



# PROPRIETA' ANTIRADICALICHE DELL'ALBEDO DELL'ARANCIA



*Ricerca realizzata nell'anno scolastico 2024-2025  
da Ilaria Bocchini, Lana Bovetti, Viola Palanca  
iscritte al IV anno del corso di Biotecnologie Sanitarie  
dell'Istituto di Istruzione Superiore "Galileo Galilei" di Jesi (AN).  
Coordinatori del progetto:  
prof. Edgardo Catalani e Prof.ssa Milva Antonelli*

## FINALITA' DELLA RICERCA

STUDIARE LA POSSIBILITA' DELL'ALBEDO DEGLI AGRUMI DI INTERAGIRE CON MOLECOLE RADICALICHE E ANNULLARNE GLI EFFETTI NEGATIVI O QUANTOMENO RIDURLI.

## INTRODUZIONE

I nostri occhi possono rivelare soltanto una piccola parte dell'intero spettro elettromagnetico, detta *spettro visibile*<sup>[1]</sup>. La quantità di luce che l'occhio registra in qualunque situazione, che può essere liberamente detta *brillantezza* o intensità della luce, non è l'ampiezza dell'onda ma è l'irradianza (I), che è proporzionale al quadrato dell'ampiezza:

$$I = K (\varepsilon_0)^2$$

dove il valore della costante di proporzionalità K dipende dalle proprietà del mezzo che contiene l'onda.

L'estensione dello spettro visibile è definita in termini di lunghezza e frequenza delle onde di luce coinvolta. La *percezione* delle differenti lunghezze d'onda è detta *colore*. La misura precisa del colore coinvolge una determinazione della reale energia per ciascuna lunghezza d'onda nella luce, usando uno spettrometro. L'intervallo di lunghezze d'onda che l'occhio può percepire varia da individuo a individuo. In generale si assume che la più breve lunghezza d'onda di luce che una persona media può rilevare corrisponde al colore violetto, con una lunghezza d'onda vicino a 400 nm. Similmente, la più lunga lunghezza d'onda registrata da un osservatore medio corrisponde al colore rosso vicino a 700 nm. Tra questi due limiti le altre lunghezze d'onda dello spettro sono associate con la sequenza di colori dal rosso all'arancio, verde, blu, indaco, e infine al violetto. (tabelle 1 e 2) <sup>[2]</sup>.

Tabella 1

Colore	Infrarosso	Rosso scuro	Rosso-arancio	Arancio	Giallo
$\lambda$ (nm)	750	700	650	600	580

Tabella 2

Colore	Giallo-verde	Verde	Blu-verde	Blu	Violetto	UV
$\lambda$ (nm)	550	525	500	450	400	350

### Nota

La lunghezza d'onda mostrata nelle tabelle 1 e 2, che corrisponde ad ogni colore, è il valore formale attribuito a quel colore; infatti, come mostrato nella tabella 3, successiva, ad ogni colore assorbito e complementare corrispondono intervalli di lunghezza d'onda e non una singola lunghezza d'onda.

Se l'intervallo di lunghezze d'onda della luce assorbita è piuttosto piccolo, allora il colore rimanente è detto il colore *complementare* a quello assorbito<sup>[3]</sup>.

### Colori Complementari

Tabella 3		
Intervallo $\lambda$ (nm)	Colore Assorbito	Colore Complementare
400 – 435	Violetto	Giallo – verde
435 – 480	Blu	Giallo
480 – 490	Blu – verde	Arancio
490 – 500	Verde – blu	Rosso
500 – 560	Verde	Magenta
560 – 580	Giallo– Verde	Violetto
580 – 595	Giallo	Blu
595 – 605	Arancio	Blu – verde
605 – 700	Rosso	Ciano

La luce, in quanto tale, non ha colori. Se uno dei colori assorbiti è sottratto dalla luce bianca allora il colore rimanente è detto colore *complementare* al primo. In altre parole, mettendo assieme una coppia di intervalli di radiazioni corrispondenti ad un colore assorbito ed a un colore complementare, si ottiene la luce bianca. Le divisioni tra questi colori sono, di norma, artificiali e ciascun colore sfuma nei suoi vicini

Radiazioni con lunghezze d'onda più brevi del violetto cadono nella regione dell'*ultravioletto* dello spettro. L'ultravioletto A (UVA) è la più vicina alla regione del violetto ed è considerata avere un intervallo di lunghezze d'onda di (400–320) nm. Questa radiazione è largamente responsabile della abbronzatura.

L'ultravioletto B (UVB), con un intervallo di lunghezze d'onda approssimato di (320–280) nm è più dannoso e provoca scottature. La radiazione ultravioletta con lunghezze d'onda più brevi è chiamata il *lontano ultravioletto*, (280–200) nm e *ultravioletto nel vuoto* (sotto i 200 nm). Le UVB e le lunghezze d'onda più corte sono capaci di danneggiare severamente le cellule biologiche, e l'eccessiva esposizione porta all'evenienza della morte della pelle. La radiazione con lunghezze d'onda più lunghe del rosso è detta radiazione *infrarossa*. Sebbene non visibili, le lunghezze d'onda più lunghe della radiazione infrarossa, dette *infrarosso termico*, sono rivelabili per la sensazione di calore sulla pelle. Quando un raggio di luce passa attraverso un materiale esso gradualmente perde intensità, un processo detto *attenuazione* (formalmente *estinzione*). L'attenuazione è dovuta alla interazione della luce con un materiale in due modi fondamentali: *scattering* e *assorbimento*. Lo scattering è una dispersione, una diffusione delle radiazioni. L'assorbimento è regolato dalla legge di Beer–Lambert–Bouguer per la quale il grado di estinzione, per soluzioni diluite<sup>[4]</sup> è:

$$\log (I_x/I_0) = [-\epsilon C X]$$

dove  $I_x$  è la irradianza dopo il passaggio attraverso la lunghezza  $X$  del campione;  $I_0$  è l'irradianza incidente e  $C$  è la concentrazione molare (mol/L);  $\epsilon$  è il *coefficiente di attenuazione (estinzione) molare*.

I nostri occhi possono rivelare soltanto una piccola parte dell'intero spettro elettromagnetico, detta *spettro visibile*. La quantità di luce che l'occhio registra in qualunque situazione, che può essere

liberamente detta *brillantezza* o intensità della luce, non è l'ampiezza dell'onda ma è l'*irradianza* ( $I$ ), che è proporzionale al quadrato dell'ampiezza:

$$I = K (\epsilon_0)^2$$

dove il valore della costante di proporzionalità  $K$  dipende dalle proprietà del mezzo che contiene l'onda. L'estensione dello spettro visibile è definita in termini di lunghezza e frequenza delle onde di luce coinvolta. La *percezione* delle differenti lunghezze d'onda è detta *colore*. La misura precisa del colore coinvolge una determinazione della reale energia per ciascuna lunghezza d'onda nella luce, usando uno spettrometro. L'intervallo di lunghezze d'onda che l'occhio può percepire varia da individuo a individuo. In generale si assume che la più breve lunghezza d'onda di luce che una persona media può rilevare corrisponde al colore violetto, con una lunghezza d'onda vicino a 400 nm. Similmente, la più lunga lunghezza d'onda registrata da un osservatore medio corrisponde al colore rosso vicino a 700 nm.

Tra questi due limiti le altre lunghezze d'onda dello spettro sono associate con la sequenza di colori dal rosso all'arancio, verde, blu, indaco, e finalmente al violetto<sup>[5]</sup>. (Tabelle 1 e 2).

Radiazioni con lunghezze d'onda più brevi del violetto cadono nella regione dell'*ultravioletto* dello spettro. L'ultravioletto A (UVA) è la più vicina alla regione del violetto ed è considerata avere un intervallo di lunghezze d'onda di (400–320) nm.

Questa radiazione è largamente responsabile della abbronzatura. L'ultravioletto B (UVB), con un intervallo di lunghezze d'onda approssimato di (320–280) nm è più dannoso e provoca scottature. La radiazione ultravioletta con lunghezze d'onda più brevi (280–200) nm è detta il *lontano ultravioletto*; e *ultravioletto nel vuoto* (sotto i 200 nm). Le UVB e le lunghezze d'onda più corte sono capaci di danneggiare severamente le cellule biologiche, e l'eccessiva esposizione porta all'evenienza della morte della pelle.

La radiazione con lunghezze d'onda più lunghe del rosso è detta radiazione *infrarossa*. Sebbene non visibili, le lunghezze d'onda più lunghe della radiazione infrarossa, dette *infrarosso termico*, sono rivelabili per la sensazione di calore sulla pelle.

#### DEFINIZIONE DI ALBEDO<sup>[6]</sup> DEGLI AGRUMI

Albedo deriva dal nome latino *albēdo* che significa "bianchezza" e indica la parte interna biancastra della buccia degli agrumi.

#### DESCRIZIONE DI DUE QUALITA' DI ARANCE

##### ARANCIO AMARO<sup>[7]</sup> (Citrus Aurantium)

La corteccia del frutto, o buccia, è di colore giallo-rossastro e rugosa; il succo, non molto abbondante, è molto amaro. La pianta è originaria dell'Asia ed è coltivata nelle regioni meridionali più calde d'Italia. Principi attivi: *olio essenziale*, *esperidina* e *limonina*.

L'esperidina<sup>[8]</sup> è un flavonoide che si trova nelle arance e nei limoni

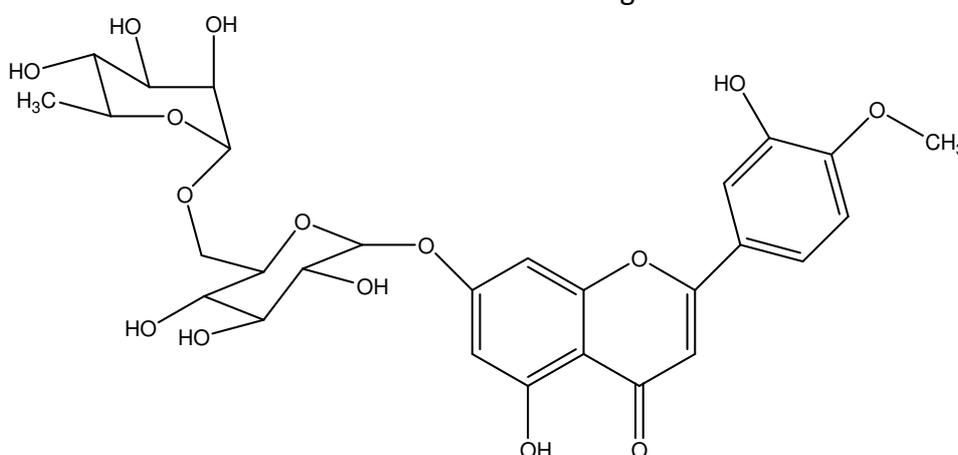
## ARANCIO DOLCE <sup>[9]</sup> (Citrus Aurantium)

La pianta è originaria dell'Asia, ma è da lungo tempo coltivata nelle regioni meridionali italiane. Principi attivi: *oli essenziali* di composizione diversa. Notissimo per le proprietà aromatiche, dissetanti, vitaminiche, l'arancio dolce ha le stesse proprietà dell'arancio amaro.

ESPERIDINA<sup>[10]</sup>(C<sub>28</sub>H<sub>34</sub>O<sub>15</sub>) MM=610.56

Il Nome IUPAC non è stato rintracciato

Figura 1



L'esperidina è un flavonoide che si trova soprattutto all'interno dei frutti degli agrumi. In particolar modo è abbondante nella buccia e nella polpa di tali frutti. Il suo aglicone è chiamato esperetina (it.m.wikipedia.org).

LIMONINA<sup>[11]</sup> (C<sub>26</sub>H<sub>30</sub>O<sub>8</sub>)

MM= 470.52

Nome IUPAC: 7,16-diosso-7,16-dideossilimondiolo <sup>[11]</sup>

La limonina e altri composti limonoidi contribuiscono al gusto amaro di alcuni prodotti alimentari di agrumi. La limonina è un limonoide che si trova nei semi di arancio e limone. È una sostanza amara e si presenta sotto forma di polvere bianca e cristallina.

STRUTTURA MOLECOLARE DELLA LIMONINA (figura 2)

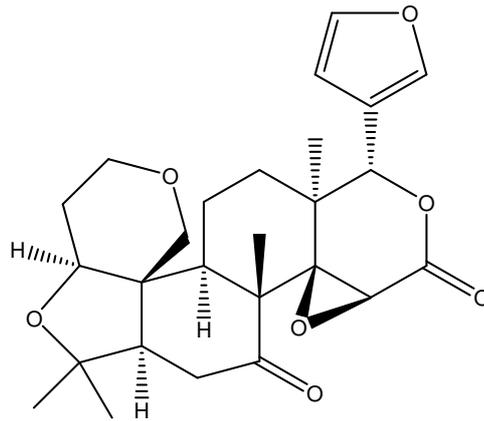
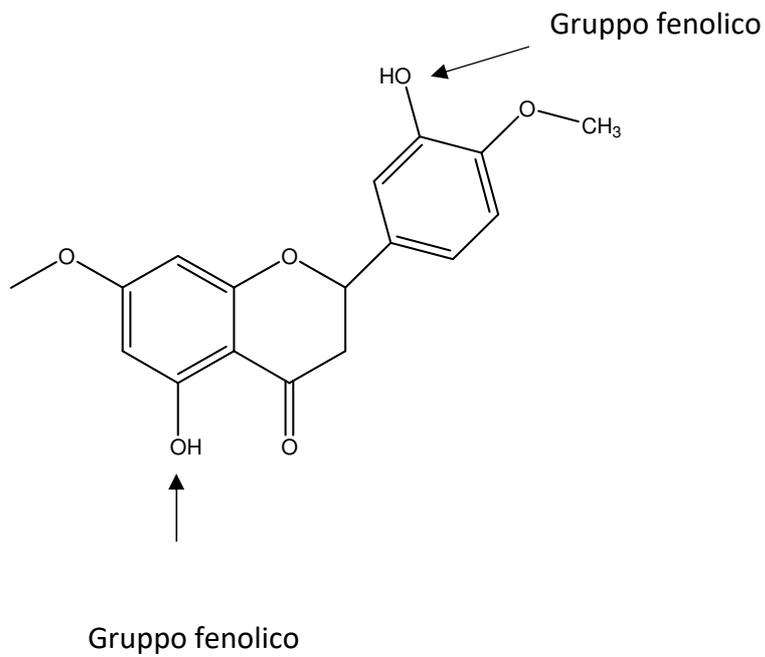
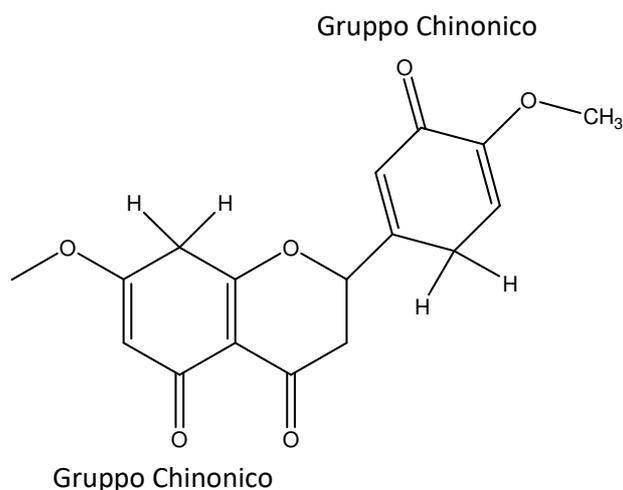


Figura 3a



Questa struttura di figura 3a è stata separata dalla molecola originaria dell'esperidina (figura 1), per mettere in risalto la presenza di due gruppi fenolici che possono essere ossidati a gruppi chinonici<sup>[12]</sup>  
N.B. L'atomo di Carbonio scritto accanto al fenile ( $\emptyset$ ) fa parte dell'anello benzenico

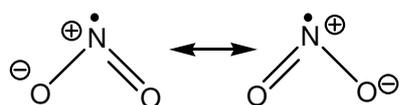
Figura 3b



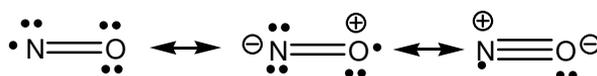
## PARTE SPERIMENTALE

### STRUTTURA ELETTRONICA DEGLI OSSIDI DI AZOTO<sup>[13]</sup>

Le molecole NO ed NO<sub>2</sub> contengono un elettrone spaiato sono, cioè **molecole-radicali** come rappresentato nelle strutture seguenti, dove si osserva un elettrone spaiato rappresentato dal puntino isolato. Queste molecole devono essere rappresentate per mezzo di ibridi di risonanza.

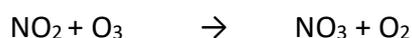
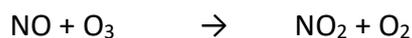


Struttura elettronica di •NO<sub>2</sub>

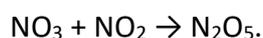


Struttura elettronica di •NO

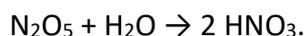
Sono molecole così stabili da poter essere preparate facilmente anche in laboratorio. D'ora in avanti le molecole degli ossidi di azoto si scriveranno, per semplicità, senza il puntino che rappresenta l'elettrone spaiato. È noto che gli ossidi azoto NO ed NO<sub>2</sub> partecipano ad alcune reazioni di distruzione dell'ozono nella *stratosfera* (regione dell'atmosfera che si estende tra 15 e 50 km) alcune delle quali sono riportate di seguito<sup>[14]</sup>:



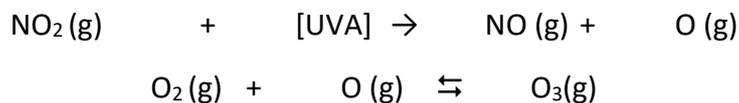
Naturalmente gli ossidi azoto partecipano anche ad altre reazioni, come:



Di norma questo processo è reversibile ma in certe condizioni (es. presenza di goccioline di acido solforico) si forma acido nitrico:



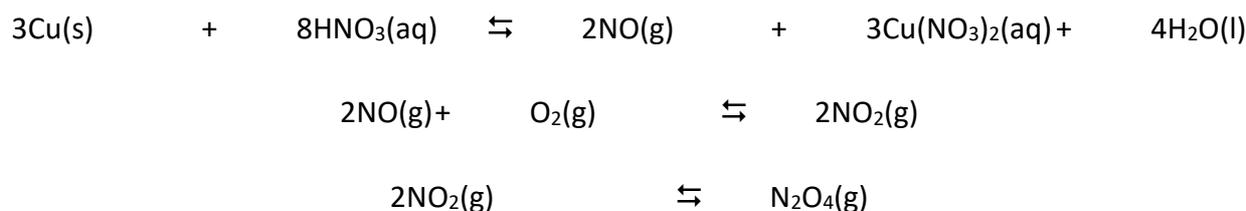
A livello della *troposfera*<sup>[15]</sup> (regione dell'atmosfera che si estende da terra fino a circa 15 km di altezza) le reazioni che implicano gli ossidi di azoto sono la *fotodissociazione*<sup>[16]</sup> di  $\text{NO}_2$  e la *formazione di ozono* ( $\text{O}_3$ )



#### PREPARAZIONE DEGLI OSSIDI DI AZOTO<sup>[17]</sup>

Gli ossidi di azoto si preparano con la reazione tra rame e acido nitrico ( $\text{HNO}_3$ ) concentrato, secondo lo schema mostrato di seguito e condotta con una apparecchiatura di vetro assemblata sotto cappa per ragioni di sicurezza.

Reazione tra rame metallico ed acido nitrico:



IL gas  $\text{NO}_2$  ha un intenso colore giallo-bruno<sup>[18]</sup>; l'  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  è incolore<sup>[19]</sup>

#### INDAGINI PRELIMINARI PER INDIVIDUARE IL SOLVENTE PIÙ ADATTO PER L'ESTRAZIONE DELL'ALBEDO

Un'arancia di qualità biologica, dopo essere stata ben lavata con acqua corrente ed asciugata con della carta, si sbuccia manualmente (mani ricoperte da guanti per evitare il contatto diretto con la buccia esterna). La buccia è separata nell'albedo (parte bianca) e lo strato più esterno, usando un bisturi. La massa dell'albedo è suddivisa in quattro campioni che sono sminuzzati per aumentare la superficie di contatto tra il solido e il solvente. I campioni sono stati trattati, tal quali, con uno stesso volume di differenti solventi per verificare quale di questi fosse stato in grado di estrarne i componenti. I dati sono riportati nella tabella 4. Il tempo di contatto è stato di 14 giorni alla temperatura ambiente del laboratorio.

Tabella 4

Prova	Massa albedo (g)	V (mL)Acqua	V (mL)Etanolo assoluto	V (mL)Acetone	V(mL) n-Esano
1	1.0085		25		
2	1.0366				25
3	1.0252			25	
4	1.0314	25			

I risultati di questo esperimento son descritti di seguito dal punto 1 al punto 4:

[1] La soluzione con etanolo assoluto è limpida e di colore giallo intenso. I frammenti di albedo sono leggermente più chiari rispetto al colore iniziale (giallino). Questi sono indizi di una estrazione di sostanze presenti nell'albedo.

[2] La soluzione con n-esano appare limpida ed incolore; sono segni che non c'è stata una estrazione di sostanze colorate; non è possibile stabilire da queste osservazioni se c'è stata una estrazione di sostanze non colorate.

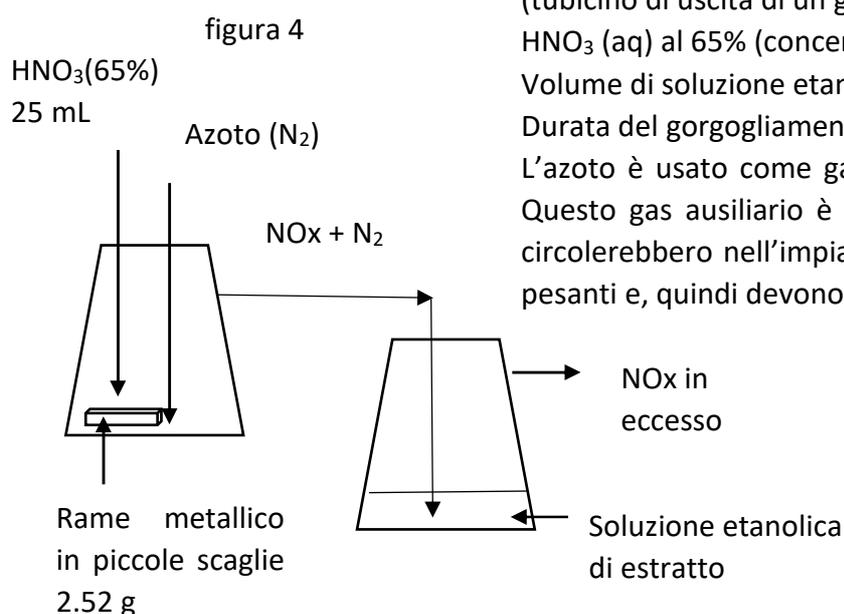
[3] la soluzione con acetone appare limpida e lievemente colorata di giallo: indizio di una blanda estrazione di sostanze colorate.

[4] la soluzione con acqua contiene della muffa e non ha alcuna colorazione evidente per cui si decide di escludere questo tipo di trattamento.

Il metodo di estrazione adottato può essere descritto come la *preparazione di una tintura* [20]

Per la loro preparazione si utilizza alcool di diversa gradazione (generalmente fr 50° e 70°). Nella preparazione delle tinture idroalcoliche si adotta generalmente una regola fissa che prescrive di impiegare una parte di droga (radici, cortecce, semi, ecc....) per ottenere cinque parti di tintura finale. In pratica, per esempio, si usano 20 grammi di droga per ottenere 100 millilitri di tintura. Le tinture sono preparazioni delicate, molto concentrate e costose per la quantità di alcool che contengono.

#### SCHEMA DELLA APPARECCHIATURA PER PRODURRE GLI OSSIDI DI AZOTO E FARLI REAGIRE CON L'ESTRATTO ETANOLICO DELL'ALBEDO



I contenitori sono delle beute da 250 mL, con pippio (tubicino di uscita di un gas vicino alla bocca della beuta)  
HNO<sub>3</sub> (aq) al 65% (concentrazione)  
Volume di soluzione etanolica = 100 mL  
Durata del gorgogliamento= due minuti.  
L'azoto è usato come gas di trasporto poiché è inerte. Questo gas ausiliario è necessario perché gli NO<sub>x</sub> non circolerebbero nell'impianto da soli in quanto piuttosto pesanti e, quindi devono essere trascinati.

La soluzione etanolica dell'estratto di albedo è inizialmente di colore giallo intenso. Dopo 2 minuti di gorgogliamento degli NOx, diventa di colore arancio-bruno. È sorto il dubbio che la nuova colorazione della soluzione di estrazione fosse dovuto agli NOx solubilizzati nell'etanolo: in particolare NO(g)]<sup>[21]</sup>

Per dirimere la questione si è ripetuto lo stesso esperimento usando il solo etanolo (incolore) per far gorgogliare gli NOx. Dopo due minuti di gorgogliamento non si osserva alcun cambiamento di colore dell'etanolo, ed allora si è deciso di prolungare il gorgogliamento per circa 30 minuti: non si è verificato alcun cambiamento anche dopo questo periodo di contatto. Ciò vuol dire che la variazione di colore della soluzione di estrazione è dovuto ad una qualche reazione tra gli NOx ed il soluto (estratto dell'albedo) e non tra gli NOx ed il solvente.

#### PREPARAZIONE DEI CAMPIONI DI ALBEDO PER CONDURRE L'ESTRAZIONE

Un'arancia di qualità biologica, dopo essere stata ben lavata con acqua corrente, acqua deionizzata ed asciugata, è sbucciata manualmente (mani ricoperte da guanti da laboratorio per evitare il contatto diretto con la buccia esterna).

La buccia è suddivisa tra l'albedo (parte bianca) e lo strato più esterno, usando un bisturi. Si recuperano 10.5 grammi di albedo.

Si sceglie l'estrazione con etanolo perché l'intensa colorazione della soluzione, nelle prove preliminari, fa pensare ad una estrazione più efficiente.

A questo scopo si pone il campione di albedo (8.025 g) in una beuta da 250 mL e si aggiungono 200 mL di etanolo assoluto.

La beuta è chiusa con un tappo di vetro che poi è avvolto con parafilm. La beuta è avvolta, completamente, con un foglio di alluminio per evitare l'esposizione alla luce sia interna che esterna. La beuta, con il suo contenuto, è conservata al buio di uno scomparto del bancone di laboratorio per 24 ore. Il giorno seguente il miscuglio è filtrato con lana di vetro, essendo questa inerte nei confronti delle sostanze chimiche usate in laboratorio.

L'estratto viene suddiviso in varie aliquote, una delle quali (100 mL), è usata per il gorgogliamento degli ossidi di azoto che sono scelti per il trattamento perché sono molecole radicali e sono anche ossidanti.

#### SCOPO DELLA RICERCA

Lo scopo di questa ricerca è quello di studiare l'interazione tra l'albedo degli agrumi e molecole-radicali, ovvero molecole che contengono un elettrone spaiato, come già spiegato in altra parte di questo scritto, per verificare se la molecola-radicali può essere bloccata e così essere sottratta dall'ambiente specifico e annullarne o ridurne l'effetto negativo.

Il termine albedo deriva dal nome latino *albēdo* che significa "bianchezza" e indica la parte interna biancastra della buccia degli agrumi.

Esistono diversi metodi per produrre dei radicali liberi, ad esempio con il reattivo di Fenton<sup>[22]</sup> che prevede di far reagire il perossido di idrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) con ioni Ferro (II) in ambiente acido; avviene la reazione che produce i radicali •OH,



Un'altra reazione che produce radicali è la decomposizione dell'acido peracetico<sup>[23]</sup>



Altre molecole radicali sono gli NO<sub>x</sub> come mostrato nel paragrafo "Struttura Elettronica degli Ossidi di Azoto". Non si scelgono né l'acqua ossigenata né l'acido peracetico per produrre radicali liberi perché, essendo soluzioni, si vuole evitare qualunque effetto di diluizione della soluzione etanolica estratta. Si scelgono gli NO<sub>x</sub>, come molecole-radicaliche perché sono gassose e, quindi, non provocano un effetto diluizione.

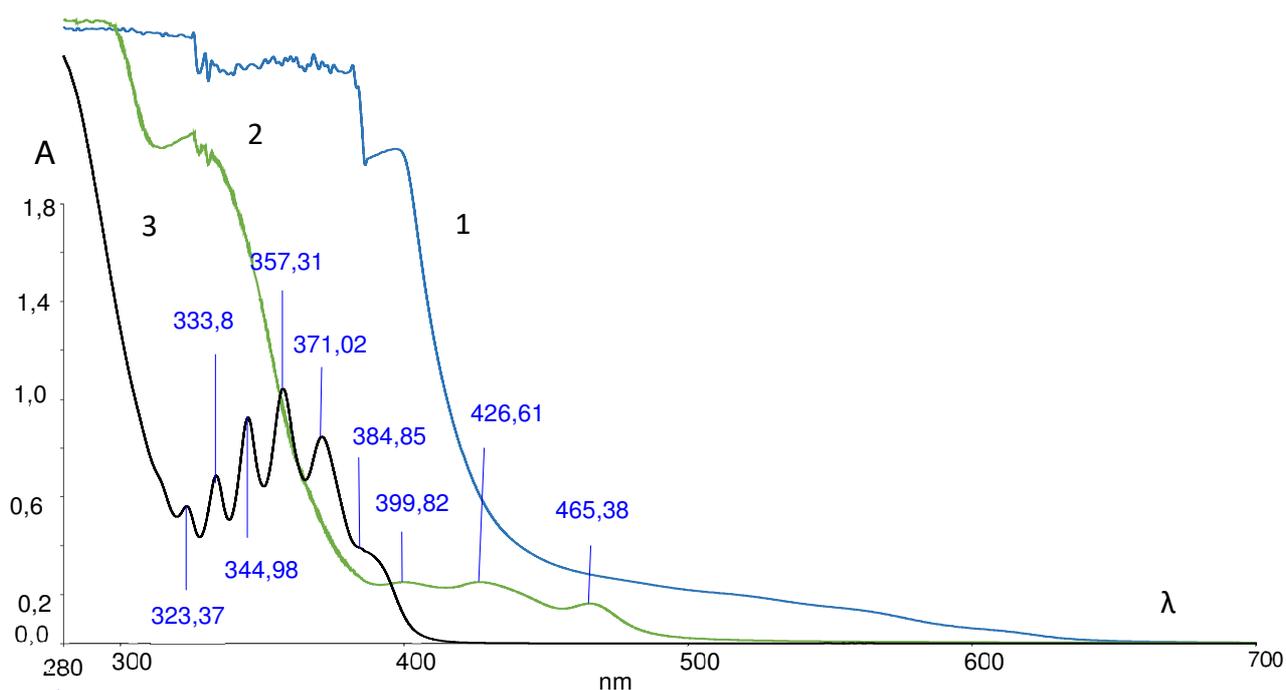
#### INTERAZIONE TRA MOLECOLE E RADIAZIONI NEL VISIBILE

Per misurare l'assorbimento dei vari colori della luce bianca: rosso, arancio, verde, blu, indaco, e violetto da parte di molecole, è necessario usare uno spettrometro.

Si registrano gli spettri delle soluzioni di estrazione nella regione del visibile con uno spettrofotometro (spettrometro) UV-Visibile, nella regione tra 700 nm e 280 nm dal momento che le soluzioni di estrazione con e senza gorgogliamento dei NO<sub>x</sub>, sono intensamente colorate.

Gli spettri sono mostrati nella figura 5 Usando il software dello strumento si calcolano le aree totali sottese da ciascuno spettro e che sono riportate sotto, nella "analisi delle curve spettrali"

Figura 5



## ANALISI DELLE CURVE SPETTRALI

La **curva 1** è relativa alla soluzione estratta dell'albedo in etanolo assoluto dopo gorgogliamento con gli NOx. [area = 239.07]

La **curva 2** è relativa alla soluzione estratta di albedo in etanolo assoluto [area = 236.9]

La **curva 3** è relativa alla soluzione di etanolo assoluto gorgogliato con gli NOx [area = 223.53]

La curva mostra un modello con bande multiple di assorbimento nell'intervallo delle  $\lambda$  tra circa 400 nm e circa 320 nm, all'inizio della regione UV, e che potrebbe essere dovuto agli NOx. Una dimostrazione di questa ipotesi avrebbe bisogno di registrare, nella regione degli UV suddetta, lo spettro di assorbimento degli NOx gassosi. [non è stata fatta per motivi organizzativi e di tempo].

Gli spettri 1 e 2 mostrano una curva più o meno frastagliata nell'intervallo delle radiazioni UV tra 400 nm e 280 nm. Evidentemente, per quella regione di assorbimento, le soluzioni sono troppo concentrate. Allo scopo di indagare solo questo aspetto, si dovrebbero registrare gli spettri di soluzioni più diluite senza tener conto che le altre zone spettrali, a lunghezze d'onda più alte, potrebbero scomparire dall'immagine. Per gli stessi motivi precedenti, non è stato possibile fare.

## ELABORAZIONE DEI RISULTATI SPETTROSCOPICI

Si individuano le lunghezze d'onda ( $\lambda$ ) più significative degli spettri ai fini della loro caratterizzazione. Nelle didascalie accanto al valore della lunghezza d'onda non si riporta anche il valore della corrispondente assorbanza (A) perché questa non viene usata nella successiva elaborazione.

Si può notare che il valore numerico dell'area di uno spettro, non è accompagnato da alcuna unità di misura. Vuol dire che il software ha un modello di elaborazione specifico che usa valori simbolici codificati.

L'elaborazione consiste nel calcolare, con il software dello spettrofotometro, l'area totale sottesa da ciascuna curva spettrale fino all'asse delle ascisse, ovvero ad assorbanza = 0.

Si usano queste aree perché esse rappresentano l'assorbimento complessivo, in tutto l'intervallo delle lunghezze d'onda, per ogni soluzione estratta.

I valori delle aree calcolate sono riportati nel foglio allegato che ha due colonne intestate: Description e Area Spettro completo.

La elaborazione dei risultati spettroscopici si basa sulla ricerca di una qualche correlazione tra i dati sperimentali delle aree che permetta di confrontarle da un punto di vista quantitativo. Quando si parla di mettere a confronto dei dati sperimentali, di solito, si intende calcolare il loro rapporto rispetto ad un valore di riferimento. In questo caso conviene prendere come riferimento il valore dell'area della soluzione di [albedo + etanolo assoluto], perché questa non ha avuto alcuna interazione con gli NOx.

Area del riferimento = 236.9 (albedo + etanolo assoluto)

Area Etanolo ass. + NOx = 223.53;

Area albedo + etanolo assoluto+ NOx = 239.07

Si calcolano i rapporti tra le aree:  $R_1 = (223.53/236.9) = 0.9436$

$R_2 = (239.07/236.9) = 1.0092$

I valori dei due rapporti non sono molto differenti, tuttavia la discrepanza è significativa; infatti, il primo è inferiore a uno mentre il secondo è maggiore di uno. Questa variazione è imputabile all'azione degli NOx ed è misurabile.

In un'altra elaborazione si calcola la differenza tra il valore ottenuto in presenza degli NOx e il valore di riferimento.

$$223.53 - 236.9 = -13.37$$

$$239.07 - 236.9 = 2.17$$

In questo caso le differenze sono molto evidenti; si passa infatti da un valore piuttosto negativo ad uno decisamente positivo. È una conseguenza dell'effetto degli NOx sull'albedo.

## CONCLUSIONI

Il risultato della ricerca indica che è possibile usare questo metodo per studiare l'effetto degli ossidi di azoto sull'albedo degli agrumi e, per analogia, anche su altri alimenti vegetali. Non è possibile trasferire i risultati ottenuti dallo studio in laboratorio all'organismo umano; tuttavia, una alimentazione che sia integrata anche con l'albedo degli agrumi potrebbe, potenzialmente, aiutare a ridurre l'effetto negativo degli NOx se dovessero formarsi nell'organismo o se venissero introdotti perché presenti in un ambiente atmosferico inquinato.

## Bibliografia

- [1] Richard J. D. Tilley, Colour and the Optical Properties of Materials John Wiley & Sons, Ltd 2011
- [2] Richard J. D. Tilley, Colour and the Optical Properties of Materials John Wiley & Sons, Ltd 2011
- [3] Richard J. D. Tilley, Colour and the Optical Properties of Materials John Wiley & Sons, Ltd 2011
- [4] Richard J. D. Tilley, Colour and the Optical Properties of Materials John Wiley & Sons, Ltd 2011
- [5] Richard J. D. Tilley, Colour and the Optical Properties of Materials John Wiley & Sons, Ltd 2011
- [6] (lo ZINGARELLI 1996 Vocabolario della Lingua Italiana, dodicesima edizione, Zanichelli)
- [7] Umberto Boni, Gianfranco Patri, Gruppo Editoriale Fabbri, Bompiani, Sonzogno, Etas S.p.A., Milano 1993: LE ERBE
- [8] Cappelli Patrizia.; Vannucchi Vanna, Chimica degli Alimenti Conservazione e Trasformazioni Zanichelli, 1994
- [9] Umberto Boni, Gianfranco Patri, Gruppo Editoriale Fabbri, Bompiani, Sonzogno, Etas S.p.A., Milano 1993: LE ERBE
- [10] (it.m.wikipedia.org);  
Umberto Boni, Gianfranco Patri, Gruppo Editoriale Fabbri, Bompiani, Sonzogno, Etas S.p.A., Milano 1993: LE ERBE
- [11] (it.m.wikipedia.org)
- [12] K. Peter C. Vollhardt; Neil E. Score, CHIMICA ORGANICA terza edizione, Zanichelli 2004
- [13] Ronald J. Gillespie, Hargittai Istavan; Geometria Molecolare: il Modello VSEPR, Zanichelli Editore S.p.A, 1994
- [14] Colin Baird, Chimica Ambientale, Zanichelli Editore S.p.A
- [15] Colin Baird, Chimica Ambientale, Zanichelli Editore S.p.A
- [16] Donald A. McQuarrie; Peter A. Rock, Descriptive Chemistry, W.H. Freeman and Company
- [17] Donald A. McQuarrie; Peter A. Rock, Descriptive Chemistry, W.H. Freeman and Company
- [18] CRC, Handbook of Chemistry and Physics, CRC press, inc. 68<sup>th</sup> edition 1987-1988  
Donald A. McQuarrie; Peter A. Rock, Descriptive Chemistry, W.H. Freeman and Company
- [19] CRC, Handbook of Chemistry and Physics, CRC press, inc. 68<sup>th</sup> edition 1987-1988  
Donald A. McQuarrie; Peter A. Rock, Descriptive Chemistry, W.H. Freeman and Company
- [20] Umberto Boni, Gianfranco Patri, LE ERBE, Gruppo Editoriale Fabbri, Bompiani, Sonzogno, Etas S.p.A., Milano 1993
- [21] CRC, Handbook of Chemistry and Physics, CRC press, inc. 68<sup>th</sup> edition 1987-1988
- [22] William A. Pryor, Chimica dei radicali liberi, Etas Kompas 1968
- [23] William A. Pryor, Chimica dei radicali liberi, Etas Kompas 1968

INDICE	Pagina
FINALITA' DELLA RICERCA	1
INTRODUZIONE	1
COLORI COMPLEMENTARI	2
DEFINIZIONE DELL'ALBEDO DEGLI AGRUMI	3
DESCRIZIONE DI DUE QUALITA' DI ARANCE	3
ARANCIO AMARO	3
ARANCIO DOLCE	4
ESPERIDINA	4
LIMONINA	4
STRUTTURA MOLECOLARE DELLA LIMONINA	5
PARTE SPERIMENTALE	6
STRUTTURA ELETTRONICA DEGLI OSSIDI DI AZOTO	6
PREPARAZIONE DEGLI OSSIDI DI AZOTO	6
INDAGINI PRELIMINARI PER INDIVIDUARE IL SOLVENTE PIU' ADATTO PER L'ESTRAZIONE DELL'ALBEDO	7
SCHEMA DELLA APPARECCHIATURE PER PREPARARE GLI OSSIDI DI AZOTO E FARLI REAGIRE CON L'ESTRATTO ETANOLICO DELL'ALBEDO	8
SCOPO DELLA RICERCA	9
PREPARAZIONE DEI CAMPIONI DI ALBEDO PER CONDURRE L'ESTRAZIONE	9
INTERAZIONE TRA MOLECOLE E RADIAZIONI NEL VISIBILE	11
ANALISI DELLE CURVE SPETTRALI	11
ELABORAZIONE DEI RISULTATI SPETTROSCOPICI	11
CONCLUSIONI	12
BIBLIOGRAFIA	13