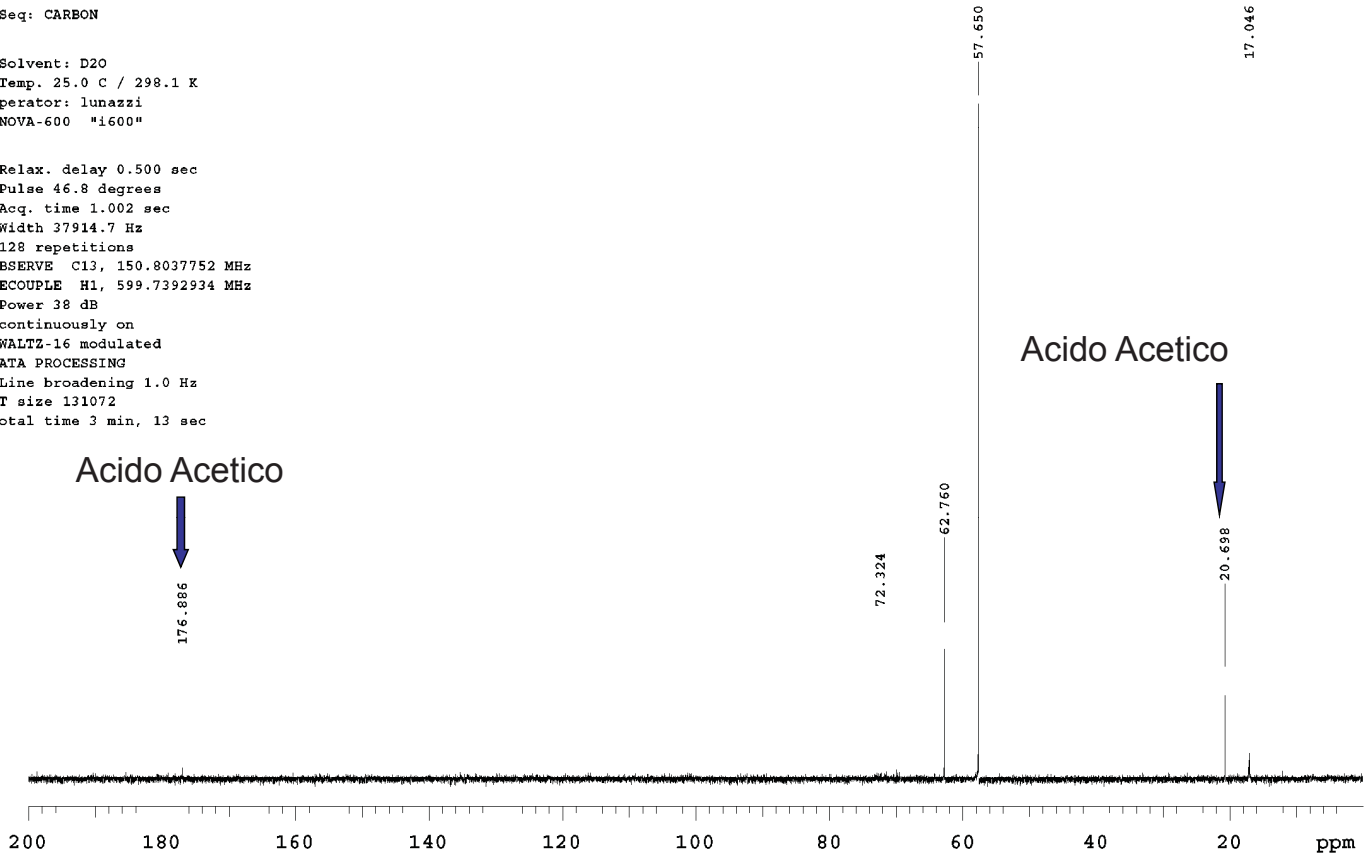
VINO + acido acetico – Spettro al carbonio

Vino-Tavernello + acido acetico Inova600-Triple C13-s2pul-D20 Jan 20 2009

Seq: CARBON

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
INOVA-600 "i600"

Relax. delay 0.500 sec
Pulse 46.8 degrees
Acq. time 1.002 sec
Width 37914.7 Hz
128 repetitions
OBSERVE C13, 150.8037752 MHz
DECOUPLE H1, 599.7392934 MHz
Power 38 dB
continuously on
WALTZ-16 modulated
DATA PROCESSING
Line broadening 1.0 Hz
FT size 131072
Total time 3 min, 13 sec



Università di Bologna - Dipartimento di Chimica Industriale – Andrea Mazzanti Progetto Lauree Scientifiche – Area Chimica

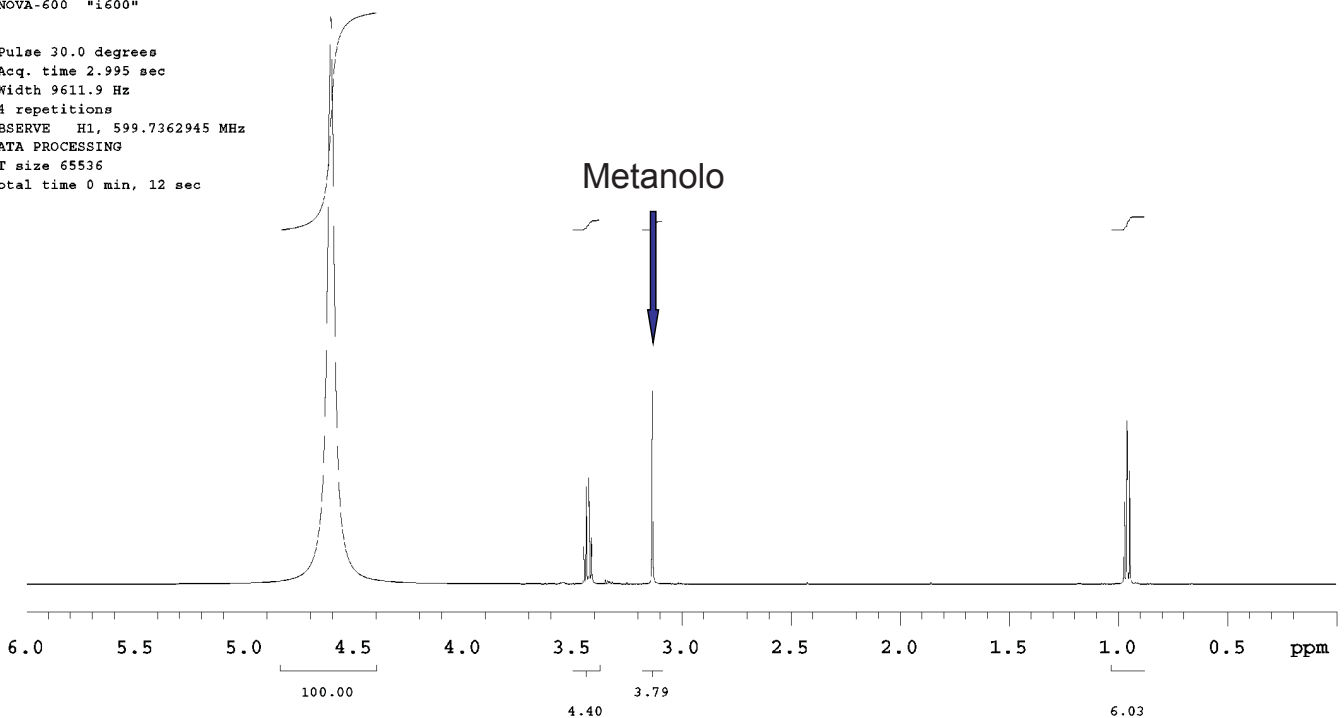
VINO + Metanolo – Spettro all'idrogeno

Vino-Tavernello + metanolo Inova600-Triple H1-s2pul-D20 Jan 20 2009

Seq: PROTON

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
INOVA-600 "i600"

Pulse 30.0 degrees
Acq. time 2.995 sec
Width 9611.9 Hz
4 repetitions
OBSERVE H1, 599.7362945 MHz
DATA PROCESSING
FT size 65536
Total time 0 min, 12 sec



Università di Bologna - Dipartimento di Chimica Industriale – Andrea Mazzanti Progetto Lauree Scientifiche – Area Chimica

VINO + Metanolo – Spettro al carbonio

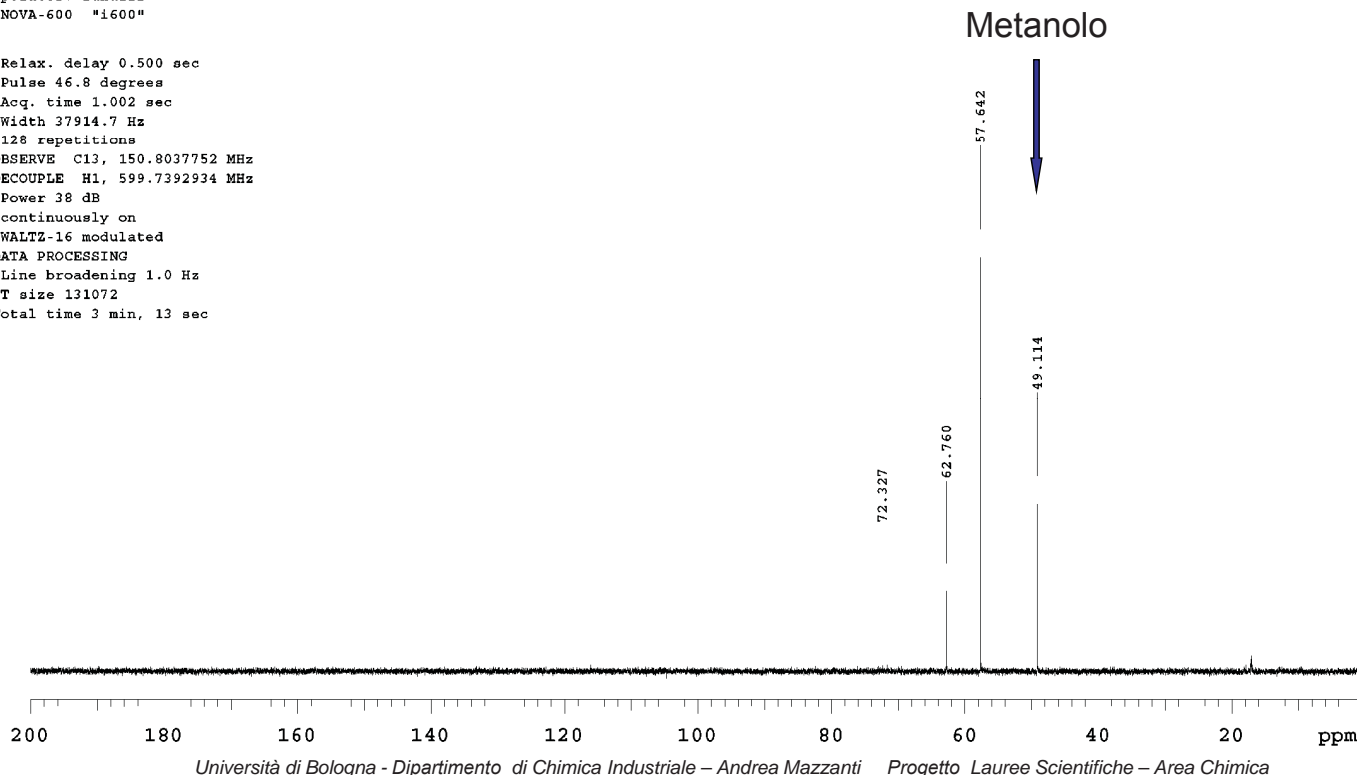
Vino-Tavernello + metanolo Inova600-Triple C13-s2pul-D2O Jan 20 2009

Seq: CARBON

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
INOVA-600 "i600"

17.046

Relax. delay 0.500 sec
Pulse 46.8 degrees
Acq. time 1.002 sec
Width 37914.7 Hz
128 repetitions
OBSERVE C13, 150.8037752 MHz
DECOUPLE H1, 599.7392934 MHz
Power 38 dB
continuously on
WALTZ-16 modulated
DATA PROCESSING
Line broadening 1.0 Hz
FT size 131072
Total time 3 min, 13 sec

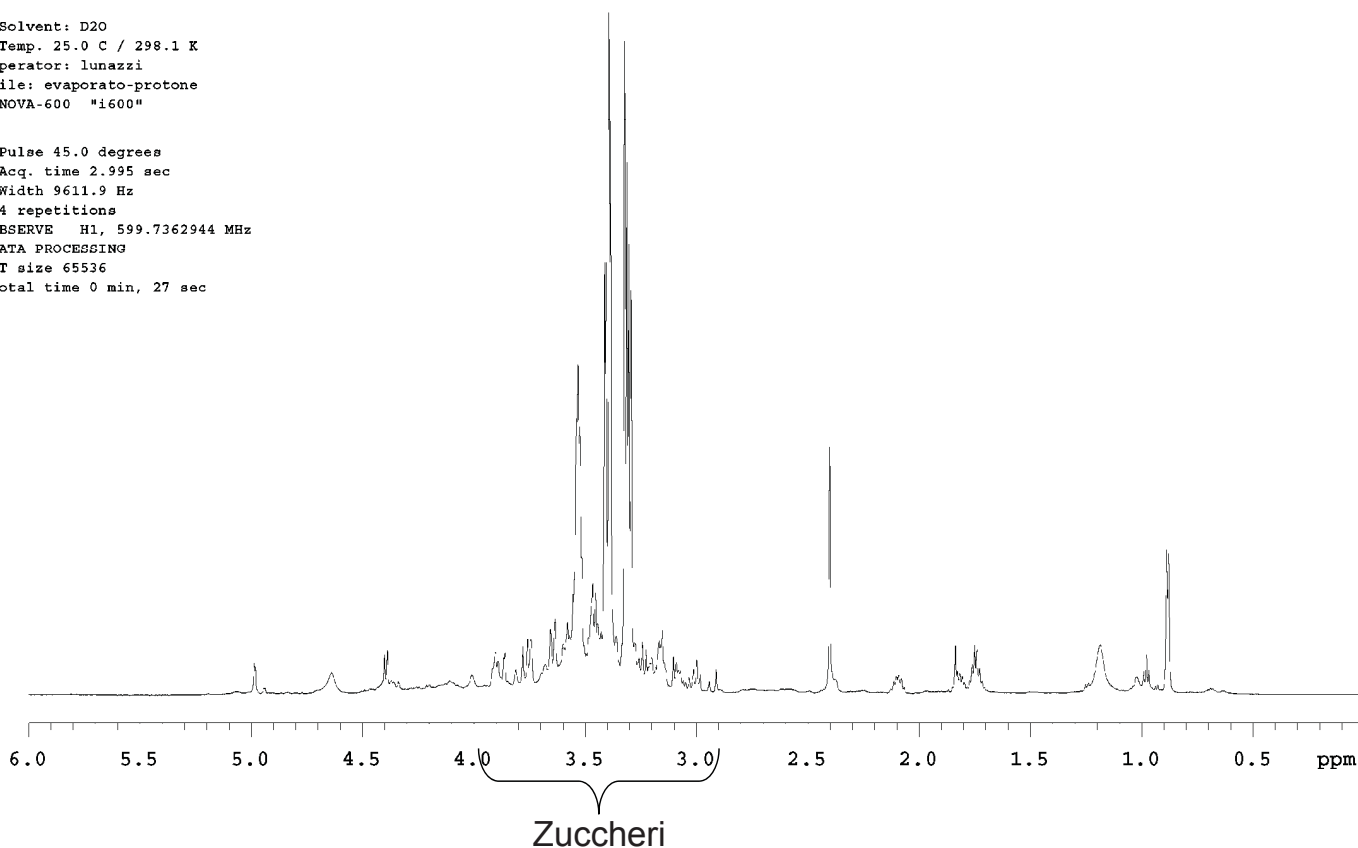


Residuo Evaporazione – Spettro all'idrogeno

Vino-Tavernello - Estratto Inova600-Triple H1-presat-D2O Jan 19 2009

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
File: evaporato-protone
INOVA-600 "i600"

Pulse 45.0 degrees
Acq. time 2.995 sec
Width 9611.9 Hz
4 repetitions
OBSERVE H1, 599.7362944 MHz
DATA PROCESSING
FT size 65536
Total time 0 min, 27 sec



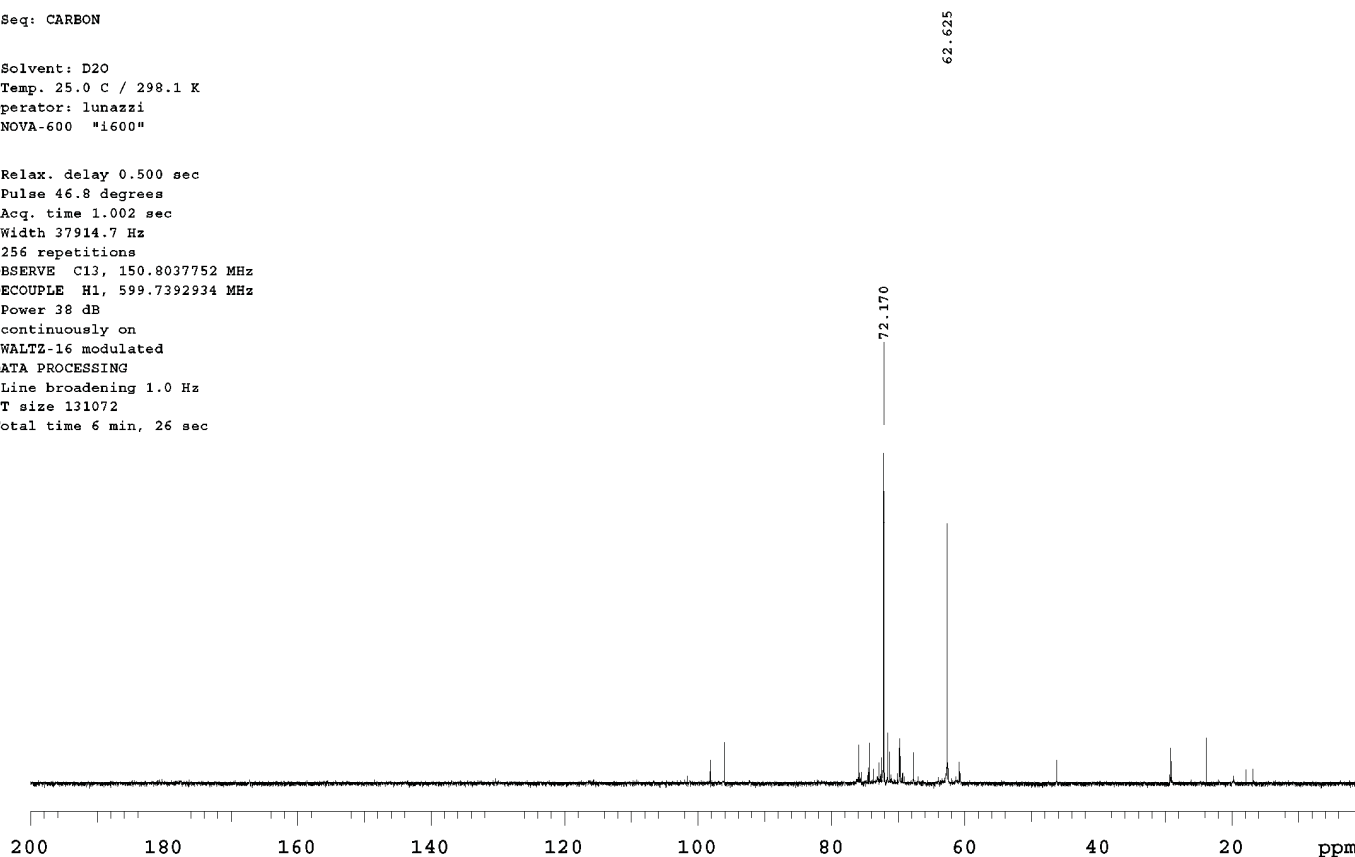
Residuo Evaporazione – Spettro al carbonio

Vino-Tavernello - Estratto Inova600-Triple C13-s2pul-D20 Jan 20 2009

Seq: CARBON

Solvent: D2O
Temp. 25.0 C / 298.1 K
Operator: lunazzi
INOVA-600 "i600"

Relax. delay 0.500 sec
Pulse 46.8 degrees
Acq. time 1.002 sec
Width 37914.7 Hz
256 repetitions
OBSERVE C13, 150.8037752 MHz
DECOUPLE H1, 599.7392934 MHz
Power 38 dB
continuously on
WALTZ-16 modulated
DATA PROCESSING
Line broadening 1.0 Hz
FT size 131072
Total time 6 min, 26 sec



Università di Bologna - Dipartimento di Chimica Industriale – Andrea Mazzanti Progetto Lauree Scientifiche – Area Chimica

CALCOLI

$$\text{Moli H}_2\text{O} = 100 - 1/3 \text{ di } 5.75 = 98.1$$

$$\text{Moli CH}_3\text{CH}_2\text{OH} = 2/3 \text{ di } 5.75 = 3.82$$

$$\text{Densità Etanolo} = 0.78 \text{ g/mL}$$

$$\text{Densità H}_2\text{O} = 1.00 \text{ g/mL}$$

$$\text{Grammi di H}_2\text{O}: 98.1 \times 18 = 1766 \text{ g}$$

$$\text{Grammi di Etanolo}: 3.82 \times 46 = 176 \text{ g}$$

$$\text{Volume H}_2\text{O}: 1766 / 1 = 1766 \text{ mL}$$

$$\text{Volume Etanolo}: 176 / 0.78 = 225 \text{ mL}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Volume H}_2\text{O}: 1766 \text{ mL} \\ \text{Volume Etanolo}: 225 \text{ mL} \end{array} \right\} \text{Volume totale} = 1766 + 225 = 1991 \text{ mL}$$

$$\text{Tasso alcolemico} : (225 / 1991) \times 100 = 11.3\%$$

Etichettatura riportata 11.5 %



ALMA MATER STUDIORUM

Università di Bologna
Piano Lauree Scientifiche (PLS)
Area Chimica

Esperienza PLS

I metalli nella vita di tutti i giorni e nel mondo delle corse: ci aiuta il microscopio elettronico a scansione



Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari"
Corso di Laurea in Chimica Industriale
Bologna

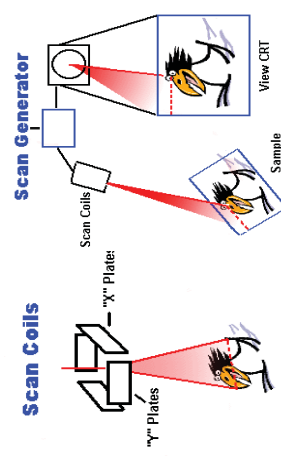
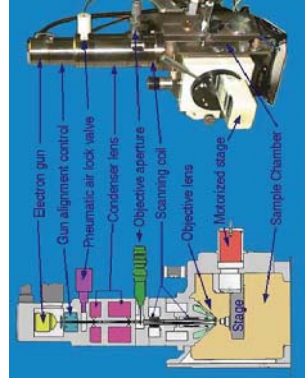
Fabrizio Tarterini (fabrizio.tarterini@unibo.it)

Cosa è la Microscopia Elettronica??



La microscopia elettronica è una tecnica che permette l'osservazione di campioni con ingrandimenti e risoluzione 1000 volte superiore alla microscopia ottica ordinaria. Questo ci permette di apprezzare dettagli che sarebbero altrimenti "invisibili". Proprio questi dettagli saranno degli utilissimi indizi nel lavoro che svolgeremo. Vediamo ora brevemente come è costituito il microscopio a scansione elettronica o più brevemente S.E.M. Il Microscopio Elettronico a Scansione sfrutta la generazione di un fascio elettronico ad alta energia nel vuoto.

Il fascio viene focalizzato da un sistema di lenti e deflesso per scandire una area del campione
L'interazione fascio-campione genera vari segnali che vengono acquisiti da opportuni detectors e successivamente elaborati fino a formare una immagine a livelli di grigio



Risoluzione nel SEM

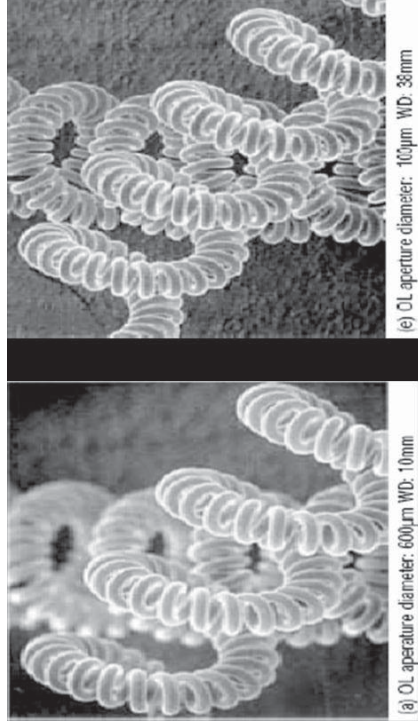
In microscopia a scansione “la fonte di illuminazione” è data dagli elettroni e la risoluzione dipende da molteplici fattori legati all’area di generazione del segnale:

- Intensità e larghezza del fascio primario
- Aberrazioni (difetti) delle lenti elettroniche
- Tipologia del segnale generato
- Composizione del campione che si studia

Definizioni importanti: Profondità di campo

Profondità di campo: Intervallo, misurato lungo l’asse ottico (asse z nel microscopio), entro il quale si può spostare il campione senza che la sua immagine appaia fuori fuoco

- Dipende dalla apertura angolare delle lenti obbiettivo. Come si vede nelle due immagini, la profondità di campo al SEM è circa 100 volte superiore rispetto al microscopio ottico a parità di ingrandimento



La failure analysis

La “failure analysis” è una scienza che copre molteplici settori di interesse. Trae le sue radici definendo innanzitutto alcuni concetti base:

GUASTO

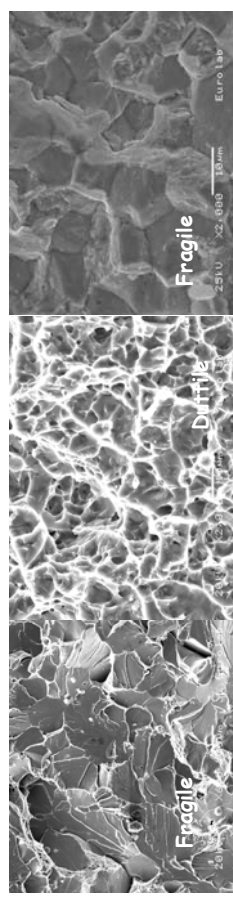
- Cessazione dell’attitudine di un oggetto ad adempiere alla funzione richiesta
- Effetto che rende evidente il guasto
- Processo chimico, fisico o di altra natura che provoca il guasto

MODO DI GUASTO

MECCANISMO DI GUASTO

Se consideriamo le definizioni appena citate ecco che ci rendiamo conto che moltissime sono le applicazioni che possiamo attribuire a quanto appena definito; la lampadina di casa che si fulmina non è una “failure” differente dal motore Ferrari che si rompe durante un Gran Premio! E’ altresì vero che seppur il guasto è sempre evidente “pater incertus est”, ecco che l’utilizzo di uno strumento che permette di apprezzare dettagli davvero microscopici unito ad una profonda conoscenza della teoria che governa la natura dei materiali come pure di tutti gli elementi di produzione e di utilizzo degli stessi può essere usata per individuare una rosa di possibili cause di “failure” fino a poter concludere, spesso con ragionevole sicurezza, quale sia stata quella dominante.

Questo aiuta la tecnologia a poter imparare dai propri errori contribuendo ad un sempre migliore uso dei materiali a nostra disposizione. Nella esperienza che verrà condotta presso il laboratorio di Microscopia Elettronica dell’ Università di Bologna presso la Facoltà di Chimica Industriale, verranno mostrati alcuni casi di studio di cedimenti strutturali avvenuti sia a componenti legati al mondo automotive che a manufatti presenti nella ordinaria vita di tutti i giorni



Ecco come si possono presentare le superfici di frattura metalliche fortemente ingrandite!