



ANNIBALE MOTTANA
ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL
ANNIBALEMOTTANA86@GMAIL.COM

SEPARAZIONE CHIMICA E TITOLO DELL'ORO NELL'EUROPA PREMODERNA

Con l'abolizione degli accordi di Bretton Woods (1971) finiva il conio di valuta in oro. Non finiva però la necessità di conoscerne il titolo in un manufatto e di separare l'oro dagli altri metalli. I metodi ora in uso sono un affinamento di quelli alchemici del Quattro-Cinquecento.

Il 2 maggio 1519 moriva Leonardo da Vinci, una delle persone più curiose della storia della scienza e della tecnologia, tra i cui interessi non poteva mancare l'alchimia. Ad essa egli era fortemente contrario, perché ne conosceva i pericoli derivanti dalla tossicità di certe sostanze manipolate senza la necessaria cautela. Inoltre egli era convinto che non toccasse all'uomo cercare di ricreare i "semplici" (cioè quelli che ora chiamiamo elementi chimici), che era invece il fine degli alchimisti, ma che potesse farlo solo la natura, secondo la volontà di Dio. Per Leonardo, all'uomo è consentito solo usare i composti naturali, mischiandoli, così da ottenere o almeno accelerare la formazione di altri "composti" di varia utilità. Non esitava egli stesso a farlo. Egli scrive, infatti [1]: «... e di questo mi saran testimoni li vecchi archimisti li quali mai, o a caso o con volontaria speranza, si abbatterò a creare la minima cosa che crear si possa da essa natura, e questa tal generazione merita infinita laude, mediante la utilità delle cose da loro trovate a utilità degli uomini...».

La diffidenza di Leonardo verso gli alchimisti suoi contemporanei era dovuta anche al suo timore di finire avvelenato da sostanze come mercurio, piombo e arsenico che erano comuni nelle corti dell'epoca, dove spesso operavano i falsari. Tuttavia, la separazione dell'oro dagli altri metalli era troppo importante per non richiamare la sua attenzione, tanto più che si sentiva responsabile in quanto artista fiorentino, ossia orafo cresciuto alla scuola di Andrea del Verrocchio,

nella città garante della migliore moneta dell'epoca. Nel 1252, infatti, con la coniazione in oro del genovino a Genova [2] e del fiorino a Firenze [3], si era chiusa in Europa l'era del monometallismo monetario basato sull'argento, imposto da Carlo Magno. Nel 1284 anche Venezia conì il suo ducato (chiamato poi zecchino) [4]. Le tre monete erano state pensate con lungimiranza: il peso era, per tutte, graduato sulla lira d'argento carolingia (da una libbra si potevano coniare 96 monete dal peso di 3,5368 g) e tutte avevano lo stesso titolo, corrispondente all'oro puro: 1000‰ (nominale, in realtà era ca. 996-998‰). L'oro da conio era o polvere fluviale, come quella che Genova importava dalla Guinea, o un'altra polvere, pure alluvionale all'origine ma selezionata dal vento del deserto, come quella che Firenze importava dalla costa algerina. Venezia, invece, si riforniva nei suoi fondaci del Vicino Oriente e comprava oro in masse piuttosto impure: si trattava, spesso, di ritagli di dinar arabi o di monete bizantine e persiane il cui titolo era 917‰ o ancor meno, che dovevano essere rifiuti e raffinati. È quindi con il ducato che prese avvio la necessità di conoscere l'esatto titolo della moneta aurea trattata negli scambi. Il ducato voleva imitare il fiorino, ma fin dall'inizio gli fu inferiore nel peso (3,44 g contro 3,54 g) e anche nel titolo, essendo usata per il conio una mistura di varie provenienze, tutte commerciali, tra cui, oltre al Vicino Oriente, figurava la Transilvania. L'oro transilvano è estratto dalle miniere e non subisce il raffinamento indotto dal logoramento nelle sab-



bie di un fiume; inoltre, è inquinato da altri elementi, all'epoca ancora ignoti, come il tellurio. L'unica tecnologia nota di separazione dell'oro dall'argento era quella praticata dai Romani: una cementazione a caldo in presenza di mattone pestato, carbone e sale. Essa è riassunta da Teofilo all'inizio dell'XI secolo AD, in un trattato [5] che è considerato il manuale di oreficeria medievale per eccellenza. Allora non si usava l'amalgamazione, troppo pericolosa in una società di persone libere, e per titolare ci si basava piuttosto su proprietà fisiche esteriori come il colore dello striscio sulla pietra di paragone [6].

I metodi chimici erano poco praticati e mai ufficialmente. Erano il campo d'azione degli alchimisti, con fini e risultati che o li facevano disprezzare come falsari e negromanti, oppure ne facevano dei veri precursori. Gli alchimisti seri, infatti, scoprirono nuovi composti e impostarono reazioni che portano a risultati apprezzabili, oltre che inventare strumenti, alcuni dei quali sono tuttora in uso. I loro nomi sono spesso sconosciuti, per la loro usanza di nascondersi sotto i nomi di esperti già affermati. Di sicuro è esistito Geber (Ġābir ibn Hayyān, un persiano vissuto tra 721 e 815 AD) che inventò varie tecniche di distillazione, sublimazione e combustione usate in medicina, oltre che vari prodotti chimici. Ignoto, invece, è lo pseudo-Geber vissuto tra XIII e XIV secolo che scriveva in latino e attribuì all'alchimista persiano una scoperta fatta da lui stesso [7]: come fabbricare l'acido nitrico ("acqua forte") distillandolo da un miscuglio di "sal petrae" (2 parti), vetriolo blu (1 parte) e allume (1/4 di parte).

Questo acido, rosso se contiene più dell'86% di HNO_3 , scioglie tutti i metalli fuorché l'oro: è quindi indicato per separarlo dagli altri metalli di un misto e per determinare il titolo. Tuttavia, il suo uso in campo monetale sembra sia cominciato solo alla metà del XV secolo ed è attestato [8] a partire dal 1475: un certo Mastro Antonio, saggiaio della zecca veneziana, l'avrebbe allora usato mescolato con un altro acido ("acqua forte da partire") per saggiare il titolo dello zecchino. Uno dei motivi per cui l'uso dell'acido nitrico fu ritardato dipende dagli errori che si facevano nella sua preparazione: tipico era che si mischiassero vetriolo blu (solfato di rame pentaidrato) e vetriolo verde (solfato di ferro ferroso eptaidrato), che sono già

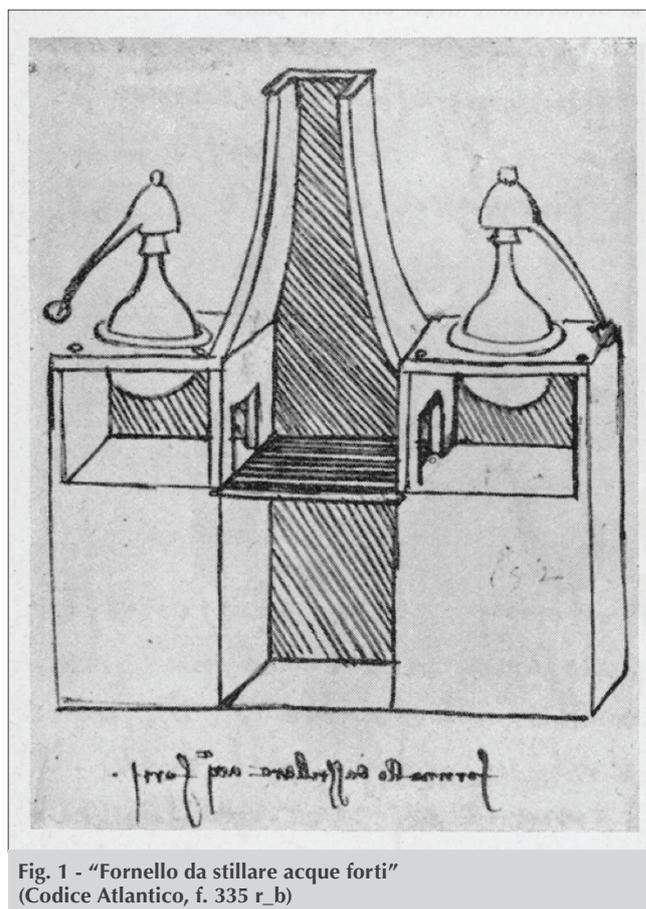


Fig. 1 - "Fornello da stillare acque forti" (Codice Atlantico, f. 335 r_b)

difficili da distinguere in masse granulari come presenti in natura e lo sono ancora di più quando sono macinati per essere distillati. Dal miscuglio impuro si otteneva, comunque, un acido forte e chiaro che però, contenendo acido solforico, scioglieva anche una frazione d'oro, oltre che tutto l'argento. Presto però si imparò anche ad aggiungere all'acqua forte una parte su quattro di un altro distillato (ottenuto dal salgemma: era acido cloridrico), rendendola "acuta" e perciò capace di sciogliere tutto ("acqua regia"). Dal liquido ottenuto si facevano precipitare i metalli uno alla volta cominciando proprio dall'oro, con l'aggiunta di un acido grasso.

Leonardo apprezzava l'alchimia buona, tanto da esaltare l'oro quale vero figlio del sole, e perciò descrive una prova pratica di separazione, eseguita da lui stesso in crogiolo ("coregiolo") usando "acque" distillate in storte di ceramica di un modello che aveva già disegnato nel 1480 ca. (Fig. 1) [9]:

“...e metti ‘n un coregiolo, coprendolo con una [...]do su le giunture, e fa un foro di sopra con uno spilletto, e dà fuoco lento di [carbone] per un’ora; di poi dallo forte, che si fonda, e gitta in verga, e batti sottilmente in acqua da partire, e vedrai l’oro in fondo e l’ariento in acqua, e la dodicesima parte, che vi mettesti, diventa oro fine; di poi separa l’acqua dall’oro e la detta acqua di[stilla] a lento fuoco, e rimaratti in boccia il resto del tuo ariente (seguono due righe depennate da una linea) el quale metti ‘n un coregiolo, e gitta in verga. E se ne volessi fare dell’altro, toglì quella prima acqua, la quale cavasti d[ell’oro] e dell’ariento e agiugni la terza parte di detta acqua, cioè di quella che non ne adopra[sti], ora torrai l’ariento, che t’avanzò da l’oro, e arrogivi tanto ariente, quanto fu l’o[ro] che tu] cavasti, e battilo sottile, come di sopra, e fa come di sopra”.

Ho voluto riportare il testo leonardesco riprodotto e trascritto da Giovanni Piumati [9] (con tra parentesi quadre alcune integrazioni di Ladislao Reti [10]), non tanto perché qui Leonardo descrive come si eseguisse un assaggio alla sua epoca, ma perché questa pagina del Codice Atlantico è datata ca. 1505-08, ossia è di poco più tarda dell’uso dell’acido nitrico nella zecca di Venezia [8]. Nella stessa pagina Leonardo fornisce due ricette per produrre l’acido:

*Acqua forte: libbre 1 di vetriolo
una di salnitro*

e una d’allume di rocca

*Acqua forte: libbre una di salnitro
una d’allume di rocca*

La prima è quella stessa ideata dallo pseudo-Geber, ma è meno precisa perché non è specificato il tipo di vetriolo. La seconda è un miscuglio che esclude il vetriolo del tutto e che si basa sulla distillazione del salnitro (nitrato di potassio) in presenza di allume di rocca (solfato di alluminio e potassio esaidrato). L’acido che ne risulta sarà forse stato un po’ meno puro, ma è più aggressivo. Alla fine, dopo varie frasi di non particolare interesse, Leonardo propone una terza ricetta:

*Acqua forte: sal armoniaco
coppo rosso per [e]qual parte
salpetra*

e così conclude: «Questa dissolve il sole.» La frase conclusiva indica che egli sapeva che con la terza ricetta, che aveva ricevuto da qualche informatore sicuramente non toscano, come indica la sostituzione del termine salnitro con “salpetra” e l’uso di “coppo

rosso”: nome romano per il minerale estratto alla Tolfa, che è alunite (solfato basico di alluminio e potassio) mista con jarosite (solfato basico di ferro ferrico e potassio e/o sodio), si otteneva un acido molto forte, capace di sciogliere anche l’oro (il sole, nella terminologia degli alchimisti). In effetti, un miscuglio in parti uguali di sale armoniaco (cloruro di ammonio) con coppo rosso e salnitro, distillato, produce un liquido rosso molto aggressivo in cui coesistono i tre acidi nitrico, prevalente, cloridrico e solforico. Era, di fatto, un’acqua regia fortemente reattiva e ossidante che, per quanto impura, era in grado di mandare in soluzione tutti i metalli.

L’enorme afflusso di oro e argento dall’America (spesso in leghe strane come il tumbaga) fece sì che, per tutto il Cinquecento, determinare il titolo dell’oro fu uno dei saggi più richiesti, mentre tra le pratiche metallurgiche si ebbe una forte ripresa dell’amalgamazione, nonostante la sua velenosità. In Messico e Perù, dove abbondava l’argento, si era sviluppato il metodo “del patio”, così chiamato perché il grezzo che conteneva l’argento, dopo essere stato finemente sminuzzato e misto a sale (2-3 libbre per quintale di grezzo), acqua e segatura, era raccolto in mucchi su un cortile lastricato (“patio”). Dopo aver mischiato e lavato il tutto, i mucchi erano spruzzati di mercurio (9-12 libbre per un mucchio di 18-30 quintali), esposti al sole per giorni sempre lavandolo, rivoltandolo e calpestandolo per mischiarlo bene: il sale bagnato rilasciava acido cloridrico che scioglieva tutti gli altri metalli facendoli assorbire dalla segatura. Per finire, si scaldava tutto al forno per evaporare il mercurio così da lasciare una spugna di solo metallo con qualche impurezza facilmente rimovibile. Il metodo era dannoso alla salute, ma gli spagnoli non se ne curavano: gli addetti erano “indios”! Un inconveniente era che, assieme all’argento, il mercurio legava l’oro, per cui era necessaria una fusione, una separazione e, infine, la determinazione del titolo, che si facevano con l’acido.

I minatori tedeschi, che alla fine del Quattrocento avevano scoperto il ricco distretto piombo-argentifero boemo-sassone, preferirono una raffinazione che usava un metodo più sicuro per la salute: l’inquartazione, che altro non è se non un perfezionamento della cementazione del Medioevo. Il minerale grezzo macinato fine era introdotto in un crogiolo in strati alterni



con un fondente costituito da 4 parti di mattone pesto, una di vetriolo e una di allume (o, in sua sostituzione di salgemma). Poi il crogiolo era scaldato per 16-18 ore a una temperatura inferiore a quella di fusione: i radicali acidi cloridrico e solforico rilasciati dalla dissociazione del fondente attaccano tutti i metalli presenti meno l'oro e l'argento. I metalli inutili, ossidati, impregnano il mattone pesto, che impedisce anche che la massa si fonda. Rimane un globulo di oro e argento. Si aggiunge argento fino in misura pari a un quarto del peso del globulo, si fonde in un crogiolo di ceramica porosa e con una coppellazione si separa tutto l'argento presente. L'oro che rimane sul fondo si pesa per determinare il titolo rispetto all'argento totale, tenendo conto di quel quarto che si era aggiunto al globulo.

L'anonimo *Probierebüchlein* [11], del 1524, ripropone un metodo medievale di fondere in crogiolo strati alterni del metallo impuro macinato e di un miscuglio di zolfo, antimonite e salgemma, con l'aggiunta di un "algol" di cui non si conosce bene la natura. In pratica, sfrutta la nota "antipatia" dell'oro per l'anione solfato che a caldo scioglie tutto il resto. Al termine, il crogiolo freddo avrà sul fondo l'oro, coperto da uno strato chiaro di argento e poi da uno di scoria (soprattutto litargirio). L'acido era noto, ma era utilizzato solo dagli orafi, per recuperare l'oro con cui era stato prima dorato un oggetto d'argento.

Una serie di metodi basati sugli acidi è invece descritta da Vannoccio Biringuccio [12], che dedica due interi libri al saggio dei metalli grezzi al fine di recuperarne tutto l'oro associato all'argento. Farlo con metodi al fuoco, come egli ha descritto prima per altri metalli come il rame, "sarebbe gran fatica"; migliore è la pratica d'usare "acque acute, effettuose, et gagliarde" che sciolgono tutto e lasciano l'oro "come arena in fondo" e ne permettono il recupero per decantazione. La "acqua acuta" o "acqua forte comune" si prepara distillando in un "lambicco" semipieno un miscuglio di una parte di salnitro e tre parti di allume della Tolfa, riempiendo lo spazio residuo di mattoni pesti oppure, meglio, di feccia di un'acqua forte già esausta. Egli propone l'uso di strumenti di vetro, per cui il riscaldamento deve essere lento e continuare fino a che dal becco dell'alambicco non esca più altro se non un vapore giallo. Il raffreddamento va fatto in fretta applicando stracci bagnati. L'intera procedura è quantitativa



Fig. 2 - Procedure di separazione dei grezzi minerari per separare oro da argento (Biringuccio 1550 f. 70 r)

perché ha una fase di pesata e può avere uno sviluppo semi-industriale (Fig. 2). Biringuccio, inoltre, afferma di conoscere un secondo e migliore metodo per separare l'oro dall'argento [12]: è la solita cementazione in crogiolo usando antimonite e zolfo, oppure borace, con ripetuti passaggi di macinazione e inquartamento fino a ottenere oro "a l'ultima sua finezza".

Giorgio Agricola [13] ripete, in una forma più elegante, le procedure di Biringuccio, ma le sviluppa fino a scala industriale. Il modo migliore di separare l'oro dall'argento è, per lui, la "aqua valens", ossia acido nitrico diluito ottenuto distillando vetriolo, allume e salnitro in varie proporzioni: tutto il metallo poi è disciolto in un crogiolo per cementazione e l'oro che rimane sul fondo si pesa per determinare la resa (Fig. 3). Agricola non dimentica il saggio allo striscio sulla pietra di paragone [6], anzi allega alla sua descrizione l'immagine di una serie di aghi da titolazione calibrata in ventiquattresimi.

Giovan Battista Della Porta, che riassume le conoscenze del suo tempo e descrive in dettaglio i diversi processi di distillazione [14], descrive due metodi, entrambi a caldo: uno per fusione del metallo in antimonite e successiva precipitazione dell'oro, che è fatto aderire a un grasso animale, e un altro sciogliendo la massa in acido solforico ottenuto distillando aceto e zolfo e facendo poi precipitare l'oro in feccia d'uva. In conclusione: nell'Europa del Rinascimento erano noti vari metodi di separazione dell'oro dall'argento e da altri metalli minori, con prevalenza dei due metodi metallurgici tradizionali di cementazione e inquartazione, non dannosi alla salute come l'amalgamazione, che si usava solo in colonia. Si conoscevano anche metodi chimici basati su acidi ancora impuri ed

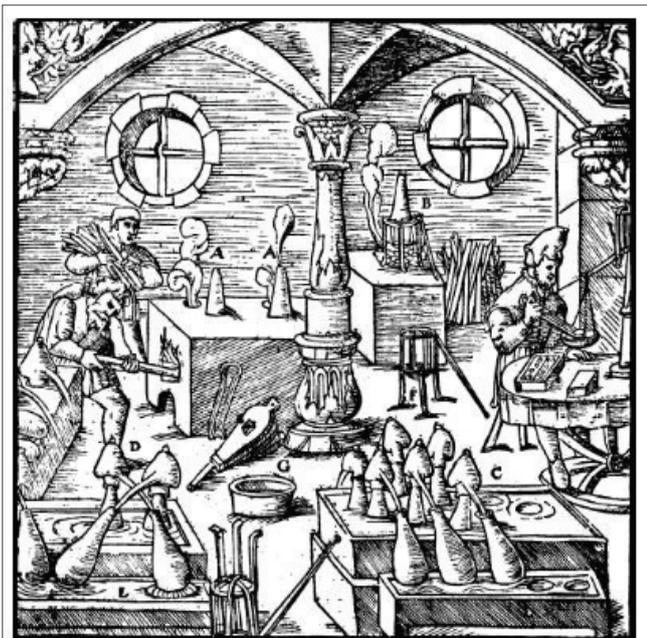


Fig. 3 - Sequenza delle operazioni per separare oro da argento (Agricola 1556 p. 360)

essi stavano già assumendo un ruolo notevole. Questi metodi discendevano da pratiche alchemiche e prevedevano lo scioglimento preliminare del metallo impuro in un bagno di acidi. Il fine ultimo era ottenere oro e argento puri per farne monete affidabili.

Ciò che il mondo attuale ha abbandonato è proprio l'oro monetale: la sua diffusione era già stata limitata nel 1933, ma è stata dismessa del tutto nel 1971, quando gli Stati Uniti, lasciato il "gold standard", furono i loro dollari e costrinsero i Paesi che aderirono all'accordo di Bretton Woods a depositare a Fort Knox tutto il loro oro monetato, dove lo conservano solo come barre e lingotti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Leonardo da Vinci, Scritti scelti (a cura di A. M. Brizio), UTET, Torino, 1966² [1953], pp. 495-497.
- [2] G. Pesce, G. Felloni, Le monete genovesi. Storia, arte ed economia delle monete di Genova dal 1139 al 1814, Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, Genova, 1975.
- [3] M. Bernocchi, Le monete della repubblica fiorentina, Olschki, Firenze, 1976.
- [4] A. Zorzi, Il denaro di Venezia - Mercati e monete della Serenissima, Biblios, Cittadella, 2012.

- [5] Teofilo monaco, Le varie arti - De diversis artibus. Manuale di tecnica artistica medievale (a cura di A. Caffaro), Palladio, Salerno, 2000, pp. 348-351.
- [6] W.A. Oddy, *Endeavour*, 1986, **10**, 164.
- [7] Alchimia. I testi della tradizione occidentale (con un saggio introduttivo di M. Pereira), Mondadori, Milano, 2006, pp. 470-498.
- [8] G. Carbonelli, Sulle fonti storiche della chimica e dell'alchimia in Italia, Istituto Nazionale Medico Farmacologico, Roma, 1925, p. 152.
- [9] Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci nella Biblioteca Ambrosiana di Milano, trascrizione diplomatica e critica di G. Piumati, Hoepli, Milano, 1894, f. 244_v_b.
- [10] L. Reti, *Isis*, 1965, **56**, 307.
- [11] Bergwerk-und Probierebüchlein. A translation from German, by A.G. Sisco and C.S. Smith, American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, New York, 1949.
- [12] V. Biringuccio, De la Pirotechnia. Libri X, Navò, Venezia, 1540, ff. 63v-73v.
- [13] G. Agricola, De re metallica libri XII, Froben, Basileae, 1556, pp. 354-392.
- [14] G.B. Della Porta, Magiae naturalis libri XX, Salvianum, Neapoli, 1589, p. 115.

Gold Chemical Parting and Fineness Assay in Pre-Modern Europe

From 1252 to 1971 gold was the reference metal for money coining and value. Thus, a number of assay methods have developed to test its fineness. Most of them derive from alchemical practices conceived during the middle Ages and Renaissance. We review several of them, starting from Theophylus (12th century), through Leonardo da Vinci, up to the full Renaissance methods suggested by the anonymous author of Probierebüchlein, Biringuccio, Agricola and Della Porta (16th century). It is noteworthy that, although declaring his scorn for alchemy, Leonardo favoured the nitric acid test and described three recipes on how to produce it that differ from the earliest one by the pseudo-Geber (14th century).