Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali
137° (2019), Vol. XLIII, Parte II, Tomo II, pp. 139-154

ANNIBALE MOTTANA*

Leonardo possibile falsario: abbellimento e ingrossamento delle perle per reazione chimica e trattamento fisico

Abstract – A recipe for dissolving many greyish river pearls with diluted citric acid and reconstructing a single, white pearl by amalgamating the resulting powder with ovalbumin proposed by Leonardo is described. After the chemical treatment he uses a lathe or a burnisher as tools to glaze the round bead. In comparison with similar recipes Leonardo's one is simpler and much less dependent on the biological functions of courtyard birds.

Keywords: artificial pearl; citric acid; ovalbumin; polishing; burnishing.

Riassunto – In una ricetta del Codice Atlantico Leonardo propone un procedimento per trasformare numerose perle minute di poco valore in una perla unica, bianca, di notevoli dimensioni. Il procedimento è a due stadi: 1) chimico – sciogliere le piccole perle con sugo di limone e modellarne una sola tonda impastando la polvere residua con bianco d'uovo ben sbattuto; 2) meccanico – arrotondare la sfera artificiale con un tornio o con un brunitoio, rendendola anche lucida e brillante. Il confronto con altre ricette dell'epoca dimostra che la ricetta di Leonardo è molto più semplice e pulita perché non dipende dalle funzioni di uccelli da cortile.

Parole chiave: perla artificiale; acido citrico; albume sbattuto; levigatura; lucidatura.

Leonardo da Vinci non apprezzava l'alchimia, intesa come arte mistificatrice della materia naturale. Detestava, soprattutto, la pretesa di ricreare l'oro da altri metalli nell'assunto che tutti essi avessero una «*comune semenza, non si ricordando che la natura varia le semenze naturali secondo le diversità delle cose che essa vuole produrre al mondo*» (CA f. 207v ex f. 76v.a); respingeva, così, l'interpretazione che

[1] Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Via Lazzaro Spallanzani 7, 00162 Roma. E.mail: annibalemottana86@gmail.com

tutta la materia derivasse da miscugli in diverse proporzioni di mercurio (o argento vivo: la presunta la «*comune semenza*») e zolfo. Ciò non impediva, però, a una mente brillante e curiosa come la sua, non solo di sperimentare cosa avvenisse se faceva interagire diverse materie naturali tra loro nell'aspettativa di creare «*infiniti composti*» (WRL Anatomia B f. 28v), ma anche di cercare di comprendere ciò che si verifichi ai livelli più piccoli, quando scindeva materiali d'ogni tipo per riscaldamento, combustione, distillazione e altro. Per eseguire questi esperimenti, Leonardo non esitava a utilizzare strumenti già inventati dagli alchimisti, a migliorarli tramite ingegnose soluzioni tecniche e, in generale, a usare tutti gli utensili presenti nei laboratori dei metallurgi e degli orefici. Così operando, non gli appariva più rischioso di porsi problemi sul comportamento in grande dei quattro elementi costitutivi della sostanza sublunare (fuoco, aria, acqua, terra) che la filosofia di Aristotele, fatta propria dalla Scolastica, gli imponeva di credere e che la filosofia araba tendeva a modificare. Secondo la dottrina scolastica, ogni elemento ha una sua azione globale: l'acqua, per esempio, col suo scorrere da sorgente a ruscello e a fiume, modifica la Terra in quanto territorio, cercando di smussarne le asperità (monti e valli)[2]. La sperimentazione indicava a Leonardo che ogni elemento ha anche una sua azione su piccola scala, o in se stesso o interagendo con uno o più degli altri tre. Questo aspetto della questione appariva secondario ai filosofi magniloquenti e ai teologi e proprio perciò su questo trascurato aspetto del comportamento elementare facevano esperimenti e sortilegi gli alchimisti.

Su questo aspetto si indirizza anche la curiosità di Leonardo. L'interazione su piccola scala tra i diversi elementi era, per lui, una «*alchimia buona*» e perciò non esitò a utilizzare ricette e procedure alchemiche per chiarirsi come ciò avvenisse, ossia per cercare e usare trattamenti che indicassero la costituzione elementare e le proprietà intrinseche dei materiali naturali grezzi così da renderli più utili agli usi umani. Studiò, per esempio, tramite esperimenti di distillazione, se davvero l'acqua attraverso il fuoco si trasformi in aria e poi esca dal becco dell'alambicco condensandosi in un'acqua diversa, arricchita di un qualcosa che la rendeva migliore, anche interagendo con una materia solida che era stata introdotta con lei nella boccia dello strumento poi riscaldata. Cercava, inoltre, di estrarre acqua da vegetali e da miscugli di minerali bagnati, così che ne venisse fuori un liquido utile. Per questo motivo aveva escogitato strumenti come il distillatore refrigerato ad acqua in flusso continuo (CA f. 989 ex f. 357r.c) e sviluppato congegni quali spiedi che girano da soli perché il fuoco di cottura spinge l'aria, scaldata, contro una ventola introdotta nel vano del camino (C. f. 21 ex f. 5v.a).

[2] Già qui c'era un primo problema su cui riflettere: quanto alla lunga? Leonardo era molto in dubbio sui 6000 anni previsti dalla cronologia biblica: fin da giovanissimo si era accorto dei tempi lunghi con cui l'Arno aveva riempito (e stava ancora riempiendo) la piana di Fucecchio dopo aver superato la stretta della Gonfolina ([15] pp. 114-120).

Questa disponibilità di Leonardo a fare uso dell'alchimia medievale fino a trasformarla in una proto-chimica è stata messa in luce per primo da Ladislao Reti[3] [20, 21, 22], ma non destò l'attenzione se non di rari altri studiosi [3, 10]. Solo recentemente è stata documentata in modo esauriente, anche per quel che riguarda l'invenzione di nuovi strumenti, soprattutto meccanici, da Andrea Bernardoni [1] e solo di sfuggita io ne ho toccato un aspetto chimico marginale (quello del saggio per il titolo dell'oro con acidi forti [16]).

Il modo di operare di Leonardo, di tenere tutto segreto fino a quando non valeva la pena di rivelarlo a un pubblico culturalmente impreparato e interessato solo a un risultato appariscente, si inseriva molto bene nel modo di fare della signoria sforzesca, megalomane e a prima vista molto ricca, ma in realtà piena di debiti provocati dalla necessità di difendersi dai vicini. L'imbroglio e la truffa non erano visti affatto male a Milano, purché rendessero agli operatori e, tramite loro, alla signoria attraverso tasse e dazi che ne rimpinguavano le casse tendenzialmente vuote. Gli «alchimisti», che promettevano di incrementare i proventi trasformando in oro ogni materia, erano tra i personaggi più corteggiati dai signori. Tra i potenziali truffatori, infine, c'erano i falsari di pietre preziose, memori dell'affermazione di Plinio che «non esiste nessuna frode che renda di più a chi la pratica»[4]. Non solo essi restavano impuniti dall'autorità, ma erano visti come abili operatori commerciali degni di essere riconosciuti come una regolare corporazione ossia allo stesso livello delle associazioni artigiane tradizionalmente presenti nelle città medievali. Nel 1468 a Milano si formò, con regolari lettere patenti dell'autorità ducale, la Corporazione degli Orefici, che coi suoi raffinati prodotti portò la città a fama europea per oltre un secolo [25]. Era in questo contesto, tipicamente commerciale ma alquanto spregiudicato, che si trovò a operare Leonardo.

1. Potrei scrivere molto su quanto Leonardo fece come esperto di pietre preziose, ma intendo qui limitarmi a esaminare il procedimento che egli ideò per valorizzare le piccole perle grigiastre e mal formate che erano trovate nelle conchiglie raccolte nei corsi d'acqua europei[5] e da molte di esse crearne una sola di notevoli dimensioni, bianca e bella per forma, lustro e valore, analoga alle perle portante dall'Oriente dai mercanti o giunte nelle mani dei suoi contemporanei attraverso le

[3] Il testo di questo autore, apparso in due riprese su una rivista tecnica di limitata diffusione e perciò quasi inavvicinabile per gli studiosi di Leonardo che ne privilegiano l'artista rispetto allo scienziato, è stato giudicato da un'esperta letterata come Anna Maria Brizio «il saggio più nuovo e saliente per argomenti e risultati» apparso nel quindicennio tra il 1952 e il 1968 [4 p. 110].

[4] «*neque enim est ulla fraus vitae lucrosior*» (Plinio, Storia Naturale 37.197).

[5] Attualmente le conchiglie perlifere d'acqua dolce (*Margaritifera margaritifera L.*) sono praticamente scomparse nei fiumi inquinati della Padania e nelle risorgive, anche perché sono state oggetto di raccolta indiscriminata, benché la specie sia protetta. Esse sono ancora presenti nei corsi d'acqua europei più freddi a Nord delle Alpi, ma anche qui sono diventate piuttosto rare pur se si tratta di una specie protetta dalla maggior parte delle leggi ambientali [12, 18].

misteriose vie dell'eredità tardo-romana. A rigore, il procedimento fece di Leonardo un falsario, ma è giustificabile, con la sua curiosità scientifica anzitutto, e poi perché non pare che l'abbia diffuso.

Il procedimento è descritto nel Codice Atlantico (CA f. 304v ex 109v.b) e non era sfuggito a Reti ([21] pp. 734-735). Egli lo valutava «*interessante*», pur se non riguardava strettamente gli altri procedimenti alchimici di Leonardo che nei due saggi che stava scrivendo [20, 21], tutti legati in qualche modo alla nascente chimica. Il brano di Leonardo sulle perle occupa solo la sezione inferiore del foglio sopraccitato, ben al di sotto del numero 148 che ne rappresenta la numerazione antica[6]. Esso fa parte di un testo molto più lungo, con un primo brano scritto in carattere grande e poi un secondo più piccolo, quasi che sia un completamento reso necessario da una riflessione più tarda sull'argomento. I due testi sono relativi alle migliori condizioni di estrazione di un liquido dal mallo delle noci per ottenere un olio adatto a dipingere. Dopo il testo principale, il numero 148 e l'aggiunta scritta in carattere minore, si ha – finalmente – un titolo: «*Affonder perle*»[7]. Questo titolo, sebbene centrato nel foglio, non mette in alcuna evidenza il testo sulle perle perché è scritto in piccolo come il brano che lo precede: è probabilmente anch'esso un'aggiunta posteriore, resasi necessaria per staccare il testo relativo all'olio di noci da ciò che segue, ossia della crescita delle perle. Il testo della ricetta, invece, è scritto in un carattere grande e ornato come quello iniziale del foglio, in due capoversi di cinque righe leggermente distanziati tra loro. Ad esso si sovrappone in parte una macchia d'umidità, che però non ne ostacola la lettura.

Secondo Augusto Marinoni ([14] vol. 5 p. 226):

> «la carta appartiene a quelle più antiche di Leonardo e contiene qualche traccia di usi ortografici propri di quel periodo, come *x* per *s* (*poxare*). Il nesso *di* ha in questa pagina una forma meno sintetica che nelle carte posteriori. Si può aggiungere che, mentre la grafia è molto curata ed elegante, l'ortografia si rivela incerta e talvolta errata».

Marinoni, quindi, non si pronuncia su quando il foglio fu scritto, anche se lo ritiene precoce, ma la data si può ricavare dall'Ordine cronologico contenuto nell'appendice al Codice Atlantico che ne raccoglie gli Indici ([14] vol. 10 p. 75) a cura di Pietro C. Marani [13]: il f. 304, secondo lui, è datato 1480, quando Leonardo, già iscritto all'Arte dei pittori fin dal 1472, si trovava ancora a Firenze e aveva da poco finito il ritratto di Ginevra de' Benci, che coi metodi propri degli

[6] Per Marinoni [14] questi numeri potrebbero essere di mano di Leonardo, ma i più ritengono che essi siano stati scritti da Francesco Melzi, cui Leonardo lasciò in eredità il prezioso materiale cartaceo che poi servì a Pompeo Leoni a confezionare ben tre codici indipendenti.

[7] Ho riportato qui la lettura diplomatica: quella tardo Ottocentesca (1894-1904) di Giovanni Piumati [19] che è quella seguita da Reti. Nella redazione dell'intero brano, che seguirà tra breve, Marinoni ([14] vol. 5 p. 227) scioglie la legatura fonetica, tipica degli scritti giovanili di Leonardo influenzati dalla sua parlata fiorentina, in: «*A fonder perle*».

storici dell'arte è stato datato *ca*. 1474/78[8]. Questo splendido busto di donna non mostra nessuna gemma né perla, forse perché Leonardo non fu soddisfatto dai suoi primi esperimenti alchemici oppure perché la perla che la donna portava non gli parve degna di essere dipinta[9]? Nessuno ha investigato questa strana assenza in un dipinto di una dama di qualità che sicuramente possedeva numerose perle e gemme per il solo fatto di essersi sposata da poco e, di conseguenza, averle avute in dote. Per me, l'assenza di ogni decorazione dovrebbe essere un indizio utile alla datazione del ritratto, che fu dipinto in uno dei ripetuti periodi in cui, per una qualche ragione, la Signoria fiorentina cercava di applicare (solo per un po'!) le sue leggi suntuarie, emanate contro l'esibizione del lusso.

Il procedimento descritto nel f. 304v (ex f. 109v.b) è il seguente:

> «Se tu volessi fare pasta di perle minute abbi del sugo de' limoni e mettivele in molle e in una notte fieno disfatte. E posate ch'elle sono, e tu getta via quel sugo e mettivene del nuovo, e cos"ì" fa dua o 3 volte in modo che la pasta sia sottilissima. Di poi lava detta pasta con acqua chiara tante volte, ch'ella lasci tutto el sugo de' limoni. Fatto che hai questo, lascia seccare la detta pasta, in modo ch'ella torni polvere. Di poi abbi chiara d'uovo ben dibattuta e lascia posare. E con questa lascia mollificare detta polvere, in modo torni come pasta; e di questa farai perle grosse come vorrai e lascerale seccare. Di poi le metti in un tornio piccolo e quivi le brunisci, o vuoi con un dente, o vuoi con un brunitoio di cristallo o di calcidonio. E bruniscile in modo ritorni loro il lustro come prima. E credo che la madreperla per disfare sia quel medesimo che le perle».

In sostanza, che cosa proponeva Leonardo? Sciogliere un pugnetto di perle piccole, bruttine e grigiastre, fino a ridurle in polvere e poi ricostruire, tramite l'aggiunta di bianco d'uovo sbattuto a questa polvere, un grumo sferico reso duro seccandolo e lucido con una brunitura al tornio. Eseguiva, così, due operazioni successive: 1) una chimica – dissoluzione delle perle piccole e realizzazione tramite un legante organico di una perla grossa, bianca perché depurata dalle impurezze contenute nelle piccole; e 2) una meccanica – levigatura di fino (lucidatura) di questa perla bianca con una punta o di un osso molto duro o di un materiale siliceo ancor più duro[10], fino a ripristinare il caratteristico lustro «perlaceo» della perla

[8] Questo ritratto, acquistato dalla Galleria Nazionale di Washington nel 1967, proviene dalla Collezione del Principe di Liechtenstein, dove figurava dal 1733 (e forse già dal 1712). Sull'autografia si è scritto molto, non solo al momento dell'acquisto [28], ma anche per un ulteriore quarto di secolo [5], fino a raggiungere il pieno consenso.

[9] Le perle naturali sono iridescenti e quelle artificiali no: ciò può rappresentare un problema insolubile per un pittore, come Leonardo, che vuole riprodurre la natura in modo rigoroso.

[10] Duro ma non troppo né troppo poco. Leonardo propone varietà microcristalline di quarzo (durezza 7 nella scala di Mohs) o poco meno (6½), ma si guarda bene di proporre l'abrasivo più comune ai tempi suoi: lo smeriglio. La durezza 9 (o 8½) di questo materiale non produrrebbe una levigatura, ma la rigatura della superficie della sfera artificiale indurita, così che il lustro non sarebbe più possibile. Quanto al dente da usare, che è indicato per primo come attrezzo lucidatore, Leonardo propone i denti canini di animali selvaggi (lupi, cinghiali, orsi), ben più massicci

naturale. Questo lustro «perlaceo», però, dipende da una molteplicità di fattori non riproducibili artificialmente: i principali sono la riflessione, la rifrazione e la diffrazione della luce, che sono diverse per ciascuno strato di crescita della perla e che, nel complesso, producono un effetto di iridescenza, tanto maggiore quanto più numerosi sono gli strati di crescita, ossia quante più stagioni ha avuto la perla per accrescersi indisturbata nella sua ostrica. L'ostrica stessa è di madreperla e pertanto è suscettibile della medesima lavorazione.

2. Per chiarire il procedimento operativo di Leonardo è opportuno conoscere come sia fatta una perla naturale, sia essa d'acqua salata o dolce. Ciò comporta un certo numero di informazioni di tipo biologico che certamente Leonardo non possedeva e che, inevitabilmente, lo portavano a un risultato finale insoddisfacente: la grossa perla bianca artificiale ottenuta assomigliava sì a una perla naturale, ma solo se vista da lontano e, soprattutto, non era iridescente.

Una perla è un corpo solido che si forma per secrezione dall'epitelio (o, più raramente dal mantello) di un mollusco bivalve: l'ostrica cerca di isolare, non potendola espellere, la causa di disturbo che si è stabilita nel suo interno. Di solito, per le perle naturali, si ritiene che causa dell'irritazione sia un granello di sabbia, ma in realtà si è raggiunta l'evidenza che le cause possono essere di ogni genere: un parassita, un pezzetto di plastica, perfino una parte dello stesso epitelio che è andata a contrarsi là dove non doveva mentre la valva superiore era aperta per permettere all'organismo bivalve di alimentarsi. La reazione allo stimolo locale consiste nella secrezione di carbonato di calcio in lamine che formano una sfera isolante e protettiva attorno all'ospite sgradito, così da permettere all'ostrica di sopravvivere, e per molti anni ancora. Non si hanno precise indicazioni su quanto a lungo possano vivere le ostriche perlifere d'acqua salata (marina), ma la secrezione più grossa mai trovata in una *Pinctada sp*. pescata circa dieci anni fa molto al largo nel mare di Palawan nelle Filippine pesa 34 kg e misura 30×60 cm. Ha una conformazione ondulata che fa pensare che la gigantesca ostrica che la conteneva sia sopravvissuta a parecchie delle fortissime tempeste che periodicamente agitano quel mare fino a una cinquantina di metri di profondità[11]. Le ostriche perlifere d'acqua dolce (flu-

di quelli di un animale domestico e, inoltre, più acuti e compatti dei molari o degli incisivi della stessa bestia selvaggia. La durezza misurata nelle vere perle è 2½-3½ [11]: inferiore cioè all'aragonite (3½-4) e vicina alla durezza della calcite (3) che è un punto fisso della scala di Mohs.

[11] Su questa concrezione (che non può definirsi una perla perché non ha una forma né tonda né simmetrica) esistono solo notizie di stampa, ma la sua esistenza è confermata senza dubbio. Non sono stati effettuati studi scientifici neppure sulla seconda concrezione più grande, a forma di turbante di 24 cm di diametro e perciò chiamata inizialmente «perla di Allah», pescata negli anni '30 sempre nel mare di Palawan e pesante 6,4 kg, che è ritenuta derivare da un bivalve del genere *Tridacna*. Essa fu successivamente chiamata «perla di Lao Tzu» ed è conservata ora negli USA, perché nel 1936 fu donata dal capotribù locale al medico statunitense che salvò dalla morte suo figlio durante una epidemia.

viali e lacuali) della specie *Margaritifera margaritifera (L.)* contengono perle di dimensioni più piccole (massima lunghezza misurata 162 mm), che sono meno appariscenti perché sono più scure di colore, ma hanno una vita lunghissima: sono stati determinati 167 anni per un'ostrica contenente una perla di dimensioni appena medie rinvenuta in un fiume dell'Estonia [29].

Il materiale che forma la perla, sia essa d'acqua salata o dolce, è la madreperla o *nacre* (Fig. 1a). La secrezione si compone per il 95% di lamine di carbonato di calcio (aragonite, ma può esservi anche una frazione di calcite), spesse 0,5 micron e lunghe e larghe da 10 a 20 micron, che si alternano a 5% di pellicole più sottili di un collante organico, detto conchiolina [8, 12, 17, 29]: si tratta di una o più proteine complesse (cheratina, chitina, cistina e altri biopolimeri ancor più complessi [24]) che rendono l'insieme molto robusto, elastico e resistente (Fig. 1b). La crescita delle lamine alternate che costruiscono la madreperla è stata molto discussa, anche perché non è omogenea tra molluschi di generi e specie diversi [8, 17]: nelle perle d'ostrica marina essa avviene secondo una simmetria pseudo-esagonale che risulta perfetta nei fotogrammi Laue, ma che dipende solo dalla disposizione delle lamine di carbonato di calcio poiché la componente proteica non è percettibile in un fotogramma normale. Essa può essere studiata solo dopo essere stata estratta [17]. Tra le lamine aragonitiche esistono accrescimenti tubolari di calcite che hanno la funzione di tenere separate le lamine tra loro, pur mantenendole parallele ed equidistanti, forse per conferire una certa libertà di movimento alla componente organica [8, 24]. La struttura base della madreperla è nota, dunque, ma tutto ciò ha poca influenza su ciò che stiamo per dire su Leonardo.

3. Di tutto quanto detto, infatti, Leonardo non sapeva nulla. Sapeva però che un debole attacco acido avrebbe scomposto le piccole perle di fiume lasciando una polvere minutissima sul fondo del bicchiere. Come acido egli usò l'acido citrico diluito al 3% che otteneva impuro spremendo limoni[12]. La scelta si rivelò adeguata: mentre il legante organico e la calcite sono solubili in acido citrico, l'aragonite non lo è, per cui le lamine delle perle restarono intatte dopo un trattamento durato tutta una notte. Il fatto che Leonardo ripeta la dissoluzione dipende non solo dalla sua scrupolosità analitica, ma anche dal fatto che la prima polvere ottenuta non risultava del tutto bianca perché ancora vi aderivano certe componenti proteiche del materiale organico che si sciolgono più lentamente di altre. Questo spiega anche i ripetuti lavaggi in acqua chiara e la filtrazione attraverso un panno spesso.

[12] Altri alchimisti usarono una miscela di acido citrico e di estratto di cappero (*Capparis spinosa L.*), ottenuto probabilmente per distillazione. Non penso che prima di usare l'acido citrico Leonardo abbia effettuato tentativi di dissoluzione delle perle nell'aceto, neanche diluito, che scioglie completamente anche la parte carbonatica della perla: senza dubbio egli conosceva l'aneddoto della grossa perla disciolta da Cleopatra nell'aceto per impressionare Antonio, riportato da Plinio (Storia Naturale, 9.119-122).

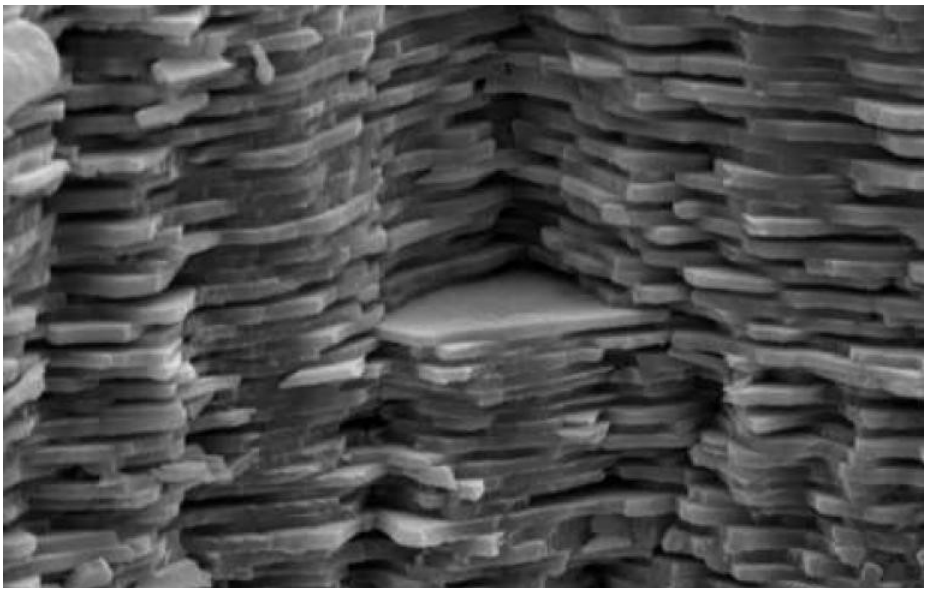

Fig. 1a. Superficie di frattura di una perla naturale osservata al microscopio elettronico a scansione a forti ingrandimenti: sono evidenti le lamine di carbonato di calcio (aragonite), mentre non risulta visibile l'interstrato di conchiolina a causa della trasparenza del materiale organico di cui è costituita. Scala di misura: vedi testo.

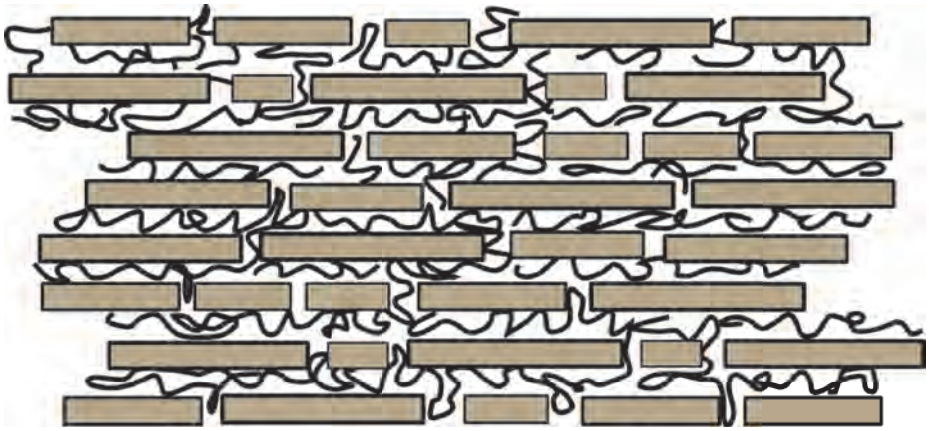

Fig. 1b. Ricostruzione grafica della struttura ideale di una perla (vedi figura precedente): le lamine di materiale inorganico (carbonato di calcio ortorombico = aragonite) si impilano a scacchiera mantenendosi parallele. Esse sono separate da un interstizio colmato da materiale organico, generalmente indicato come conchiolina, costituito da cheratina, cistina e varie altre albumine. Scala di misura: vedi testo.

A questo punto, di tutta la complessa struttura della perla di fiume non rimane altro, scomposto nella disposizione, che lo scheletro aragonitico, che Leonardo, per di più, suggerisce di macinare per quanto più è possibile sulla lastra di porfido. Egli non poteva sapere che nelle singole lamine l'aragonite cresce in cristalliti a fascio ortogonali alla superficie. L'insieme dei cristalli forma strutture fascicolate che, nel loro complesso, sagomano la perla rotonda e le conferiscono la struttura raggiato-concentrica che risulta nei fotogrammi Laue.

Ottenuta la polvere finissima e bianchissima (che Leonardo sembra considerare l'essenza della perla) bisogna ripristinarne per quanto possibile la forma sferica. Forse Leonardo effettuò i primi esperimenti con cere, grassi o oli, ma certamente a un certo punto ebbe un colpo di fortuna; utilizzò il bianco d'uovo, che è un residuo costante della pittura «a tempera» che aveva imparata durante il suo apprendistato presso il Verrocchio (1469-1486) e nella cui bottega si continuava a usare in alternativa alla pittura «a olio» che andava sempre più diffondendosi. Il rosso d'uovo (tuorlo) è un'emulsione formata da grassi e da una soluzione colloidale di fosfoproteine. Il bianco (albume), invece, è costituito in prevalenza di proteine in soluzione acquosa e da sali minerali e si presta bene, con la gomma arabica, a legare i colori nella miniatura, nella doratura e in generale nei lavori su pergamena, vetro e tessuti. Fu il trattato sulla pittura di Cennino Cennini, che alla fine del Trecento rivelò i segreti della «bottega» di Giotto e che indubbiamente era ben noto a Leonardo[13], a consigliargli di usare, come legante lucido di rapido utilizzo, «*chiara d'uovo ben rotta con la scopa quanto si può più, tanto che pervegnia spuma ben soda: lasciala stillare una notte*» [6 cap. CLVI]. Ciò è esattamente quello che Leonardo fece, pur non essendo a conoscenza che le proteine dell'albume (albumine o ovalbumine) sono i migliori possibili sostituti della cheratina e della cistina, ossia proprio di quelle proteine che sono i principali costituenti della conchiolina. Così l'agglomerazione tra l'aragonite e la conchiolina era assicurata (anche se le lamine, se ancora sussistevano dopo la macinazione sul porfido, non erano più isorientate e gli spazi tra loro erano disposti a casaccio). In breve tempo l'impasto poteva essere modellato a forma di globo sferico (oppure «a goccia» o «a pera»[14])

[13] «*Il libro dell'arte*», composto dal senese Cennini forse a Padova o forse a Firenze tra la fine del Trecento e il 1427, circolò manoscritto per oltre due secoli (lo citano Giorgio Vasari e Raffaello Borghini alla fine del Cinquecento e Filippo Baldinucci in pieno Seicento) prima di essere dimenticato a vantaggio di altri trattati più tecnici e più aggiornati. Non raggiunse perciò la stampa se non nel 1821, grazie a Giuseppe Tambroni. Leonardo lo conosceva di sicuro e molto bene, tanto da ripeterne esattamente una frase nella sua ricetta: «*distemperalo con chiara d'uovo ben sbattuta*» [6 cap. CLVII] con la «scopa», ossia con un fascetto di rametti di salice o di crine dura che serviva da sbattitore, sia in cucina sia nella bottega del pittore a tempera. L'edizione da me seguita [6] è una riedizione, riveduta e ampliata, di quella del 1913 curata da Renzo Simi.

[14] Erano queste le due forme preferite per le perle singole montate a gioiello, nel Rinascimento e anche ora, frutto dell'imitazione della natura più che della moda: da sempre queste due forme (associate solitamente ai diamanti) sono presenti nei gioielli d'epoca e nelle tiare attuali. La

e in un tempo altrettanto breve seccava così da poter subire il trattamento meccanico: la lucidatura.

Durante tutto il Medioevo e parte del Quattrocento le gemme non erano né tagliate né sfaccettate, ma mantenevano la forma data loro da madre natura e subivano, al massimo, una levigatura delle facce naturali seguita da una lucidatura che ne esaltasse il colore [2, 23]. Lo stesso trattamento era fatto alle perle: erano levigate e lucidate. Leonardo qui può proporre soluzioni di tipo ingegneristico, adattando al globo sferico artificiale metodi meccanici ricavati dalla sua esperienza d'ingegnere. Ecco allora che egli afferma che la perla artificiale deve essere brunita e propone di farlo al tornio, utilizzando come brunitoi due diversi tipi di materiale: uno organico (il dente canino di un animale selvaggio) e uno inorganico (un frammento di quarzo o di calcedonio). Non fa il minimo accenno a una lucidatura con cere o grassi: la levigatura meccanica al tornio, se ben condotta, gli garantisce una superficie regolarmente curva, liscia e lucente.

Al termine della procedura, però, nessuno potrebbe confondere la perla artificiale con una perla naturale. Leonardo ne è conscio, ma preferisce sorvolare sul risultato ed esprimere, piuttosto, un'affermazione che è nuova, almeno nella tradizione scritta che ci è pervenuta: la madreperla può essere disfatta e ricostruita nello stesso modo della perla. Poiché all'epoca era piuttosto comune l'intaglio o il cammeo in madreperla, possiamo ritenere questa affermazione come un invito di Leonardo a riprodurre tali intagli e cammei in madreperla artificiale o in altro materiale simile, come l'avorio (Fig. 2), ossia a falsificare anche questo prodotto d'arte orafa!

4. Sicuramente, l'idea sviluppata da Leonardo come ricetta non è la prima in ordine di tempo. Se ne rese conto già Reti, che riportò integralmente, per confronto [21 pp. 735 nota *], una ricetta alchemica in latino scoperta trent'anni prima da Ernst Darmstaedter[15] e attribuita dalla fonte a «Geber»[16], ossia alla grande tradizione alchemica araba [7]. Reti non la tradusse in italiano, forse nell'intenzione di dimostrarne l'infondatezza e la scarsa attinenza che essa presentava con quella di Leonardo, non tanto per il procedimento chimico seguito nel disciogliere le perle minute quanto piuttosto per la parte della rifinitura meccanica finale della perla artificiale. Egli la commenta, però, per sottolineare come la ricetta di Leonardo sia la più semplice e razionale, ossia sia quella che può dare i risultati migliori nei tempi più brevi.

sfera perfetta, bianca e iridescente, perforata, era usata soprattutto per le collane oppure, se non perfettamente regolare, serviva per la decorazione delle cuciture degli abiti.

[15] Si tratta di un brano (cap. II.13) di un codice miscellaneo del XIV secolo conservato nella Biblioteca Universitaria di Bologna (Ms. Lat. Codice 164, 153).

[16] «Geber» è una persona realmente esistita: è lo scienziato persiano (che scriveva in arabo) Abū Mūsā Jābir ibn Ḥayyān al-Azdī (Ṭūs, ca. 721 – Baghdad, 765 o 822), considerato da certi storici della scienza come il punto di passaggio tra l'alchimia e la proto-iatrochimica. Al suo nome durante il Medioevo furono attribuiti moltissimi trattati (molti dei quali tradotti in latino nel XII-XIII secolo) che rendono la sua reale figura tra l'oscura e la mitologica.

Fig. 2a. Ritratto di Bianca Maria Sforza, promessa sposa del futuro imperatore Massimiliano I d'Asburgo, eseguito nel 1493 a Milano da Giovanni Ambrogio de Predis e spedito in Austria a testimonianza dei pregi intrinseci della giovane, così da convincere Massimiliano a prenderla in moglie. Notare il vezzo di grosse perle bianche e la complessa acconciatura del capo che include numerose perle. Questo ritratto, già a Innsbruck e poi a Vienna nella collezione imperiale, è attualmente a Washington, alla National Gallery of Arts.

Fig. 2b. Dettaglio del ritratto di Bianca Maria Sforza. È una rielaborazione, probabilmente a opera di Bernardino de' Conti, del ritratto di Giovanni Antonio de Predis, ma all'incirca contemporanea a questo. La collana presenta la caratteristica di avere le «perle» finemente incise: si tratta forse di sfere di avorio invece che di perle naturali. Questo ritratto è attualmente al Museo del Louvre.

Paola Venturelli, che ha effettuato lo spoglio di numerosi manoscritti medievali di contenuto riferibile all'Alchimia conservati in biblioteche dell'Italia settentrionale, elenca ben 14 ricette [26, 27] per migliorare la qualità delle perle. Facendo tesoro dell'elenco da lei stilato, io sono risalito a un codice del XV secolo (forse proprio del 1480 circa e cioè contemporaneo a Leonardo), conservato a Bologna nella Biblioteca Universitaria (Ms. 2861) dove fu scoperto e poi portato alla stampa da Olindo Guerrini e Corrado Ricci nel 1887 [9]. Il codice contiene varie ricette sulle perle e una, in particolare, che ha un titolo in cattivo latino: «*Ad faziendum perlas grossas de minutis*» (= Per fare perle grosse da [perle] piccine) [9 pp. 190-193] e uno scritto latineggiante quasi «macaronico». Pur se l'idioma è greve, la ricetta mostra tali e tante affinità con quella di Leonardo, per la sola parte chimica, da meritare di essere trascritta e tradotta:

> Macina finemente le perle piccole in un mortaio di bronzo. A questo punto prendi del sugo acido di limoni e distillalo attraverso un filtro e acchiappa quel tanto di orina e di acqua quanto è la terza parte del sugo di limone e impasta la polvere sopraddetta con questo liquido così che divenga come una pasta e esponila per tre giorni al sole. Dopo di che mettilo diligentemente insieme e depositalo su un vetro e dagli la forma di perle secondo il tuo gusto [mescolandolo] con olio di mosco[17]. Quindi perforale con una setola di maiale, e per tale foro fa passare

[17] Il mosco (*Moschus moschiferus* Linnaeus, 1758) è un Artiodattilo (ungulato) erbivoro asiatico di taglia media noto in Europa fin dai tempi di Marco Polo. Da una borsa addominale vicina agli organi sessuali del maschio adulto era ricavato un olio, chiamato «muschio», ritenuto di portentose proprietà medicinali, ma anche sostanza base dell'omonimo profumo usato all'inizio per togliere

un crine di cavallo e riportalo al sole fin quando è secco. A questo punto ponilo nel ventre di un grosso pesce[18] dopo avere tolto a questo le interiora e chiudi o cuci il ventre, e fa quindi un pasticcio, cuoci e tira fuori e troverai pietre dure; e sfregale in un panno insieme con crusca d'orzo, fortemente. A questo punto dallo da mangiare a un piccione o a un gallo per un giorno o anche più a lungo, come ti pare, e sfregale di nuovo con la crusca come prima, e saranno lucidissime.

Questa ricetta in latino macaronico è seguita nello stesso manoscritto da un'altra, in un idioma italiano sotto certi aspetti ancora più strampalato, che si intitola: «*A fare de cento perle una bella perla bona de vantagio*» [9 pp. 203-204]. Le operazioni, in questo caso, sono effettuate tutte per distillazione, ma si tratta di grassi o di bave di lumache e, per il consolidamento, si preferisce una cottura a fuoco lento insieme a una carne che non è di pesce. Voglio trascrivere anche questa ricetta per mettere in luce quanto di arbitrario e favoloso si scrivesse allora sull'argomento e quanto lontano da ciò fosse il pensiero di Leonardo.

Tolli sugo de limoni i quali siano mezzanamente maturi e mectilo in una scutella vitriata e distillalo per lingua buina[19] e fa che non vi possa andare polve, né fumi, né altra bructura. Poi pone lo dicto sugo in uno vaso de vetrio, come è una tazza, poi mecti in lo dicto sugo quanti perli che tu voli e siando le dicte perle ben necte de omni loto e sallavezza, e lassale stare ben coverte per spatio che siano bene mollificate. Da poi le remove dal sugo e lavale bene cum aqua chiara, bene scrillente, per modo che non remangha nisciuna verdeza a le perle. Poi le impasta cum aqua de lumache, la quale si fa in questo modo. Tolli le lumache e mondale bene e mective in una scudella vitrata. Poi li pone suso un poco de sale ben trito a ciò depurga omne baviglia; poi li pone suso uno altro poco de sale armoniaco e lassale stare cusi per uno di e una nocte e poi le pone e stillare per lambico; e da questa aqua usarai a la tua opera. Poi abbi doi peze de vetrio beni polite in cescheduna palma de le mano cum le dicte peze de vetrio le ritonda dextramente, o vo' fare una o doi o 3 perle o quanto voli. E quando le dicte perle seranno bene rotonde, mectile in una seta de porcho ben necta e forale prima cum uno filo de argento o cum una seta de cavallo longha, e mecte queste perle in meze de doi scodelle de vetrio suspese suso in la dicta setula de cavallo, per lo qual modo le dicte perle sieno in mezzo de le dicte sete, che le dicte perle non tochano in

l'odore acre alle pelli appena conciate e lavorate (soprattutto ai guanti) e poi sempre in profumeria. Ora è sostituito dal sintetico «moscone», un chetone macrociclico: 3-meilciclopentadecanone.

[18] Interpreto «*bucefallus*» come aggettivo che si riferisce a Bucefalo, il cavallo di Alessandro Magno che era il più grande tra tutti i cavalli dell'esercito greco-macedone. Altri lo interpretano come il pesce gatto nostrano (*Ameiurus melas*), caratterizzato da un colore nero e da due lunghi baffi, che però è una specie aliena ed è stato introdotto in Europa dall'America settentrionale in epoca successiva a Leonardo.

[19] Questa ricetta, in un idioma italiano settentrionale non ben definito, contiene numerosi termini che, di primo acchito, sembrano incomprensibili. Lingua buina è la canna dell'alambicco a imboccatura larga; loto è il luto nel significato di fango; sallavezza è la sporcizia; acqua scrillente è l'acqua pulita, appena sgorgata da una fonte; verdeza è un colore verde grigiastro, base cromatica neutra di molti quadri medievali; baviglia è la bava collosa; sale armoniaco è cloruro d'ammonio naturale; lambico è l'alambicco o distillatore; smiraglio è lo smeriglio; ecc.

> nisciuna parte e le dicte scudelle siano bene serate insiemi. Poi le pone al sole a seccare, e quando seranno duri, tu le pone suso de la polve de lo smiraglio cum uno canavaccio. Poi tolli semola d'orzo e mista cum le dicte perle e polvere e sfrega de novo molto bene cum lo dicto canavaccio e saranno lustre e belle.

Dal punto di vista chimico questa ricetta non differisce nella parte iniziale da molte altre [9, 27, 28] e, in particolare, da quella di Leonardo: in ognuna l'attacco alle perle piccole è effettuato col sugo di limone, ossia con l'acido citrico diluito, fino a ridurle in polvere. Poi però le ricette si differenziano tra loro nel modo di ricostruire la perla tonda tramite il legante organico: il grasso animale sembra essere il legante preferito. In particolare, sono preferite a questa funzione le lumache, forse perché viscide in natura. Il trattamento comprende la foratura (non citata da Leonardo) che utilizza setole e crini d'animale in modo da predisporre la perla artificiale, una volta indurita, a essere infilata nelle collane. La fase finale di levigatura e lucidatura varia notevolmente: i più fanno passare la perla artificiale attraverso il gozzo (ventriglio o «magone») di un uccello da cortile; altri, pochi, come quello appena qui sopra, usano un abrasivo misto di smeriglio e pula di un cereale a chicco duro. Nessuno, Leonardo escluso, accenna al tornio e al brunitoio. È evidente che le ricette miscellanee sono di artigiani privi di cultura ingegneristica, ma con un'ottima conoscenza dei mezzi messi a disposizione da madre natura.

5. Leonardo, nella sua breve ricetta per fare una perla grossa da molte piccole, è il primo a dimostrare di saper coniugare le pratiche alchemiche della dissoluzione in acido e della ricostruzione tramite materiale organico con l'abbellimento, ottenuto in parte eliminando impurezze in modo da creare una perla artificiale bianca, in altra parte levigandola e lucidandola con strumenti di tipo ingegneristico. In altre parole, egli dimostra una conoscenza non solo dell'alchimia «*buona*», che non è oggetto del suo disprezzo, ma anche della tecnologia soprattutto metallurgica, da bravo allievo di una delle botteghe artistiche più rinomate di Firenze dove, oltre all'oreficeria e alla scultura, si insegnava soprattutto la pittura e si mettevano così gli apprendisti a contatto con vari minerali colorati e con emulsioni e oli e, inoltre, con altri reagenti stabilizzanti di vario tipo (vernici).

L'esempio di applicazione qui portato non è gran cosa e potrebbe apparire addirittura un invito a adulterare materiale prezioso. Esso è, invece, una conferma che, con Leonardo ancora nella prima fase della sua vita, siamo già di fronte a una mente che sa spaziare in vari campi e che, soprattutto, sa metterli in relazione positiva tra loro così da ottenere un risultato apprezzabile. Più tardi il suo ingegno maturerà, ma non sempre potrà trovare una risposta positiva nel contesto contemporaneo delle competenze tecnologiche e scientifiche: le innovazioni di Leonardo, anche quando passibili di forti guadagni, resteranno allo stato di idee sprofondate nella congerie di scritti che egli porterà sempre con sé senza riuscire a pubblicarne nessuno.

Riconoscimenti

Una versione abbreviata e fortemente modificata di questo lavoro, opportunamente indirizzata ai cultori di gemmologia, è apparsa in inglese sul *Journal of Gemmology*, 36 [8] (2019) 758-765.

Abbreviazioni codicografiche

CA Codex Atlanticus, Biblioteca Ambrosiana di Milano (Italia)
WRL Royal Library at Windsor (Gran Bretagna)

BIBLIOGRAFIA

[1] Bernardoni A., Leonardo and the «Chemical Arts», *Nuncius*, 27 (2012) 11-55.
[2] Bol M., *Polito et claro: The Art and Knowledge of Polishing, 1100-1500*; chapter 9, pp. 223-257 in Bycroft, M. & Dupré, S. (eds), *Gems in the early modern world. Materials, Knowledge & Global Trade, 1450-1800*, Palgrave Macmillan, Cham, 2019.
[3] Boni B., Leonardo da Vinci e l'alchimia, *Chimica*, 30 (1954) 401-405.
[4] Brizio A.M., Rassegna degli studi vinciani dal 1952 al 1968, *L'Arte*, 1 [1] (1968) 107-120.
[5] Bull D., Two Portraits by Leonardo: *Ginevra de' Benci* and the *Lady with an Ermine*. *Artibus et Historiae*, 25 (1992) 67-83.
[6] Cennini C., *Il libro dell'arte* (a cura di Fabio Frezzato), Neri Pozza Editore, Vicenza, 2003.
[7] Darmstaedter E., Liber claritatis totius alkimicae artis, dem arabischen Alchimisten «Geber» zugeschriben, Bologna Cod. Lat. 164 (153), *Archivio di Storia della Scienza (Archeion)*, 9 [1] (1928) 63-90.
[8] Dauphin Y., Ball A.D., Cotte M., Cuif J.P., Meibom A., Salomé M., Susini J. & Williams C.T., Structure and composition of the nacre-prism transition in the shell of *Pinctada margaritifera* (Mollusca, Bivalvia). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 390 (2008) 1659-1669.
[9] Guerrini, O. & Ricci, C., *Il Libro dei Colori: Segreti del Secolo XV*. Romagnoli Dall'Acqua, Bologna, 1887.
[10] Kiang D., Leonardo and alchemy: a bibliographical note, *Achademia Leonardi Vinci*, 10 (1997) 199-201.
[11] Kunz C. & Stevenson H., *The Book of the Pearl: Its History, Art, Science, and Industry of the Queen of Gems* (original edition, 1908, The Century Co., New York, reprinted: Nabu Press, 2010).
[12] Makhrov A., Bespalaya J., Bolotov I., Vikhrev I., Gofarov M., Alekseeva Y. & Zotin A., Historical geography of pearl harvesting and current status of populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera* (L.) in the western part of Northern European Russia, *Hydrobiologia*, 735 [1] (2014) 149-159.
[13] Marani P.C. (a cura di), *Marinoni A. Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci – Indici per materie e alfabetico*, Giunti-Barbèra, Firenze, 2004.
[14] Marinoni A., *Il Codice Atlantico della Biblioteca Ambrosiana di Milano. Trascrizione diplomatica e critica*, fac-simile voll. 12 (1973-75), trascrizioni voll. 12 (1975-80), Giunti-Barbèra, Firenze, 1973-1980.
[15] Mottana A., Omaggio a Leonardo: La scoperta della lunghissima storia della Terra, *Rendiconti della Accademia di Scienze Fisiche e matematiche di Napoli*, 85 (2018) 77-131.

[16] Mottana A., Separazione chimica e titolo dell'oro nell'Europa premoderna. *LA CHIMICA E L'INDUSTRIA online*, II [5] (2018) 10-14 (DOI: http://dx.medra.org/10.17374/CI.2018.100.5.10).
[17] Nudelman F., Gotliv B.A., Addadi L. & Weiner S., Mollusk shell formation: Mapping the distribution of organic matrix components underlying a single aragonitic tablet in nacre. *Journal of Structural Biology*, 153 (2006) 176-187 (doi:10.1016/j.jsb.2005.09.009)
[18] Oulasvirta P., Distribution and status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera* in northern Fennoscandia, *Journal of Toxicological & Environmental Chemistry*, 93 [9] (2011) 1713-1730.
[19] Piumati G., *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci nella Biblioteca Ambrosiana di Milano riprodotto e pubblicato dalla Regia Accademia dei Lincei, sotto gli auspici e col sussidio del Re e del Governo; trascrizione diplomatica e critica di Giovanni Piumati* (6 volumi), U. Hoepli, Milano, 1894-1904.
[20] Reti L., Le arti chimiche di Leonardo da Vinci, *La chimica e l'industria*, 34 [7] (1952a) 721-743.
[21] Reti L., Le arti chimiche di Leonardo da Vinci, *La chimica e l'industria*, 34 [11] (1952b) 655-667.
[22] Reti L., Parting of Gold and Silver with Nitric Acid in a Page of the «Codex Atlanticus» of Leonardo da Vinci, *Isis*, 56 [3] (1965) 307-319.
[23] Schmetzer K., A 15th-Century Polishing Machine for Gemstones Attributed to Henri Arnaut, *Journal of Gemmology*, 36 [6] (2019) 544-560.
[24] Sun J. & Bushan B., Hierarchical structure and mechanical properties of nacre: a review, *RSC Advances*, 2 (2012) 7617-7676 (DOI: 10.1039/C2RA20218B).
[25] Venturelli P., *Gioielli e gioiellieri milanesi. Storia, arte, moda (1450-1630)*, Credito Artigiano, Milano, 1996.
[26] Venturelli P., Segreti di Leonardo per ottenere «perle grosse», *Arte Lombarda,* Nuova serie, 132 [2] (2001), pp. 42-47.
[27] Venturelli P., Elenco ricette per realizzare perle false, pp. 112-122 in: *Leonardo da Vinci e le Arti Preziose. Milano tra XV e XVI Secolo*. Marsilio Editori, Venezia, 2002.
[28] Walker J., *Ginevra de' Benci* by Leonardo da Vinci, *Studies in the History of Art* (1967-68) 1-38.
[29] Ziuganov V., Zotin A., Nezlin L. & Tretiakov V. *The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish*. VNIRO, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 1994, 104 pp.