



Le ricerche di Giacomo Ciamician sulla chimica delle piante

The research of Giacomo Ciamician on the chemistry of plants

RINALDO CERVELLATI, VALENTINA SAIOLA, EMANUELA GRECO

1. Summary

The function of the vegetal bioactive substances remained unknown for many years. These substances were in fact considered to be waste products, without a specific role. One of the first chemist to be interested in this research field was Prof. Giacomo Ciamician (1857–1922), who turned his attention, with his co-worker Prof. Ciro Ravenna, to these substances from him called “accessory”. In this paper we discuss Ciamician and Ravenna’s investigations to identify the origin and function of the glycosides and alkaloids in plants, injecting several compounds in different plants and studying the transformations that derive from them. They concluded that the alkaloids produced by plants would perform a function very similar to that of hormones in animals. It will also be given the structural characterization of sedanonic acid performed by G. Ciamician and P. Silber, an example of how without instrumental methods, but only by chemical, researchers were able to recognize the “pieces” of a molecule and to assemble them into a single structure.

2. Riassunto

La funzione delle sostanze bioattive di origine vegetale è rimasta per molti anni un’incognita. Uno dei primi chimici a interessarsi a questo campo di ricerca è stato il Prof. Giacomo Ciamician (1857–1922), che fra il 1908 e il 1921 rivolse la sua attenzione, insieme al suo allievo

Prof. Ciro Ravenna, a queste sostanze da lui chiamate “accessorie”. In questo lavoro verranno illustrate le indagini di Ciamician e Ravenna per individuare l’origine e la funzione dei glicosidi e degli alcaloidi nei vegetali, attraverso l’inoculazione di diversi composti al loro interno e lo studio delle trasformazioni che ne derivavano. Essi giunsero alla conclusione che gli alcaloidi prodotti dalle piante eserciterebbero una funzione molto simile a quella degli ormoni negli animali. Verrà poi riportata la caratterizzazione strutturale dell’acido sedanonico effettuata da G. Ciamician e P. Silber, un esempio di come senza metodi strumentali, ma solo attraverso i mezzi chimici a loro disposizione, i ricercatori dell’epoca riuscissero a riconoscere i “pezzi” di una molecola e ad assemblarli in un’unica struttura.

3. Introduzione

La funzione delle sostanze bioattive di origine vegetale, chiamate oggi “metaboliti secondari”, prodotte dalle piante in quantità relativamente piccole è rimasta per molti anni un’incognita. Queste sostanze venivano infatti ritenute prodotti di scarto e comunque senza un ruolo specifico. Uno dei primi chimici a interessarsi a questo campo di ricerca è stato il Prof. Giacomo Ciamician (1857–1922).

Già nel 1908, all’inizio del programma di studi sulla chimica delle piante traspare l’ammirazione del chimico per il mondo vegetale. Si legge infatti [4]:

Le piante sono in grado di compiere il grandioso lavoro di sintesi, per cui esse riescono a produrre le più importanti materie organiche, con mezzi almeno in apparenza modestissimi. Gli agenti atmosferici e segnatamente le piccole quantità di anidride carbonica, i sali che loro fornisce il suolo e l’acqua, costituiscono i soli materiali di cui abbisognano i vegetali a foglie verdi per comporre quella numerosa e svariata serie di sostanze che noi tanto a stento riusciamo a riprodurre.

Un primo scopo di questo lavoro è stato lo studio dei lavori sulla chimica delle piante pubblicati da Giacomo Ciamician (insieme al suo collaboratore Ciro Ravenna), per fornire una panoramica dei risultati da loro ottenuti. Un secondo scopo del lavoro è fornire un esempio di come i chimici di fine ‘800 riuscissero, con i soli mezzi chimici a

loro disposizione, a caratterizzare strutturalmente i composti da loro studiati.

4. Metodologia

Sono state analizzate le Memorie e le Note pubblicate da Ciamician, in collaborazione con Ravenna, relative alla “chimica delle piante” [5, 7–9], disponibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Chimica “G. Ciamician” di Bologna. Per raggiungere il secondo scopo sono state esaminate alcune pubblicazioni di Ciamician (in collaborazione con P. Silber) sulle sostanze naturali.

5. Le ricerche

Scopo delle ricerche sulla chimica delle piante era quello di individuare l’origine, il comportamento e la funzione delle *sostanze accessorie* nelle piante.

Ciamician e Ravenna osservarono che inoculando in diverse piante dei glucosidi, questi venivano scissi in sostanze aromatiche (oggi chiamate “agliconi”, sostanzialmente della categoria dei “polifenoli”). Viceversa, se alla pianta venivano somministrate queste sostanze aromatiche, esse si trasformavano in parte nel glucoside, in parte rimanevano inalterate e in parte venivano ossidate, in base alle necessità della pianta.[5]. Ecco un brano tratto dal rif. [5]:

Inoculando ad alcune piante (mais, giacinti) dei glucosidi, questi vengono scissi in gran parte nell’interno della pianta in modo che si ritrovano, allo stato libero, le sostanze aromatiche che entrano nella loro costituzione. Reciprocamente, inoculando o facendo assorbire in altro modo alcune sostanze aromatiche, si ritrova poi oltre alla sostanza inalterata, un composto che per azione della emulsina si scinde liberando nuove quantità della sostanza introdotta. Abbiamo quindi supposto che le sostanze aromatiche assorbite dalle piante si combinassero in modo da dar origine a dei glucosidi. Di ciò fu data la dimostrazione rigorosa inoculando nel mais la saligenina [alcol salicilico: 2-(idrossimetil)-fenolo]; siamo riusciti cioè ad isolare dalle piante così trattate il glucoside formatosi, che fu riconosciuto identico alla salicina [2-idrossimetil)-fenil- β -D-glucopiranoside].

Oggi è noto che polifenoli e loro glicosidi svolgono principalmente un ruolo di difesa nelle piante. Una recente ricerca ha dimostrato come estratti di *Limonium narbonense* cresciuto spontaneamente contengano una quantità di polifenoli superiore rispetto a quella contenuta in estratti da piante coltivate [1]. Ciò conferma la capacità delle piante, già nota a Ciamician e Ravenna, di modulare la produzione delle sostanze di cui necessitano, con il minimo dispendio di energia e di materie prime.

Ciamician e Ravenna, analogamente a quanto fatto con la saligenina, inocularono nel mais l'alcool benzilico, che fu trasformato dalla pianta nel relativo glucoside, essi ottennero il medesimo risultato con la pianta del fagiolo [7].

Poiché medesimi fenomeni, oltre che nella pianta viva, furono anche osservati in poltiglie ottenute tritutando le piante [5], i due chimici supposero che queste trasformazioni fossero dovute all'azione di enzimi. Successive ricerche confermarono questa ipotesi.

Oltre ad interessarsi ai glucosidi, uno studio più vasto fu condotto sugli alcaloidi, valutandone la produzione e cercando di capire il loro ruolo nelle piante. Oltre alla tecnica dell'inoculazione, venne usata quella dell'innaffiamento di giovani piantine cresciute in opportuni germinatoi, con soluzioni all'1‰ delle sostanze che si volevano esaminare [6].

I primi studi furono eseguiti su piante che in natura producevano alcaloidi (datura e tabacco) inoculando in esse sostanze azotate: piridina, piperidina, asparagina e ammoniaca, ottenendo un aumento della produzione di alcaloidi [8]:

Abbiamo descritto alcune esperienze dalle quali risulta che inoculando nelle piante di tabacco e di datura certe sostanze azotate, si ottiene, segnatamente colla piridina, un notevole aumento nella quantità totale dei rispettivi alcaloidi.

Ciamician e Ravenna osservarono anche che la sola incisione della pianta produceva notevoli variazioni sul contenuto degli alcaloidi, facendolo aumentare [9].

Vennero effettuati studi oltre che su piante spontanee anche su piante coltivate secondo norme agricole, per valutare il diverso comportamento all'inoculazione [10]. Appare quindi chiaro che queste

ricerche avevano anche uno scopo pratico, agroindustriale, teso al miglioramento della qualità della pianta, soprattutto del tabacco.

Il rif. [8] conclude così:

Dalle esperienze descritte risulta che l'inoculazione di sostanze azotate di svariata natura chimica nel tabacco, produce un aumento nella quantità totale di alcaloidi e che questo aumento si accentua impiegando l'asparagina, anche introducendo nelle piante quantità di materie proporzionali al loro contenuto in azoto. Ma le osservazioni raccolte non permettono di trarre conclusioni sufficientemente sicure relative alla genesi ed al significato degli alcaloidi nelle piante. Ci sembra però si possa affermare, che le nostre esperienze parlino piuttosto in favore di quelle vedute secondo le quali gli alcaloidi vegetali provengono dagli acidi amidati [amminoacidi].

Sempre su piante in grado di produrre alcaloidi furono inoculate sostanze non azotate, glucosio e acido ftalico, per valutare il loro effetto sulla produzione di alcaloidi. Il glucosio fece aumentare la produzione di nicotina nel tabacco, con il secondo si ottenne una quantità circa uguale a quella delle prove in bianco (piante non inoculate). Tuttavia, poiché la sola incisione provocava un aumento dell'alcaloide, se ne concludeva che l'effetto dell'acido ftalico era di farne diminuire la produzione.

I risultati di queste ricerche furono raccolti in un fascicolo pubblicato nella collana "Attualità Scientifiche" edito da Zanichelli [11]. All'inizio di questo testo si legge:

Le piante peraltro non producono solo le anzidette sostanze fondamentali della vita organica, cioè le materie proteiche, gli zuccheri semplici e composti, i grassi, le lecitine e altre ancora, ma inoltre tutta una serie di composti che sembrano essere accessori e che gli animali non contengono affatto. Si può però chiedere a che cosa servano queste sostanze, chiamate appunto accessorie, quali i glucosidi, gli alcaloidi, i tannini, le resine e tante altre.

Gli autori giungono alla conclusione che gli alcaloidi prodotti dalle piante non sono sostanze di scarto ma eserciterebbero una funzione molto simile a quella degli ormoni negli animali. Il testo termina con queste frasi:

La conclusione a cui si può arrivare in base a quanto sappiamo per ora, è che le piante fanno una chimica che corrisponde a quella che pratichiamo noi nei laboratori; la fanno con mezzi infinitamente più semplici dei nostri,

ma con intendimenti simili ai nostri. E se in esse l'organizzazione non è così differenziata come negli animali, suppliscono a tutto ciò con un chimismo assai perfetto; la coscienza delle piante è una coscienza chimica. [11].

Infine, si vuole ricordare che per la preparazione di farmaci semisintetici, si rende necessario avere a disposizione quantitativi adeguati di metaboliti vegetali. Poiché la loro sintesi è particolarmente complessa e costosa si ricorre a trattamenti biotecnologici che 'obbligano' le piante a produrre una maggior quantità di metaboliti. Possiamo affermare che Ciamician, attraverso i suoi esperimenti, può essere considerato un precursore delle biotecnologie. La definizione di biotecnologia (usualmente al plurale, "biotecnologie") stesa dalla Convenzione sulla Diversità Biologica delle Nazioni Unite, è infatti la seguente:

La biotecnologia è l'applicazione tecnologica che si serve dei sistemi biologici, degli organismi viventi o di derivati di questi per produrre o modificare prodotti o processi per un fine specifico.

Parte delle biotecnologie vegetali si occupa, come già detto, di favorire la produzione di specifici composti nelle piante continuando così nella strada percorsa da Giacomo Ciamician.

6. Un esempio di caratterizzazione strutturale: l'acido sedanonico

Questa ricerca, effettuata in collaborazione con P. Silber, aveva lo scopo di individuare e caratterizzare i principi "aromatici" della pianta del sedano (*Apium graveolens* L.) [3, 2]. Qui ci limiteremo a illustrare la caratterizzazione strutturale di uno dei composti isolati: l'acido sedanonico.

L'identificazione di un composto è il frutto di un'accurata e attenta valutazione di una serie di informazioni che tutte insieme concorrono a caratterizzare e a definire una particolare struttura. Si parte dai dati più evidenti per poi arrivare ad acquisire informazioni più specifiche attraverso opportuni procedimenti analitici, con determinazioni strumentali in condizioni rigorosamente controllate. Ciamician e Silber non possedevano però i metodi strumentali che invece oggi sono a disposizione per caratterizzare un composto.

Essi trattarono inizialmente il residuo della distillazione dei semi di sedano (“prodotto greggio”) per lungo tempo con potassa al 2,5%, poi la parte indisciolta fu prima estratta con etere e poi nuovamente trattata con potassa. Dopo questo secondo trattamento si separarono con etere due componenti: un liquido acquoso alcalino e un liquido oleoso.

Il liquido oleoso rappresentava la componente del “prodotto greggio” insolubile negli alcali a freddo, ma effettuando lo stesso trattamento a caldo, si allontanavano sostanze di natura terpenica e si otteneva un liquido acquoso contenente sali potassici di due acidi, l’acido sedanolico e l’acido sedanonico.

Il passo successivo fu la separazione dell’acido sedanolico e della sedanolide dall’acido sedanonico per acidificazione. Trattando il liquido alcalino con acido solforico diluito, si otteneva un precipitato oleoso con forte odore di sedano. Le due parti venivano poi separate attraverso estrazione con etere. Dopo, attraverso l’analisi elementare quantitativa (Liebig e Dumas), la misura del punto di fusione, e la determinazione del peso molecolare eseguita col metodo dell’abbassamento crioscopico (apparecchio di Beckmann), le titolazioni acido-base e i saggi chimici di riconoscimento degli OH alcoolici e dei gruppi chetonici, fu possibile risalire alle formule brute e alla natura chimica dei due composti chiamati rispettivamente acido sedanolico e acido sedanonico. Riportiamo direttamente dall’articolo originale [2]:

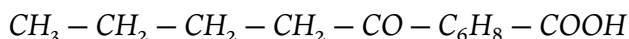
[L’acido sedanolico $C_{12}H_{20}O_3$] è insolubile nell’acqua, nell’etere e nel benzolo molto solubile; si scioglie a caldo nell’etere petrolio e si deposita da esso per raffreddamento in aghetti. Si trasforma spontaneamente in sedanolide per eliminazione di acqua, e ciò fa specialmente quando è impuro; dopo qualche tempo si trasforma in un liquido cosparso di gocce oleose. Sciolto in carbonato sodico riduce immediatamente la soluzione di permanganato al 2 per cento [...] le soluzioni acquose di acido sedanolico non sono molto stabili. Per ebollizione e concentrazione si svolge l’odore di sedano in modo marcatissimo, indicando così la formazione del lattone. La sedanolide essendo responsabile dell’odore, deve quindi trovarsi nelle parti odorose della pianta [...] [L’acido sedanonico, $C_{12}H_{18}O_3$] è insolubile nell’acqua; si scioglie facilmente nell’alcool e nell’acido acetico; poco nell’etere e nel benzolo: è poco solubile anche a caldo, nell’etere petrolio. La soluzione del suo sale ammoniacale dà un precipitato bleu chiaro coll’acetato di rame, bianco amorfo con acetato di piombo; con cloruro ferrino una colorazione rosso bruna. Con nitrato d’argento si ha un precipitato caseoso che può esser

crystallizzato dall'acqua bollente senza alterazione, quando non si prolunghi troppo il riscaldamento. La quantità di acido sedanonico che trovasi nel residuo della distillazione dei semi, ascende all'incirca al 10%. Nella parte meno volatile dell'essenza esso si trova in proporzioni eguali alla sedanolide. Il nuovo acido è un acido chetonico non saturo; come tale esso riduce la soluzione di permanganato al 2% in presenza di carbonato sodico.

Dell'acido sedanonico, Ciamician e Silber, conoscevano soltanto la formula bruta e la natura (chetoacido). Un chetoacido reagisce con idrossilammina formando l'ossima corrispondente. In seguito, l'ossima trattata con acido solforico si trasforma in un composto che ha stessa formula ma natura diversa: l'ammide (Reazione di Beckmann). L'ammide per idrolisi si scinde in un'ammina e un acido carbossilico, che nel caso dell'acido sedanonico si trattò di butilammina e un acido bibasico (di formula bruta $C_8H_{10}O_4$).



Questa reazione sarebbe stata già sufficiente per assegnare all'acido chetonico la formula:



In realtà era necessario definire la struttura dell'acido bibasico. Per identificare la natura dell'acido bibasico, trattarono il composto con una soluzione acetica anidra saturo di acido iodidrico riscaldando la miscela a 150°C. Ottennero un prodotto di addizione che, trattato poi con amalgama di sodio dava un acido dalla seguente formula:



Se il gruppo bruto C_6H_{10} rispecchiasse una struttura lineare questa dovrebbe avere un doppio legame e reagire con permanganato di potassio. Ma l'acido $C_8H_{12}O_4$ non reagiva con quest'ultimo e dunque poteva trattarsi solo di un acido saturo in forma ciclica. Dopodiché fu

facile riconoscere la sua vera natura: si trattava dell'acido esaidroftalico fumaroide di Baeyer. L'identificazione fu confermata per confronto diretto con un campione preparato e fornito da Baeyer.

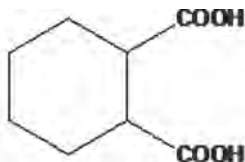


Figura 1: Acido esaidroftalico fumaroide

Una volta identificato l'acido $C_8H_{12}O_4$, fu facile capire che l'acido bibasico derivato direttamente dall'ossima, che possedeva due idrogeni in meno, non era altro che l'acido Δ^2 -tetraidroftalico, prodotto anche questo da Baeyer, e confermato mediante confronto dei punti di fusione (punto di fusione del derivato dell'ossima 207° , il composto sintetizzato da Baeyer 217°):

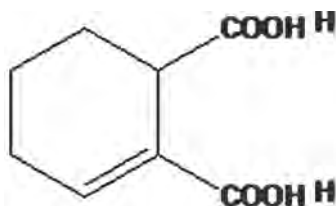
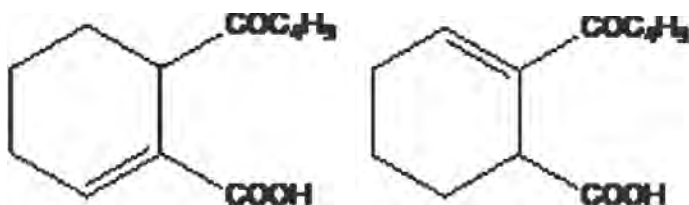


Figura 2: acido Δ^2 -tetraidroftalico

Dopodiché occorre definire la posizione del doppio legame. Le possibilità erano due:

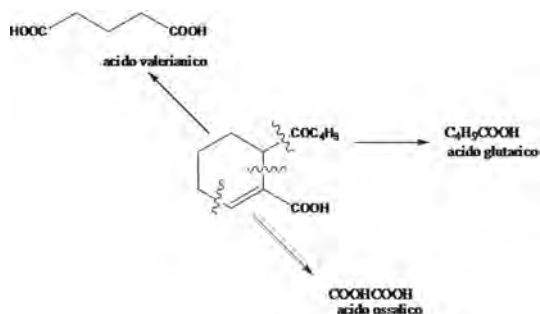


(a) I composto

(b) II composto

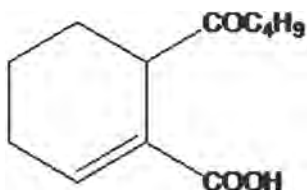
La determinazione di quale dei due composti fosse l'acido sedano-nico, derivava dai prodotti che si formavano in seguito alla scissione

ossidativa con permanganato. Operando a freddo con la soluzione al 2% di KMnO_4 sull'acido sciolto in carbonato sodico, si ottenevano in quantità equimolari i seguenti prodotti: acido valerianico, acido glutarico e acido ossalico:



Questa scissione era possibile con entrambi i composti sopra citati, ma trovava maggior riscontro se ad esser trattato con permanganato fosse il primo composto.

Ciamician e Silber giunsero alla conclusione che quello che loro chiamarono acido sedanonico era l'acido ortovaleril- Δ^2 -tetra-idrobenzoico:



L'eccezionalità di questo metodo di caratterizzazione strutturale risiede nel fatto che è stata ottenuta solo tramite reazioni chimiche, mentre oggi questo lavoro è facilitato dalla numerosa strumentazione chimico-fisica che un chimico organico sintetico ha a sua disposizione (spettroscopie UV-vis, ir, NMR, GS-MS, HPLC-DAD ecc.).

7. Brevi note biografiche

7.1. Giacomo Ciamician

- a) Lo scienziato. Nacque a Trieste il 27 agosto 1857 da famiglia di origine armena. Dal 1874 frequentò corsi scientifici all'Università e al Politecnico di Vienna. Nel 1880 conseguì la laurea in Scienze Naturali presso l'Università di Gissen e andò a Roma come assistente di S. Cannizzaro. I suoi lavori sul pirrolo gli meritavano, nel 1887, la cattedra di Chimica Generale a Padova e il premio reale dell'Accademia dei Lincei. Nel 1889 passò alla stessa cattedra presso l'Università di Bologna, dove rimase fino alla sua morte (1922). A Bologna tenne anche il corso di chimica organica e progettò, insieme all'architetto E. Collamarini, il nuovo Istituto Chimico, che oggi porta il suo nome. Tra le ricerche di maggiore interesse quelle sul pirrolo e derivati, quelle sulla fotochimica per le quali è stato definito "profeta dell'energia solare" (nel 1912 tenne una brillante conferenza al Congresso Internazionale di Chimica Applicata tenutosi a New York: *The Photochemistry of the future*).

Nel campo della chimica fisica è da ricordare anche la sua intuizione dell'associazione degli ioni di un elettrolita in soluzione con le molecole del solvente. [12].

- b) L'uomo pubblico. Nel 1910 fu nominato senatore del Regno. Il suo orientamento politico liberale, laico e moderato, fu funzionale alla costituzione di uno Stato moderno. Come il suo maestro Cannizzaro fu precursore delle moderne figure di manager didattico e della ricerca. Per Ciamician la carriera politica non fu il "fine" bensì lo "strumento", i suoi principali interventi furono: in favore del "fosforo rosso", sull'istruzione e sull'autonomia amministrativa dell'università. Nel 1914 venne eletto a Bologna Consigliere Comunale. I suoi interventi riguardarono: la pulizia delle strade e l'efficienza dei servizi comunali e l'istituzione della Scuola Superiore di Chimica Industriale. Secondo Ciamician la Scuola doveva essere retta da uno spirito laico e non essere monopolio di alcun partito [15].

7.2. *Ciro Ravenna*

Nacque a Ferrara nel 1978. Dal 1909 in avanti collaborò con Ciamician alle sue ricerche sulla chimica delle piante. Dopo la scomparsa di Ciamician, vinse nel 1923 il concorso alla cattedra di Chimica Agraria di Pisa, dove continuò i suoi studi sulla formazione e sul significato biologico degli alcaloidi e fece le prime esperienze di concimazione carbonica. Scrisse un libro sulla chimica vegetale, pedologica e bromatologica che divenne molto noto e diffuso. Fu direttore della scuola Agraria Pisana dal 1924 e nel 1935, quando questa fu trasformata in Facoltà di Agraria, divenne Preside della Facoltà. Nel 1938 fu espulso dall'Università in seguito alle vergognose leggi razziali fasciste. In seguito si guadagnò da vivere con i proventi di lezioni private e dando un contributo fattivo alla scuola ebraica di Ferrara. Contribuì anche alle attività del Corso Universitario di Chimica istituito dalla comunità ebraica in via Eupili a Milano. Durante la Repubblica di Salò, Ravenna fu arrestato a Ferrara da italiani repubblicani nel 1943 e deportato nel campo di concentramento di Fossoli, poi trasferito dai tedeschi a Auschwitz il 22 febbraio 1944, dove fu assassinato il 26 febbraio 1944 [13,14]. Anche Primo Levi era in quel convoglio del 22.02.1944 con destinazione Auschwitz. Questi erano i tempi, questi erano gli uomini, queste le atrocità [15].

7.3. *Paul Silber*

Nacque a Stargard (Germania) nel 1851. Collaborò con Ciamician per circa 35 anni all'isolamento e caratterizzazione strutturale di sostanze di origine naturale. Silber aveva conseguito il dottorato a Friburgo con una tesi sulla sintesi dell'acido dietilglicolico. Fu assistente di Erlenmeyer poi s'impiegò in una fabbrica di coloranti. Venne in Italia nel 1881 insieme a Ciamician, per lavorare con Cannizzaro, poi lo seguì nei suoi spostamenti di cattedra. Il sodalizio ebbe termine allo scoppio della Prima Guerra Mondiale, quando Silber preferì tornare in Germania. Finita la guerra, Silber rientrò in Italia e assunse la direzione dell'Istituto Neoterapico Italiano. Morì a Bologna nel 1932 [16].

Bibliografia

- [1] CERVELLATI R., GRECO E., DALL'ACQUA S., INNOCENTI G., 2011. *Piante spontanee e coltivate: c'è differenza? Uno studio di caso su Limonium Narbonense* Mill., *Natural* 1, XI (105) pp. 68–76.
- [2] CIAMICIAN, G., SILBER, P., 1897. *Sui principii aromatici dell'essenza di sedano*, *Gazz. Chim. Ital.*, XVIII, pp. 438–480.
- [3] —, 1898. *Sui principii aromatici dell'essenza di sedano*, *Gazz. Chim. Ital.*, XVII, pp. 375–391.
- [4] CIAMICIAN G., 1908. *La Chimica Organica negli Organismi*, *Attualità Scientifiche*, n. II, Nicola Zanichelli, Bologna.
- [5] CIAMICIAN G., RAVENNA C., 1909. *Sulla formazione dei glucosidi per mezzo delle piante*, *Rend. R. Acc. Lincei*, vol. XVIII, serie 5°, fasc. 12°, pp. 594–596.
- [6] —, 1911. *Ricerche sulla genesi degli alcaloidi nelle piante*, *Rend. R. Acc. Lincei*, vol. XX, serie 5°, pp. 614–624.
- [7] —, 1911. *Sul contegno dell'alcool benzilico nelle piante*, *Rend. R. Acc. Lincei*, vol. XX, serie 5°, pp. 392–394.
- [8] —, 1911. *Sul contegno di alcune sostanze organiche nei vegetali*, *Rend. Acc. Scienze Ist. Bologna*, IV memoria, pp. 47–52.
- [9] —, 1912. *Sul contegno di alcune sostanze organiche nei vegetali*, *Rend. Acc. Scienze Ist. Bologna*, V memoria, pp. 71–76.
- [10] —, 1913. *Sul contegno di alcune sostanze organiche nei vegetali*, *Rend. Acc. Scienze Ist. Bologna*, VI memoria, pp. 143–153.
- [11] —, 1921. *Sul significato biologico degli alcaloidi nelle piante*, *Attualità scientifiche*, n. 28, Nicola Zanichelli, Bologna.
- [12] GAUDIANO, A., 1975. *Ciamician, Giacomo*, *Scienziati e Tecnologi. Dalle origini al 1875*, Vol. I, A. Mondadori Editore, Milano, pp. 310–311.
- [13] NEBBIA, G., 2007. *Gli allievi di Ciamician*, in *Ciamician, Profeta dell'energia solare*, VENTURI M. (a cura di), Fondazione Eni Enrico Mattei, Bologna, pp. 51–64.
- [14] ROSINI, G., 2007. *Ciamician e la chimica delle piante*, in *Ciamician, Profeta dell'energia solare*, VENTURI M. (a cura di), Fondazione Eni Enrico Mattei, Bologna, pp. 83–98.
- [15] TACCONI, D., GIUNTA M., 2007. *Ciamician uomo pubblico*, in *Convegno storico-scientifico in occasione del 150° dalla nascita (presentazione PowerPoint, <http://www.gses.it/pionieri/ciamician-uomopubblico.pdf>)*.

- [16] TADDIA, M., 2007. *Ciamician, un chimico di vario sapere*, in *Ciamician, Profeta dell'energia solare*, VENTURI M. (a cura di), Fondazione Eni Enrico Mattei, Bologna, pp. 7–32.



Ringraziamenti

RINALDO CERVELLATI, VALENTINA SAIOLA, EMANUELA GRECO

Gli autori desiderano ringraziare: il Dott. Gustavo Filippucci, responsabile tecnico e la Dott. Maria Francesca Muccinelli, della Biblioteca del Dipartimento di Chimica “G. Ciamician” per la grande disponibilità dimostrata durante la ricerca del materiale e i Proff. Goffredo Rosini e Gianluca Nasini i testi delle cui conferenze pubblicate sugli Atti del Convegno storico–scientifico in occasione del 150^o anniversario della nascita di Giacomo Ciamician (settembre 2007) hanno ispirato la presente ricerca.

Rinaldo Cervellati, Valentina Saiola, Emanuela Greco

Dipartimento di Chimica “G. Ciamician”

Università degli Studi di Bologna

rinaldo.cervellati@unibo.it