

## Degradazione della lignina con ossigeno singoletto

### Riassunto

Negli anni scolastici 97-98; 98-99; 99-2000 è stata svolta un'attività di ricerca comune tra il dipartimento di Chimica dell'Università della Basilicata e le classi quinte dell'ITIS A. Einstein di Corleto Perticara (PZ). L'attività di ricerca si è basata sullo studio di processi degradativi di un importante inquinante industriale "la lignina" con acqua ossigenata e ipoclorito di sodio e per via fotocinematica.

Le tappe fondamentali dell'attività di ricerca sono state:

- 1) definizione del progetto;
- 2) studio di fattibilità;
- 3) messa a punto delle metodologie;
- 4) valutazione dei risultati e presentazione degli stessi.

### Abstract

In 97-98, 98-99 and 99-200 school years the Chemistry Department of the University of Basilicata and the last class of the IT IS A. Einstein of Corleto Perticara (PZ) carried out a joint research. This research consisted in the study of the degradative processes of lignin, an important industrial pollutant, by using both hydrogen peroxide and sodium hypochlorite and light. The fundamental steps of the research were:

- 1) definition of the project;
- 2) feasibility study;
- 3) individuation of the different methodologies;
- 4) estimation and presentation of the results

GIOVANNI BENTIVENGA<sup>(\*)</sup>

MAURIZIO D'AURIA<sup>(\*\*)</sup>

### Definizione del progetto e studio di fattibilità

La lignina è un polimero tridimensionale a struttura fenilpropanoide (Figura 1) [1] in cui le diverse unità monomeriche sono unite fra di loro attraverso legami eterei difficilmente idrolizzabili. La lignina svolge un'importante funzione biologica creando la struttura rigida di supporto di tutte le piante note. D'altra parte, i processi attualmente in uso per la produzione della carta considerano la lignina un prodotto di scarto non desiderato, che con la quantità (ca. il 35% della cellulosa estratta) può creare nu-

merosi problemi dal punto di vista ambientale [2-5].

Di fatti, lo smaltimento della lignina o viene fatto in discarica con tutti i problemi connessi alla grande quantità di materiale da trattare o viene decomposto attraverso trattamenti con acidi forti, in tutti i casi si tratta di processi ad alto impatto ambientale.

Finalità didattica di questo progetto era quella di coinvolgere gli studenti in una vera attività di ricerca, dove parte dell'attività stessa veniva affidata all'esecuzione degli studenti stessi e dove i risultati della stessa venivano riportati e discussi con gli studenti stessi.

Finalità scientifica di questo progetto è stata quella di verificare se l'ossidazione della lignina via ossigeno singoletto poteva rappresentare un'utile alternativa ed essere modello

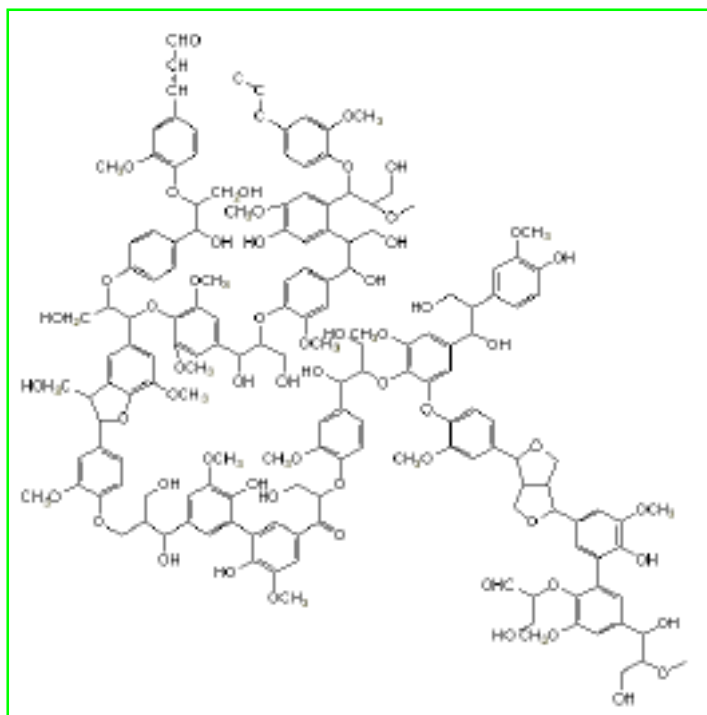


Figura 1 - Modello della lignina dell'abete

(\*) ITIS "A. Einstein" Via P. Lacava, 85012 Corleto Perticara, POTENZA

(\*\*) Dipartimento di Chimica, Università della Basilicata, Via N. Sauro 85, 85100 POTENZA

e-mail: [dauria@unibas.it](mailto:dauria@unibas.it)

di un nuovo processo di trattamento della lignina caratterizzato da un basso impatto ambientale. In primo luogo chiariamo cosa indichiamo per ossigeno singoletto.

L'ossigeno atomico ha una configurazione elettronica  $2s^2 2p^2 2p^2$ , presenta cioè 4 elettroni su orbitali  $p$ . Quando due atomi di ossigeno si uniscono per formare la molecola di ossigeno i tre orbitali  $p$  di ogni atomo si fondono per dare sei orbitali molecolari, tre leganti e tre antileganti. Gli orbitali leganti vengono riempiti con sei elettroni, ma gli elettroni in gioco in tutto sono otto: ne consegue che vengono occupati anche orbitali antileganti. Dato che i primi due orbitali sono degeneri (alla stessa energia) questi due orbitali vengono occupati ognuno da un elettrone con lo stesso spin. Per questo l'ossigeno è paramagnetico ed è molto reattivo: è un biradicale. Dato che i due elettroni spaiati hanno lo stesso spin, definiremo questa molecola ossigeno tripletto.

Se si fornisce energia all'ossigeno questo può passare ad occupare una configurazione elettronica diversa in cui un solo orbitale antilegante è occupato da due elettroni con spin opposto e l'altro orbitale è vuoto. La specie che ha questa configurazione elettronica viene detta ossigeno singoletto e presenta 94,7 kJ/mole in più della precedente.

Nel nostro progetto abbiamo cercato di verificare se l'ossidazione della lignina via ossigeno singoletto poteva rappresentare un'utile alternativa ed essere modello di un nuovo processo di trattamento della lignina caratterizzato da basso impatto ambientale.

L'ossigeno singoletto può essere generato per via chimica e per via fotochimica. Nel primo caso si può far reagire l'acqua ossigenata con ipoclorito di sodio: questa reazione porta alla formazione di acqua, cloruro di sodio e ossigeno singoletto. Per via fotochimica la cosa è un po' più complessa. Si fa uso di una specie chimica, detta sensibilizzatore, che assorbe la radiazione. Generalmente si usa un colorante (nel nostro caso il Rosa Bengala). L'assorbimento della luce porta il sensibilizzatore da uno stato fondamentale di singoletto al primo stato eccitato di singoletto: un elettrone, cioè, viene portato su un orbitale molecolare antilegante (non occupato nello stato fondamentale)

mantenendo lo stesso spin. Questo stato può interconvertirsi in uno stato di tripletto a più bassa energia, dove sono sempre occupati gli stessi orbitali, ma gli spin degli elettroni spaiati sono paralleli. Questa specie vive più a lungo e può interagire con l'ossigeno nel suo stato fondamentale (tripletto) cedendogli la sua energia. Così il sensibilizzatore torna al suo stato fondamentale mentre l'ossigeno acquista quell'energia che gli permette di trasformarsi nell'ossigeno singoletto.

L'ossigeno singoletto raramente è stato oggetto di studio nel campo della lignina. Alcuni anni fa, nell'ambito della discussione di processi di ossidazione della lignina, utilizzando modelli di tipo stilbenico, alcuni autori riportarono che forse l'ossigeno singoletto era coinvolto nei processi di ossidazione attraverso la formazione di un intermedio di tipo endoperoxido, che, per decomposizione, portava a prodotti derivanti dalla rottura del doppio legame carbonio-carbonio [6].

Successivamente, in un contesto completamente diverso, dato che l'oggetto dello studio erano i processi di cambiamento di colore derivanti da esposizione alla luce della pasta di cellulosa, si vide che l'irradiazione di composti modello del tipo **1** a 300 e 350 nm in presenza di ossigeno por-

La formazione di questi prodotti fu spiegata assumendo che avvenisse una rottura del legame C-O in  $\beta$  nello stato di singoletto o di tripletto eccitato di **1** per dare il corrispondente radicale fenacilico. L'interazione di questo intermedio con ossigeno portava alla formazione dei prodotti osservati. In tutti queste prove su modello il processo di  $\beta$ -C-O cleavage è stato sempre considerato il processo fotochimico primario, mentre l'ossigeno singoletto veniva invocato solo nei processi di ossidazione delle funzioni fenoliche [10-13].

Qui vogliamo riportare alcuni risultati ottenuti su lignina provenienti da processi di steam explosion e su lignina Klason e che dimostrano che l'ossigeno singoletto potrebbe essere utilmente sfruttato al fine di favorire la degradazione della lignina. Del processo di steam explosion parleremo nel prossimo paragrafo. La lignina Klason è un tipo particolare di lignina che si ottiene per trattamento acido in condizioni molto drastiche della biomassa che viene trattata (per esempio legno o paglia). Questa lignina, al contrario di quella proveniente dal processo di steam explosion, è un polimero con un peso molecolare molto alto, e quasi insolubile, e molto difficile da degradare. Al contrario della lignina da steam explosion, che ci è stata fornita dai laboratori del-

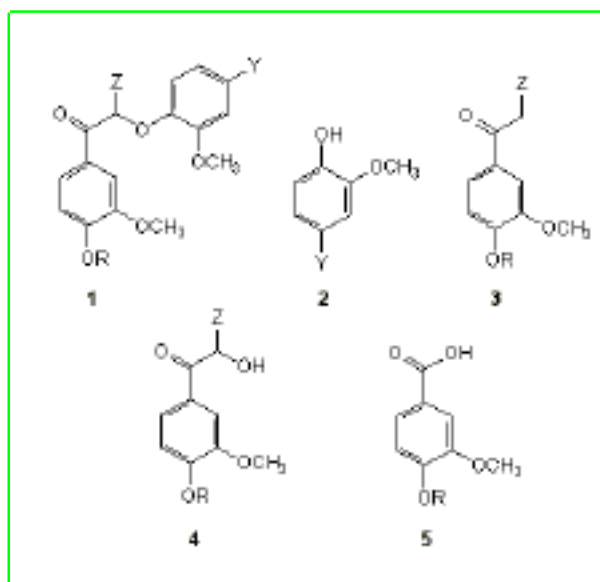


Figura 2

tava ai prodotti derivanti dalla rottura del legame etero quali **2**, **3**, **4** e **5** insieme a piccole quantità di prodotti fenolici derivanti dall'ossidazione dell'anello aromatico (Figura 2) [7-9].

l'ENEA del Centro di Ricerca della Trisaia, la lignina Klason è stata preparata direttamente dagli studenti e su di questi hanno provato la prima reazione di degradazione.

### Il processo di "steam explosion"

Il processo Steam Explosion si basa sull'impiego di vapore d'acqua saturo ad alta pressione e temperatura. Infatti, in questo processo, la pressione di esercizio varia fra 15-30 kg cm<sup>2</sup> e la temperatura corrispondente tra 180 - 230 °C. La temperatura relativamente elevata provoca la rottura dei legami chimici tra lignina, emicellulosa e cellulosa. Trascorso il tempo impostato di esposizione al vapore, la biomassa viene espulsa attraverso uno stretto orifizio. In questa fase i liquidi intercellulari si vaporizzano istantaneamente provocando una estesa destrutturazione.

Gli effetti dell'idrolisi chimica e dello stress meccanico sul materiale lignocellulosico dipendono dalla severità del trattamento. In generale, viene riscontrata una maggiore solubilità dei materiali esplosi in acqua calda e in soluzioni alcaline rispetto al materiale di partenza. Tale proprietà viene sfruttata per separare lignina, emicellulosa e cellulosa mediante estrazioni acquose, che possono essere agevolmente utilizzate come materia prima per numerosi prodotti. Uno schema dell'impianto di steam explosion è riportato nella figura 3.

Il materiale utilizzato in questo studio

proviene da un impianto batch che consente di effettuare gli studi di fattibilità e lo screening iniziale dei vegetali da trattare, al fine di stabilire le condizioni operative ottimali. L'impianto è una unità indipendente particolarmente adatta per attività di ricerca. E' completamente incassato in un'impalcatura d'acciaio che consente un facile accesso ai vari componenti e che costituisce inoltre uno schermo di protezione per gli operatori. Il reattore ha un volume di 10 litri e vi si può caricare 1 kg di biomassa per ogni ciclo. Un quadro di controllo permette di impostare il tempo e la temperatura di trattamento. Anche l'apertura delle valvole e del serbatoio di accumulo è automatizzata. Un condensatore di vapore consente di recuperare i composti organici volatili che possono essere liberati nella fase di decompressione. Una caldaia indipendente da 16 kW fornisce il vapore saturo necessario.

### Risultati delle prove di degradazione della lignina Klason con ipoclorito di sodio e acqua ossigenata

Le prove eseguite dagli studenti dell'ultimo anno dell'IT IS hanno dimostrato che la lignina Klason trattata con ossigeno singoletto generato per via chimica viene completamente de-

gradata nelle condizioni sperimentali. La reazione, di fatti, è stata seguita mediante l'esecuzione di spettri UV che mostrano la totale scomparsa di tutti gli assorbimenti caratteristici della lignina.

Per verificare questa possibilità abbiamo provato a degradare la lignina contenuta nella carta riciclata. Questo tipo di carta è più scura proprio perché non contiene solo cellulosa ma anche quantità non trascurabili di lignina. I risultati sono stati positivi, anche se mostrano che solo il 50% della lignina viene degradata. Questo risultato deriva probabilmente dal fatto che la reazione deve avvenire fra un gas (che viene generato nell'ambiente di reazione) e un solido sospeso in acqua. Probabilmente solo la lignina superficiale può essere degradata in queste condizioni sperimentali.

### Risultati delle prove di fotodegradazione – il recupero di sostanze chimiche dalla lignina degradata

L'irradiazione di una soluzione di lignina proveniente da steam explosion in acetonitrile – etanolo 1:1 in presenza di ossigeno e di Rosa Bengala per 1 ora porta a un residuo che viene cromatografato come descritto in precedenza. In questo modo

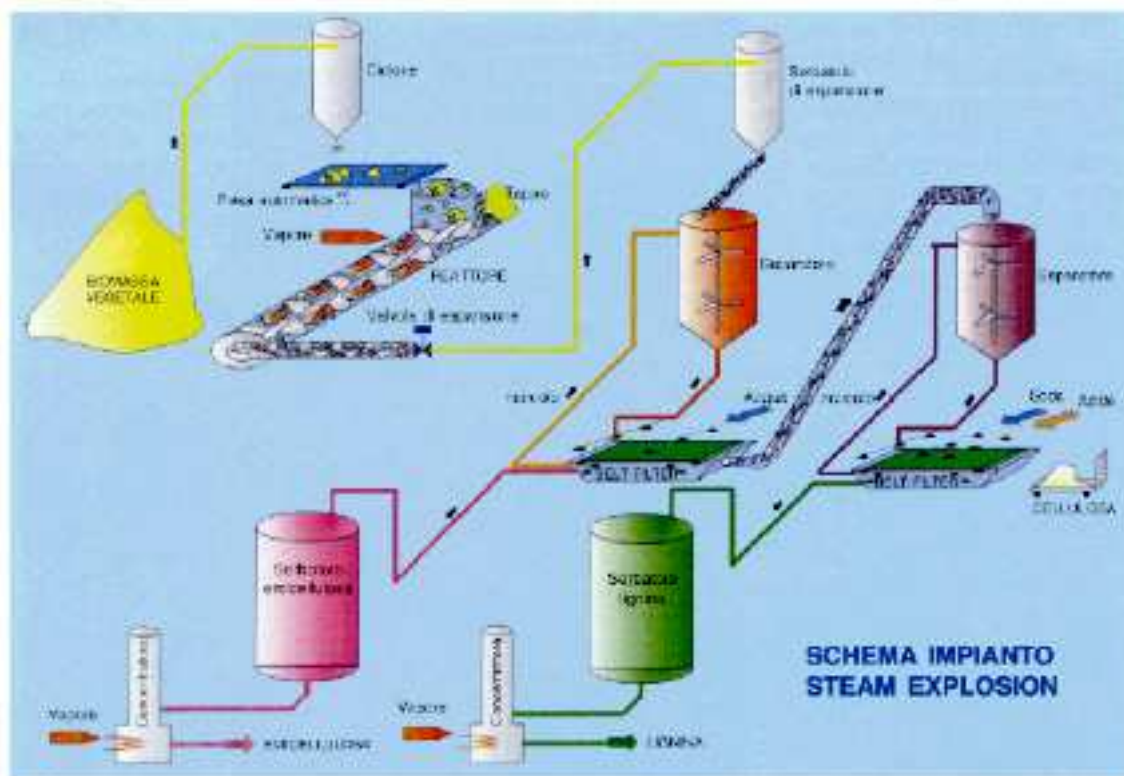


Figura 3

si ottengono quattro frazioni. L'attività sperimentale è stata realizzata presso l'ITIS, mentre il successivo controllo in GC-MS è stato realizzato presso l'Università.

L'analisi delle quattro frazioni mediante analisi GC-MS dà i seguenti risultati. La frazione 1 contiene quattro picchi principali. Il primo ha tempo di ritenzione di 4.75 min. ed è stato identificato come di-*n*-butilammina. Il secondo picco ha tempo di ritenzione 12.68 min.: questo composto, sulla base del suo spettro di massa è stato identificato come il 2,4-diottilfenolo.

La seconda frazione mostra la presenza di tre picchi di cui due sono stati identificati: il primo picco mostra un tempo di ritenzione di 12.34 min. e può essere identificato come l'alcol *trans*-3,5-dimetossi-4-idrossicinnamico (alcol sinapilico) (Figura 4). Il secondo picco presenta una spettro di massa identico a quello del composto identificato come 2,4-diottilfenolo.

La terza frazione contiene molti picchi in cui siamo stati in grado di identificare solo l'alcol sinapilico e il 2,4-diottilfenolo. La quarta frazione contiene un solo picco, quello del 2,4-diottilfenolo.

L'irradiazione dello lignina per tre ore porta all'ottenimento di due frazioni. La prima frazione contiene un solo composto il cui spettro di massa corrisponde a quello della 4-idrossi-3,5-dimetossibenzaldeide. La seconda frazione contiene solo l'alcol sinapilico.

Il trattamento della lignina per 5 ore porta all'isolamento di quattro frazioni. Le prime tre contengono solo l'estere metilico dell'acido deidroabietico (Figura 5). Nella quarta frazione abbiamo trovato il 2,4-diottilfenolo e lo stesso metil estere dell'acido deidroabietico.

Dopo otto ore di irradiazione si ottengono per separazione cromatografica tre frazioni. La prima contiene la 4-idrossi-3,5-dimetossibenzaldeide e l'alcol sinapilico, mentre le altre frazioni contengono solo l'alcol sinapilico.

Dopo dodici ore di irradiazione la separazione cromatografica porta all'isolamento di tre frazioni: la prima contiene 1-ottadecene, ottadecano e 1-eicosanolo, mentre le altre frazioni contengono solo alcol sinapilico.

62 Infine, dopo ventiquattro ore, si ottiene un residuo la separazione cromatografica, porta all'isolamento di alcune frazioni.

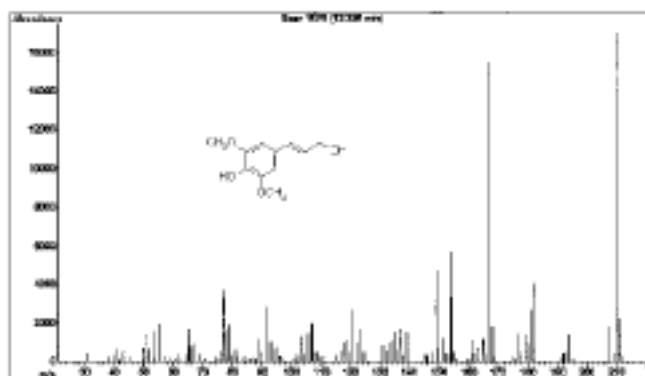


Figura 4 - Spettro di massa dell'alcol sinapilico

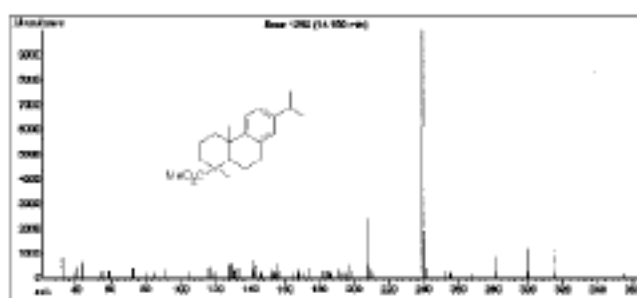


Figura 5 - Spettro di massa dell'estere metilico dell'acido deidroabietico

Nella prima troviamo:

$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ,  
 $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{OCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ,  
 vanillina, 2,5-dimetossidrochinone,  
 acido palmitico e alcol sinapilico.

Nelle frazioni 2-4 non abbiamo trovato nulla di interessante. Invece, nella frazione 5 abbiamo trovato 2-fenildecano, 6-feniltridecano, 5-feniltridecano, 4-feniltridecano, 3-feniltridecano e 2-feniltridecano.

Il fatto che si possano ottenere prodotti chimici da un prodotto di scarto, apre la via a un possibile uso dei processi degradativi per l'ottenimento di prodotti ad alto valore aggiunto. E' bene notare che le caratteristiche antiossidanti di molti fenoli fanno pensare (e alcuni studi sono stati realizzati a tal proposito) ad una possibile utilizzazione della lignina e dei suoi derivati in campo farmaceutico.

#### Obiettivi raggiunti

Dal punto di vista educativo questa esperienza ha stimolato i ragazzi a lavorare in modo creativo, pratico e analitico nello stesso tempo, favorendo scambio di informazioni e l'apprendimento del lavoro di gruppo. Ha inoltre permesso di raggiungere i seguenti obiettivi:

a) Inserimento di una serie di tecni-

che analitiche strumentali chimiche : cromatografia su colonna, GLC, TLC e GC-MS;

b) Utilizzo di strumenti di ricerca tradizionali e non , testi, riviste specializzate internet;

c) Come organizzare una ricerca;

d) Rilevare dati attraverso indagini sperimentali;

e) Interpretazione dei dati rilevati;

f) Raccogliere i contributi individuali in un lavoro di gruppo;

g) Esporre in modo dettagliato il lavoro svolto;

h) Potenziamento della lingua inglese perché le riviste consultate erano in lingua inglese.

Inoltre ha aumentato la loro capacità critica, la loro competenza e la consapevolezza dei molteplici punti di vista dai quali si può analizzare un problema.

Il lavoro finale è stato valutato attraverso gli obiettivi operativi individuali, ed è stato attribuito a ciascun alunno un punteggio valido ai fini del credito per l'esame di stato.

#### Parte Sperimentale

##### Procedura sperimentale n°1 Lignina Klason da una biomassa

Un grammo di legno di faggio o di pino macinato (40 mesh 0,5 mm) viene posto in un soxhlet con dell'ovatta; in un altro soxhlet viene messo solo ovatta (bianco) e si procede all'estrazione. La prima estrazione viene fatta con 200 mL d'etanolo al 95% per otto ore, la seconda estrazione viene fatta con 200 mL di cloruro di metilene per otto ore, infine la terza estrazione viene fatta con 200 mL di una miscela etanolo/toluene nel rapporto 1:2 per altre otto ore. Si pesa tutto prima e dopo l'estrazione. Gli estratti vengono portati a secco con la pompa da vuoto e pesati.

Il solido rimasto dopo la terza estrazione (lignina) viene pesato, si versa in un becker e viene trattato con 15 mL d'acido solforico al 72% per due ore in agitazione.

Si diluisce l'acido solforico al 3% con 545 mL d'acqua distillata, si travasa il tutto in una beuta e si fa bollire per 4 ore mantenendo costante il volume con acqua distillata. Alla fine si filtra su filtro g.f.a. e la lignina Klason estratta si secca in stufa a 110 °C e si pesa.

#### Prove di solubilità

Le prove di solubilità sono state fatte su 10 mg di sostanza con una miscela d'etanolo e acqua nel rapporto 2:8 e con acetonitrile ed etanolo nel rapporto 1:1.

La lignina estratta sia dal pino che dal faggio si è sciolta in acetonitrile ed etanolo 1:1; su questa soluzione è stato fatto uno spettro UV.

#### Reazione di degradazione con ipoclorito di sodio e acqua ossigenata

Alla soluzione in etanolo-acetonitrile contenente 20 mg di lignina viene addizionato 1 ml d'acqua ossigenata al 30% (9,4 mmoli) ed un mL d'ipoclorito di sodio 1,093 M (1,03 mequivalenti) goccia a goccia sotto agitazione per 6 ore. Lo stesso procedimento viene eseguito su altri 20 mg di lignina con 4 mL d'acqua ossigenata e 4 mL d'ipoclorito di sodio; i due trattamenti vengono fatti sia sulla lignina estratta dal pino e sia su quella estratta dal faggio.

La soluzione dopo agitazione viene filtrata, viene allontanato il solvente per essere sicuri che è stato eliminato completamente l'acqua ossigenata e l'ipoclorito di sodio in eccesso, il residuo viene sciolto nel solvente (etanolo-acetonitrile) e su questa soluzione vengono fatti gli spettri UV. Gli spettri della lignina tal quale e

Marzo - Aprile 2001

quella della stessa trattata con acqua ossigenata e ipoclorito di sodio sono completamente differenti a dimostrazione della avvenuta degradazione.

#### Procedura sperimentale n° 2 Degradazione della lignina in carta riciclata con acqua ossigenata e ipoclorito di sodio

##### I° trattamento:

sono stati pesati 1,0145 g di carta riciclata ed è stata trattata con 0,5 mL di acqua ossigenata al 30% e 0,5 mL di ipoclorito di sodio 1,093 M per 3 ore. Quindi si filtra, ed il residuo viene seccato in stufa a 110 °C per una notte, infine pesato.

La perdita di peso era 0,0853 g

$$\% = \frac{0,0853 * 100}{1,0145} = 8,41 \%$$

##### II° trattamento:

sono stati pesati 1,0458 g di carta ed è stata trattata con 1 ml di acqua ossigenata ed 1 mL di ipoclorito di sodio allo stesso modo.

La perdita di peso era 0,1225 g

$$\% = \frac{0,1225 * 100}{1,0458} = 12 \%$$

##### III° trattamento:

sono stati pesati 1,0307 grammi di carta ed è stata trattata con 2 mL di acqua ossigenata e 2 mL di ipoclorito di sodio.

La perdita di peso era 0,1564 g

$$\% = 0,1564 * 100 = 15,17 \%$$

Il colore della carta dopo trattamento era marrone molto chiaro.

#### Procedura sperimentale n°3 Degradazione fotochimica della lignina proveniente da steam explosion

Sono stati pesati 100 mg di lignina proveniente da steam explosion e sciolti in alcool etilico-acetonitrile 1:1, sulla soluzione ottenuta è stato fatto lo spettro UV.

La soluzione è stata messa a reagire con il colorante ROSA BENGALA in un pallone a tre colli sotto agitazione e in corrente di ossigeno sotto le radiazioni emesse da una lampada a incandescenza da 100W per 24 ore.

Dopo sono stati fatti uno spettro UV

e delle lastre di gel di silice, per verificare se la reazione era avvenuta, mettendo a confronto la lignina, il colorante e la miscela di reazione usando come fase mobile una soluzione di alcool etilico e cloroformio in varie proporzioni. Questa separazione avveniva con una soluzione al 30% di alcool etilico in cloroformio.

La separazione vera e propria è stata fatta su colonna di gel di silice ottenendo sei frazioni. La quinta frazione è stata eluita con alcool metilico, la sesta frazione è stata separata per estrusione, la sostanza mescolata con la fase fissa è stata separata facilmente mediante estrazione con alcool metilico e filtrazione. Su queste sei frazioni sono stati fatti spettri UV e Gas-massa.

Inoltre le frazioni n°4 e n°5 che sembravano essere interessanti, sono state ulteriormente frazionate e purificate sempre su colonna di gel di silice, usando come fase mobile una miscela di cloroformio e alcool metilico nel rapporto 6:4

Da questa separazione sono state ottenute per la n° 4 altre tre frazioni sulle quali sono stati fatti spettri UV, Gas-Massa e NMR.

La frazione n°5 è stata solo purificata su colonna di gel di silice con una miscela di cloroformio alcool etilico in un rapporto 7:3, anche su questa frazione sono stati fatti spettri UV, NMR e Gas-Massa.

#### Procedura sperimentale n°4 Degradazione fotochimica della lignina esplosa a diversi tempi d'irradiazione

Sono state condotte delle degradazioni fotochimiche a diverse tempi di irradiazioni e precisamente: 1 ora, 3 ore, 5 ore 8 ore e 12 ore con la stessa procedura descritta per la reazione della durata di 24 ore. Questo per vedere la presenza di composti diversi a diversi tempi di reazioni. I composti ottenuti sono stati caratterizzati mediante spettri UV, e GC-MS.

#### Riferimenti bibliografici

- [1] E. Adler, *Wood Sci. Technol.*, 1977, **11**, 169.
- [2] W. Haible, *Wochenbl. Papierfabr.*, 1991, **119**, 933; *Chem. Abstr.*, 1992, **116**, 157719c.
- [3] P. Rosenthal, *Wochenbl. Papierfabr.*, 1991, **119**, 951; *Chem. Abstr.*, 1992, **116**, 157720w.

CnS - La Chimica nella Scuola

[4] B. Hultman, *Ind. Carta*, 1992, **30**, 435.  
[5] O. A. Terentyev, I. V. Kudryavtseva, *Chem. Sustainable Dev.*, 1993, **1**, 229; *Chem. Abstr.*, 1995, **122**, 293695t.  
[6] G. Gellerstedt, E. -L. Petterson, *Acta Chem. Scand.*, 1975, **B29**, 1005.  
[7] C. Vanucci, P. Fournier de Violet, H. Bouas-Laurent, A. Castellan, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*,

1988, **41**, 251.  
[8] A. Castellan, N. Colombo, C. Cucuphat, P. Fournier de Violet, *Holzforchung*, 1989, **43**, 179.  
[9] A. Castellan, J. N. Zhu, N. Colombo, A. Nourmamode, R. S. Davidson, A. Dunn, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*, 1991, **58**, 263.  
[10] D. S. Argyropoulos, Y. Sun, *Photochem. Photobiol.*, 1996, **64**, 510.

[11] M. G. Neumann, A. E. H. Machado, *J. Photochem. Photobiol., B: Biol.*, 1989, **3**, 473.  
[12] W. U. Palm, H. Dreeskamp, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*, 1990, **52**, 439.  
[13] A. E. H. Machado, R. Ruggiero, M. G. Neumann, *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*, 1994, **81**, 107.

## ESPERIENZE E RICERCHE

# Gli studenti fanno divulgazione

## Dalla coltivazione dei cristalli a una mostra aperta al pubblico

### Riassunto

In un biennio di due ITIS di Roma si è sperimentato per due anni un nuovo approccio divulgativo insieme agli studenti con l'obiettivo di introdurre allo studio dei legami chimici attraverso la preparazione di monocristalli di sostanze comuni da esporre successivamente in una Mostra. Le caratteristiche della preparativa permettono di cadenzare il lavoro su tempi lunghi (fino all'intero anno scolastico) rendendo possibili intanto collegamenti trasversali con il programma svolto. L'arco di competenze richieste per lavorare efficacemente, spaziando da abilità manuali fino a capacità di astrazione e di collegamenti logici, rappresenta un valido aiuto anche al progetto di integrazione di alunni con diversi tipi di svantaggio.

Si riportano di seguito cenni sugli aspetti didattici e organizzativi dell'iniziativa e si indicano inoltre alcuni dettagli sul contenuto dei poster usati nella Mostra elencando anche una selezione di citazioni sui cristalli nell'antichità a cui seguono le schede operative degli studenti sul modo in cui coltivare alcuni cristalli di sostanze comuni.

### Abstract

A new approach to the study of the chemical bond has been experimented in the first two classes of a

MICHELE DEBEGNACH<sup>(\*)</sup>

*Technical Institute inviting students (14-15 years old) to search for the best methods of preparing single crystals of common chemicals to be later displayed in an exhibition.*

*The characteristic features of preparations give the teacher the opportunity of organizing work on a long term (up to the whole year) which makes it possible to realize links with the curriculum as this develops.*

*The wide range of skills required in order to work properly, from handicraft to abstraction and logical processes, is also a strong aid to the integration of students with different sorts of handicap.*

*Didactical and organizing aspects are reported and some examples of quotations about crystals in ancient times are given. A set of crystals recipes written by students themselves follows, containing instructions for the growing of crystals of some common substances.*

### 1. Premessa

L'approccio ai legami chimici è stato per lungo tempo quello di introdurre prima di tutto i legami polari ricorrendo alle esperienze di laboratorio sulla deviazione di getti di liquidi in fili sottili sottoposti ai campi elettrici ottenuti per strofinio. Facevano seguito le esperienze sulla conducibilità dei

liquidi puri e delle soluzioni che permettevano di passare agli ioni e quindi al legame ionico. Una più allargata presa di coscienza intorno ai problemi ambientali e di tossicità ha fatto ingresso anche nei nostri laboratori scolastici facendoci riflettere sulla pericolosità dei solventi impiegati (benzene, metanolo). Così ne abbiamo ridotto drasticamente la quantità e poi siamo passati alle esperienze solo dimostrative ed eseguite sotto cappa.

A questo punto però perché non tentare piuttosto di cambiare completamente percorso?

Abbiamo scelto di provare con la coltivazione dei cristalli perché è un argomento che da un lato attrae per il fascino esercitato dallo spettacolo della straordinaria precisione geometrica con cui si presentano i cristalli, dall'altro fornisce all'insegnante numerosi spunti per un approccio alla teoria dei legami chimici e al vasto mondo degli usi industriali e della mineralogia.

### 2. La coltivazione dei cristalli

#### 2.1 Obiettivi didattici: gli studenti fanno divulgazione preparando i cristalli da esporre in una Mostra.

Le abilità manuali richieste e le possibilità di approfondimento a livello teorico e pratico spaziano in un ampio intervallo per cui questo percorso, con opportuni adattamenti, può essere ugualmente utile a livelli diversi di apprendimento, dalla scuola elementare fino alle scuole superiori. Il progetto è stato sperimentato all'in-