

IL SANGUE DI S.GENNARO

Franco Ramaccini
Segio Della Sala
Luigi Garlaschelli

trad. dell'articolo pubblicato su *Chemistry in Britain*, 30, 2, 123 (1994)

Introduzione

Un'ampollina sigillata che contiene una sostanza ignota, secondo la tradizione il sangue coagulato di San Gennaro, viene esibita più volte all'anno alla folla che riempie la cattedrale di Napoli. Mentre il recipiente è maneggiato in una solenne cerimonia, la massa solida improvvisamente diviene liquida, davanti agli occhi di tutti.^{1,2}

Questo fenomeno è reale, ben documentato ed è ancor oggi considerato inspiegato³ tanto dai credenti quanto dagli scettici. Il famoso parapsicologo Hans Bender l'ha definito il fenomeno paranormale con la migliore e più lunga documentazione storica che si conosca⁴; Enrico Fermi sembra aver anch'egli dimostrato interesse al riguardo.

È anche uno dei pochi miracoli fisici, ricorrenti e di natura non medica che possano venir studiati scientificamente.

San Gennaro.

La tradizione vuole che San Gennaro sia stato vescovo di Benevento, vicino a Napoli, e che sia morto martire cristiano a Pozzuoli (Napoli), decapitato durante la persecuzione di Diocleziano, nel 305 d. C.. Appena otto anni dopo, l'editto di Costantino avrebbe posto fine ad ogni persecuzione.

Cerimonie in suo onore vennero istituite dall'arcivescovo Orsini nel 1337¹. Ma non esiste assolutamente menzione del sangue, o del miracolo, fino al 1389, quando, il 17 Agosto, il fenomeno venne per la prima volta documentato per iscritto. Perfino una cronaca di Napoli scritta nel 1382⁵, pur descrivendo dettagliatamente il culto Gennariano, ancora non fa menzione né del miracolo né della reliquia. Questo porta a pensare che il "sangue di San Gennaro" sia una delle numerose reliquie che comparvero durante il Medioevo.⁶

Oggi il rito viene da un lato incoraggiato (è celebrato personalmente dall'arcivescovo nella cattedrale di Napoli) mentre dall'altro non è mai stato ufficialmente dichiarato un miracolo dalla Chiesa cattolica, che riconosce a chi indaga scientificamente la libertà di esprimere le proprie opinioni⁷.

La reliquia e la cerimonia

La reliquia è un'antica boccetta di vetro sigillata, tonda ed appiattita, del volume stimato di 60 millilitri, riempita a metà di una sostanza scura sconosciuta. La bottiglietta, insieme ad una seconda, più piccola e vuota, è contenuta fra le due pareti di vetro tonde di un piccolo reliquario portatile d'argento.

Durante la cerimonia il reliquario è ripetutamente staccato dalla sua base, portato avanti e indietro a mano e capovolto per controllare se la liquefazione ha avuto luogo. Se è avvenuta, la massa scura può essere vista fluire liberamente nel suo recipiente. A volte la liquefazione avviene quasi immediatamente, ma può avvenire anche dopo ore, o giorni.

Si afferma che anche altri fenomeni abbiano luogo nel reliquario. Si è detto che la massa liquida bolla o spumeggia, che il suo colore cambi da marrone scuro a marrone rossastro, che il volume della sostanza, e addirittura il suo peso, possano variare.⁸ Parte della massa, il cosiddetto globo, è vista a volte rimanere temporaneamente solida nel liquido.

Verso un approccio razionale

Se del sangue è prelevato da un soggetto vivo e versato in un recipiente, il fibrinogeno, proteina solubile del siero, forma una rete di fibrina, insolubile, che a sua volta lega gli eritrociti (globuli rossi) formando un coagulo gelatinoso. Ora è vero che questo coagulo può essere disgregato meccanicamente una prima volta, però in seguito nessuna ri-coagulazione potrà più avvenire. Per questo motivo la risolidificazione di un campione di sangue sarebbe ancor più sorprendente della sua precedente liquefazione. La risolidificazione della reliquia di Napoli in genere avviene quando essa è riposta sotto chiave nella sua nicchia.

Nel corso dei secoli sono state cercate e proposte numerose spiegazioni che non richiedessero l'intervento di un potere sovranaturale. Sono state invocate una quantità di influenze del tutto prive di prove di supporto: forze "magnetiche" provenienti dal Vesuvio, psicocinesi creata dalla folla di fedeli, effetti di *poltergeist* e spiritici, per citarne solo alcune.

Alcune altre ipotesi sono state praticamente solo provocatorie o, in altri casi, pura pseudoscienza¹.

- Il miracolo è un vero e proprio trucco da prestigiatore, una truffa perpetrata dalla Chiesa con piena intenzione (questo lascerebbe da spiegare come funziona il trucco e come il suo segreto si sia potuto mantenere per sei secoli)
- Il contenuto dell'ampolla è una sostanza fotosensibile che cambierebbe il suo stato da solido e liquido e viceversa sotto l'influenza della luce (nessun possibile esempio di una siffatta sostanza è mai stato suggerito).
- Il cambiamento è dovuto ad una periodica crescita di microorganismi (ancora: nessun possibile esempio proposto; inoltre non è concepibile in un recipiente sigillato).
- La sostanza è un solido igroscopico deliquescente, e diventa liquido quando assorbe umidità dall'aria (quest'ipotesi, che potrebbe perfino accordarsi con le supposte variazioni di peso, richiederebbe però un recipiente aperto. Ma soprattutto l'aumento di temperatura necessario per riportare la sostanza idrata al suo stato anidro sarebbe, per quanto è concepibile, completamente al di fuori della gamma di temperature alle quali la reliquia si trova sottoposta).

Sono state proposte anche alcune riproduzioni concrete:

Nel 1890, Albini, un chimico napoletano, usò due diverse miscele: cacao in polvere (anacronistico: il cacao non era noto alla fine del '300) e zucchero in acqua; caseina e sale in siero di latte⁹. Sono delle dense sospensioni di solidi in liquidi più pesanti, concepite per separarsi formando una crosta superficiale. Quest'ultima può essere abbastanza solida da funzionare come una sorta di tappo per la parte liquida sottostante, impedendole di fluire liberamente nel recipiente e facendola così sembrare solida. Scuotendo, i due componenti vengono mescolati, simulando il cambiamento di stato. Sebbene interessante come approccio razionale, questa simulazione era piuttosto rozza e per nulla convincente se paragonata alla reliquia.

Un'ipotesi ben più plausibile era che la sostanza sconosciuta sia semplicemente una miscela con un basso punto di fusione. Solida se conservata in un posto più fresco, per esempio nella nicchia dove abitualmente è conservata, si scioglierebbe quando viene portata vicino all'altare, in mezzo alla folla di fedeli e in prossimità di candele accese. Quest'ipotesi è stata descritta già nel 1826¹⁰, ed è stata proposta con varie ricette, basate principalmente su cere, grassi o gelatine (più gli adatti coloranti)¹¹. Una ricetta di facile riproduzione e non anacronistica, è stata recentemente presentata da Nickell e Fisher¹², a partire da olio di cocco, che ha già il giusto punto di fusione (attorno a 22-23 °C).

Miscele come queste possono certamente avere un punto di fusione scelto a piacere; però una volta creata una miscela, il suo punto di fusione è *fisso*, mentre la cerimonia della liquefazione può essere eseguita in stagioni e a temperature diverse (Maggio, Settembre, Dicembre). Questo fatto, ed il problema di indurre il cambiamento di temperatura per produrre il "miracolo" (le candele, per esempio, non vengono più portate vicino al reliquario) rimangono i limiti fondamentali di questa ipotesi.

L'ipotesi tissotropica

La tissotropia potrebbe dimostrarsi una buona ipotesi per spiegare questo "miracolo".¹³⁻¹⁶

La tissotropia è la proprietà di alcuni gel di diventare più fluidi, perfino passando da solido a liquido, se scossi, fatti vibrare o altrimenti turbati meccanicamente, per poi risolidificare se lasciati a riposo. Esempi comuni di sostanze simili sono la salsa ketchup, la maionese, il dentifricio e molti tipi di vernici e di inchiostri dove il colore diventa abbastanza

fluido quando è sottoposto a sollecitazione mentre abbandona lo strumento di applicazione (rullo o pennello) e viene steso sul supporto, ma deve scorrere il meno possibile una volta lasciato a riposo.

Così, se la sostanza della reliquia è tissotropica, l'atto stesso di maneggiare il reliquiario, capovolgendolo ripetutamente per controllare il suo stato, può fornire la sollecitazione meccanica necessaria ad indurre la liquefazione. Un'esecuzione riuscita del rito, quindi, non *esige* una frode conscia, anche se naturalmente non ne esclude l'eventualità, visto che la differenza fra movimenti dolci oppure bruschi può certamente determinare il momento della liquefazione.

Ed effettivamente è importante notare come, nel corso dei secoli, siano avvenute numerose liquefazioni inaspettate mentre il reliquiario veniva maneggiato nel corso di riparazioni alla sua struttura ¹. L'ultima volta documentata fu nel 1965, mentre la reliquia veniva fotografata da un inviato della "Domenica del Corriere".

La tissotropia è appunto abbastanza poco conosciuta da permettere ai successivi esecutori del rito il vario grado di autoinganno necessario caso per caso. (Questi sono vantaggi nell'ipotesi lievemente ottimistica che disonestà ed autoinganno richiedano almeno qualche scusa, e non siano il comportamento normale che ci si debba aspettare attraverso i secoli). Inoltre, eliminando il bisogno della malafede, non c'è più il problema di spiegare come sia possibile conservare un simile segreto per 600 anni.

Infine l'ipotesi tissotropica non esclude l'influenza delle variazioni di temperatura sulle irregolarità di comportamento della reliquia.

In supporto della nostra ipotesi tissotropica, abbiamo preparato dei campioni le cui proprietà sembrano essere le stesse della reliquia, usando sostanze che sarebbero state disponibili anche nel 1300. Dopo qualche esperimento con bentoniti (delle argille che producevano un gel tissotropico, ma di aspetto sgradevolmente fangoso)¹⁷ e la prova di svariate sostanze tissotropiche, ci siamo orientati - senza escludere altre possibilità - su una soluzione colloidale rosso-bruno di idrossido di ferro $\text{FeO}(\text{OH})$.¹⁸

(Vedi Ricetta)

Questo gel ha il giusto colore marrone scuro anche senza aggiunta di alcun colorante; diventa perfettamente liquido se scosso e, proprio come la reliquia, può produrre il *globo* e delle bolle sulla sua lucida superficie superiore. (La vera e propria ebollizione, che qualcuno vorrebbe riprodurre, e' invece assolutamente impossibile in un recipiente sigillato, ed in tali condizioni, anche per un liquido molto volatile).

Tutti i composti necessari per questa ricetta erano a disposizione di un artista o alchimista napoletano dell'epoca. Il carbonato di calcio CaCO_3 (ottenibile da pietre calcaree come il marmo, da gusci di uova, da conchiglie, ecc.) costituiva anche la base di molti pigmenti pittorici bianchi. Il carbonato di potassio K_2CO_3 , ottenibile dalla cenere di legna, era altrettanto ben conosciuto e impiegabile in luogo del carbonato di calcio.

La sola fonte di cloruro ferrico FeCl_3 a quell'epoca era un minerale chiamato molisite, che in natura si trova solamente presso i vulcani attivi. E' interessante il fatto che Napoli sia vicino al Vesuvio, e che, dopo che il "sangue" di San Gennaro si liquefece miracolosamente nel 1389, altre reliquie simili si moltiplicarono a Napoli e nei dintorni. Le poche sopravvissute fino ai giorni nostri non sembrano comunque esibire alcuna proprietà strana.

Il solo passaggio discutibile potrebbe essere la dialisi, dal momento che la sua prima menzione documentabile (soluzione salina che può attraversare una vescica) risale ai primi del 1600. ¹⁹ Si può ricordare, comunque, che nel medioevo i colori erano conservati in sacchetti formati da vesciche o budelli animali (talvolta forse anche sott'acqua, per ritardarne l'ossidazione). Questa pratica continuò fino all'introduzione dei tubetti metallici, attorno al 1840. Questi materiali (come anche la pergamena) erano usati come tipiche membrane da dialisi prima dell'era dei polimeri. Inoltre era una pratica comune precipitare le lacche aggiungendo allume o composti basici alle soluzioni di coloranti, e filtrarle attraverso un tubo di feltro (manica di Ippocrate). Infine il nostro composto, se calcinato, coinciderebbe col pigmento *caput mortuum* (Fe_2O_3), di uso documentato nel medioevo.

Queste pratiche non sono particolarmente complesse, e sono molto vicine alle nostre; un artista medievale che conducesse esperimenti sui pigmenti avrebbe benissimo potuto arrivarvi per caso.

Nel 1389 la Cattedrale di Napoli era in costruzione ed erano presenti artisti da ogni parte d'Italia. Il re di Napoli era in quel tempo Roberto d'Angio', persona molto pia, che sarebbe stata certamente felice di possedere una reliquia di "sangue miracoloso".

In quel periodo l'esigenza di reliquie ed il desiderio di possederne erano estremamente diffusi, come era diffusa la

produzione di falsi. La sindone di Torino e' stata recentemente datata col metodo del radiocarbonio a quegli stessi anni (fra il 1269 e il 1390).²⁰

A prescindere dal suo precedente impiego pratico nelle arti e nelle tecniche, il primo possibile accenno documentato ad un comportamento tissotropico e' probabilmente del 1863. La tissotropia (o tixotropia) e' stata descritta accuratamente e definita con questo nome (dal greco *thikis* "l'atto di toccare" e *-tropia*, qui "trasformazione") nel 1927.

Molti che avranno conosciuto sia la tissotropia sia il miracolo di San Gennaro devono aver pensato, più o meno vagamente, ad un possibile collegamento fra i due fenomeni. Fra questi, per esempio, come abbiamo poi scoperto, James Randi (che da ragazzo, in Canada, aveva lavorato in una fabbrica di vernici!)

Ma l'esempio di come questa proprietà fosse sconosciuta anche fra accreditati esperti di San Gennaro é evidente nei passi dei loro libri in cui descrivono quanto dovrebbe essere strana una sostanza che imitasse la reliquia: coll'intenzione di dimostrare che sono richieste delle caratteristiche "che la scienza non può spiegare", danno in realtà, senza saperlo, una definizione della tissotropia.²¹

Per quanto ne sappiamo ora, la piu' antica menzione documentata della tissotropia in rapporto a S. Gennaro e' una comunicazione personale di E. Newton Harvey a Henry Green e Ruth N. Weltmann, contributori a un libro del 1946, i quali la riportarono in una nota a pie' di pagina.²² Questa interessante citazione, completamente ignorata da tutta la letteratura scettica o credente che tratta del miracolo, e' stata riscoperta da colleghi chimici scettici circa un anno dopo la nostra prima comunicazione sulla rivista *Nature*.

TEST E ANALISI

Stranamente la possibilita' di indagare un fenomeno inspiegato e ricorrente ha generato ben poca sperimentazione scientifica.

Poiche' la Chiesa cattolica ha sempre vietato di aprire i contenitori sigillati, un'analisi spettroscopica fu condotta per la prima volta nel 1902²³. Lo strumento era uno spettroscopio a prisma, la fonte luminosa era una candela con qualche granello di sale sullo stoppino per fornire le linee D del sodio. La luce fu fatta passare attraverso un sottile strato di "sangue" liquefatto e quattro strati di vetro (le due pareti dell'ampolla e le due del reliquiario). Fu riportata l'osservazione delle bande di assorbimento tipiche dell'emoglobina.

La stessa analisi fu ripetuta nel 1989²¹ utilizzando uno spettroscopio a prisma dello stesso tipo. Questa volta la fonte luminosa era fornita da lampade elettriche, e gli spettri furono registrati fotograficamente. Di nuovo fu riportata l'osservazione delle bande dell'emoglobina. Questa analisi e' sempre presentata come la "prova scientifica" della presenza di sangue nell'ampolla. Si dovrebbero comunque considerare i seguenti fatti:

- a) I risultati non sono stati inviati, come sarebbe prassi comune, ad una rivista scientifica che li sottoponesse al vaglio di una commissione di esperti, ma stampati privatamente dalla Curia di Napoli. L'opuscolo e' in vendita al banco dei libri all'interno del Duomo.
- b) Non e' chiaro perche' sia stato usato uno spettroscopio a prisma di modello antiquato, anziche' un piu' preciso ed affidabile spettroscopio elettronico moderno.
- c) In uno spettro nel visibile, non sono osservabili composti incolori e/o sospensioni di solidi opachi.
- d) Gli Autori stessi ammettono che altri pigmenti rossi potrebbero essere confusi con l'emoglobina.
- e) Per eliminare la possibilita' di deformazioni o assorbimenti anomali furono fatte misure su vetri antichi, *simili* a quelli delle ampolline. Il metodo corretto sarebbe stato quello di effettuare misurazioni a due diversi spessori dello strato di liquido, e determinare lo spettro del contenuto del reliquiario per differenza (e' noto che vetri antichi talvolta contengono impurezze nella regione che interessa in questo caso).
- f) Durante l'analisi viene riferita la comparsa (dopo 3 e 9 minuti) anche delle bande di assorbimento dell'ematina e dell'emocromogeno, prodotti di degradazione dell'emoglobina, che si sono sovrapposte a quelle dell'emoglobina stessa, come durante la registrazione di un miracolo "in diretta". Vale la pena di ricordare che comunque, al momento dell'analisi, la massa era gia' liquefatta da varie ore.

g) Se si adotta una misurazione visiva (quindi con il limite di circa 400 nm) il massimo diagnostico della banda di Soret del sangue a 410 nm non può essere visto; recenti studi²⁴ hanno dimostrato che in queste condizioni il nostro gel di FeO(OH) ha spettri che sono molto simili a quelli del sangue vecchio, poiché in quest'ultimo mancano le bande caratteristiche dell'ossiemoglobina a 545 e 575 nm, a causa della decomposizione dell'ossiemoglobina stessa in metaemoglobina ed altri derivati.

h) Gli spettri non mostrano alcuna calibrazione delle lunghezze d'onda, e sono di qualità estremamente scadente, con anomalie insolite, come contrasti di colore molto netti e una distribuzione spettrale distorta. In realtà nelle riproduzioni stampate di questi spettri non è identificabile alcuna chiara banda di assorbimento.

In conclusione, noi riteniamo che l'affermazione "scientifica" che l'ampolla contiene sangue sia basata su basi molto deboli.

Le *variazioni di volume* del "sangue" sono semplici affermazioni aneddotiche: non ne esistono misurazioni o registrazioni (per es. della reliquia tenuta orizzontale davanti ad una scala graduata). Tale impressione potrebbe essere dovuta alla massa viscosa che aderisce alle pareti dell'ampolla, apparentemente riempiendola, o all'asimmetria della forma dell'ampolla.

Le *variazioni di colore* sono anch'esse non documentate. In ogni caso, una massa scura mostra in effetti una tonalità di colore differente quando viene vista per trasparenza (cioè come strato liquido sulle pareti di vetro) rispetto a quando è vista per riflessione (cioè ancora solida); questo è visibile anche nel nostro gel di FeO(OH).

Variazioni di peso apparentemente casuali furono registrate nel 1900 e nel 1904 (con un aumento di peso fino a 28 grammi, su un contenuto presunto di "sangue" di 30 ml²⁵; In realtà, poiché fu pesata la reliquia nel suo reliquiario, per un peso totale di circa un chilogrammo, ciò equivale solo ad una variazione del 3% sul totale della pesata.¹² Ancora, questi dati furono pubblicati solo in una rivista religiosa (senza riportare le condizioni sperimentali o il tipo di bilancia impiegata). In più, perfino in una pubblicazione edita dalle autorità ecclesiastiche e la cui ristampa è disponibile al banco libri del Duomo di Napoli,²⁶ si legge che "Però recentemente tentativi eseguiti con bilance elettriche, durante cinque anni, non hanno confermato quelle variazioni".

CONCLUSIONI

Sono facilmente immaginabili ulteriori analisi volte a determinare la vera natura del "sangue" miracoloso senza aprire le ampolle; per esempio, la spettroscopia di assorbimento o di fluorescenza, e misure di diffrazione Raman, effettuate con moderni strumenti elettronici da spettroscopisti qualificati.

Degli innalzamenti controllati di temperatura e degli innocui test di impatto rappresenterebbero altri metodi non distruttivi di analisi grazie ai quali la nostra ipotesi o quelle alternative potrebbero essere avallate o scartate.

Se questi semplici esami saranno effettuati dipenderà totalmente dalla Chiesa cattolica. Al momento attuale, però, dato che il fenomeno è stato replicato, sarebbe solo molto ingenuo continuare a ritenerlo irripetibile o inesplicabile.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Alfano, Giovanni Battista; Amitrano, Antonio. *Il miracolo di S. Gennaro: documentazione storica e scientifica* (1924); 2a ed. ampliata, Napoli, Scarpati, 1950.
2. Straniero, Michele L. *Indagine su San Gennaro*, Milano, Bompiani, 1991.
3. *Encyclopaedia Britannica*, 15a ed., 1985, vol. 6, p. 495.
4. Bender, Hans. *La realtà nascosta*, Roma, Edizioni Mediterranee, 1990, p. 188. (ed. orig.: *Verbogene Wirklichkeit*, Olten, Walter—Verlag AG, 1973.)

5.
Altamura, Antonio (curatore). *Cronaca di Partenope* [*Croniche de Inclyta Città de Napole* (1382)]; Napoli, 1974.
- 6a.
Bentley, James. *Ossa senza pace*, Milano, SugarCo, 1988.
(ed. orig.: Bentley, James. *Restless Bones: The story of Relics*, London, Constable, 1985.)
- 6b.
Calvin, Jean. *Traité des reliques*, Genève, 1543.
7.
Giordano, Card. Michele. "Prolusione", in *Atti del convegno nel VI centenario della prima notizia della liquefazione del sangue(1389-1989) Napoli, 16 dic. 1989*, Torre del Greco (Napoli), 1990, p. 10.
8.
Smith, P. R. *Chemistry in Britain*, vol. 29 (1993), p. 116.
9.
Albini, Giuseppe. "Sulla mobilità dei liquidi viscosi non omogenei", *Rendiconto della Reale Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, Napoli, (Feb. 1890), p. 24-27.
10.
Salverte, Eusèbe. *Des sciences occultes ou essai sur la magie, les prodiges et les miracles*, Paris, Baillièere, 1826.
11.
Broch, Henri. *Le Paranormal* (1985); ed. ampl., Paris, Seuil, 1989, p. 109.
12.
Nickell, Joe; con Fischer, John F. *Mysterious Realms*, Buffalo, N.Y., Prometheus Books, 1993, p. 159.
13.
a - Garlaschelli, Luigi; Ramaccini, Franco; Della Sala, Sergio. "Working Bloody Miracles" *Nature*, vol. 353 (1991) p. 507.
b - Garlaschelli, Luigi; Ramaccini, Franco; Della Sala, Sergio.
"A Miracle Diagnosis" *Chemistry in Britain*, 30, (1994) p. 123.
14.
Meadows, Robin. "Saint's Blood", *Chem Matters*, vol. 11, n.1 (Feb. 1993), p. 12.
15.
Garlaschelli, Luigi; Ramaccini, Franco; Della Sala, Sergio. "Liquefying 'Blood': Thixotropy or Low Melting Point? A Reply to Broch", *Skeptical Enquirer*, vol. 17, n. 2 (1993), p. 209-211.
16.
Garlaschelli, Luigi; Ramaccini, Franco; Della Sala, Sergio. "San Gennaro in laboratorio" *CICAP*, vol. 4, n. 1; (1992) p. 15-24.
17.
Della Sala, Sergio; Ramaccini, Franco. "Santi, Salse e Smottamenti" *CICAP*, vol. 2, n. 1 (1990), p. 9-10.
18.
Schalek, E.; Szegvary, A. *Kolloid - Zeitschr*, vol. 32 (1923), p. 318-319.
19.
Partington, J. R. *A History of Chemistry*, vol. 2, London, MacMillan, 1961.
20.
Damon, P. E. et al. "Radiocarbon dating of the Shroud of Turin". *Nature*, 337:611-615, (1989)

21.

D'Onofrio, F.; Baima Bollone, P. L.; Cannas, M., in Riferimento bibl. n. 7.

22.

Green, Henry; Weltmann, Ruth, in *Colloid Chemistry*, Alexander, Jerome (curatore), vol 6, New York, Reinhold Publishing Co., 1946. p. 328.

per un riferimento leggermente posteriore vedi:

Alexander, A. E.; Johnson, P. *Colloid Science*, Oxford, Clarendon, 1949, p 586. (v. anche: Lark, P. D. *Chemistry in Britain*, vol. 28 (1992), p.781.)

23.

Sperindeo, Gennaro. *Il Miracolo di S. Gennaro* (1901); 3a ed., Napoli, D'Auria, 1903, p. 67-72.

24.

Epstein, Michael; Garlaschelli, Luigi. *Journal of Scientific Exploration*, vol. 6 (1992), p. 233-246.

25.

Silva, Paolo S. J. *La Civiltà Cattolica*, vol. 3 (1905) p. 513-538.

26.

Moscarella, Ennio. "Il sangue di S. Gennaro vescovo e martire", *Proculus*, Pozzuoli (Napoli), (ott.-dic. 1989), p. 401.

PROCEDIMENTO DETTAGLIATO PER SINTETIZZARE UN ESEMPIO DI MISCELA TISSOTROPICA

Questo procedimento generale e' gia' stato riprodotto da molte persone ed e' stato anche proposto come dimostrazione didattica per le scuole dalla rivista Chem Matters ¹⁴

MATERIALI

$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$: cloruro ferrico. E' un comune prodotto chimico. La forma esaidrata commerciale e' un composto giallo; e' usato in elettronica per incidere le lastre di rame dei circuiti stampati. Il contenitore deve essere tenuto ermeticamente chiuso, poiche' questo sale e' igroscopico ed assorbe umidita' dall'aria.

CaCO_3 : carbonato di calcio. E' un prodotto chimico molto comune. Una fonte adatta possono essere marmo o gusci d'uovo finemente polverizzati.

NaCl : Cloruro di sodio. Sale comune, salgemma. Si potrebbero usare anche altri sali, ma non cambierebbero il risultato finale. Si potrebbe comunque provare ad usare cloruro di calcio o solfato di sodio.

Tubo da dialisi: E' un tubo di cellophane, venduto in vari diametri, che si puo' tagliare alla lunghezza desiderata. Un produttore e' la ditta Spectrapore. (Un fornitore e' la ditta Oscar Mires, Via Boni 16 - 20146 MILANO - tel 02/492554). E' stato utilizzato un tubo da dialisi marca Visking, misura 36/32. (cut-off 12.000-14.000) - venduto probabilmente solo in quantitativi di varie decine di metri (ca. L.10.000 al metro).

Una membrana da dialisi permette la purificazione di una miscela di particelle colloidali e di sali disciolti, poiche' solo i piccoli ioni dei sali passeranno attraverso i pori della membrana. I prodotti commerciali hanno vari numeri di "taglio", che indicano il massimo peso molecolare delle particelle che lasceranno passare. Nel nostro caso va bene praticamente ogni tipo.

Prima dell'avvento dei polimeri e delle materie plastiche, la dialisi si effettuava con la pergamena. Si puo' ottenere un semplice dializzatore chiudendo con una sottile pergamena l'estremita' inferiore di un tubo abbastanza largo. Oppure si puo' fare con la pergamena una specie di sacchetto lungo e stretto (ma si deve essere sicuri che non perda).

Un'altra possibilita' e' di usare dei budelli animali. Si possono trovare presso i macellai, e piu' sono sottili, meglio e'. I budelli erano (e sono) usati per insaccare salami e salsicce. Budelli di agnello (l'estremita' dell'intestino cieco) si trovano anche in farmacia, essendo usati come profilattici. Occorre lavarli bene prima di usarli per eliminare eventuali sostanze lubrificanti.

PROCEDIMENTO GENERALE

Sciogliere 25 g di $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ in 100 ml di acqua di rubinetto. La quantita' di acqua puo' variare. Si otterra' una soluzione arancio-rossiccia.

Aggiungere lentamente ed agitando 10 g di CaCO_3 . Poiche' la soluzione di cloruro ferrico e' acida, si avra' schiumeggiamento e produzione di CO_2 .

Le quantita' relative di cloruro ferrico e di base possono variare, ma si deve evitare la precipitazione completa dell'idrossido di ferro formatosi. Il cloruro ferrico non reagito e il cloruro di calcio formatosi saranno eliminati per dialisi. Altre basi da provare potrebbero essere il carbonato di sodio (Soda Solvay) o quello di potassio (dalle ceneri di legna). CaO e Ca(OH)_2 non sembrano funzionare bene.

Si otterra' una soluzione marrone scuro a causa della formazione di FeO(OH) colloidale.

Per dializzare, usare circa 30 cm del tubo da dialisi di cellophane, bagnarli bene e chiuderlo con un nodo ad una estremita'. Se si usano budelli o intestini di agnello, operare con le dovute modifiche.

Riempire il tubo fino a circa meta' del suo volume con la miscela da purificare, e immergerlo, appendendolo ad un sostegno, in un barattolo di acqua distillata. Si puo' usare anche acqua piovana, o acqua di rubinetto, non distillata. In questo caso si potrebbero ottenere risultati leggermente meno riproducibili.

Sospendere il tubo in modo che il livello della soluzione interna sia uguale a quello dell'acqua nel barattolo. Il livello all'interno del tubo aumentera' presto a causa dell'osmosi (dell'acqua entra nel tubo, mentre i sali ne escono).

L'acqua distillata si dovra' cambiare tre o quattro volte ad intervalli di circa 24 ore, comunque almeno fino a che non e' piu' gialla. (Riferirsi anche alle istruzioni del produttore del tubo da dialisi). Controllare che il contenuto del tubo non trabocchi.

Si otterra' un volume finale di soluzione circa doppio di quello di partenza. Il volume esatto puo' variare. Questa soluzione si puo' usare come tale o, meglio, si puo' concentrare. Le concentrazioni finali utili di FeO(OH) dovrebbero essere tra 5% e 10%.

Se si ha a disposizione un laboratorio: una prova empirica consiste nel prelevare un'aliquota della soluzione, portarla a secco (usando un evaporatore rotante oppure seccandola a 110°C) e controllare il peso del residuo.

Per concentrare la soluzione in modo semplice si può versarla in un contenitore largo e farla evaporare per mezzo di una debole corrente di aria calda proveniente da un asciugacapelli; oppure la si può lasciare evaporare spontaneamente, al sole o su un termosifone. Dopo questa operazione si deve arrivare ad un volume non minore di quello iniziale (ca 100 ml).

Ora versare un po' di questa soluzione in una bottiglietta, meglio se rotonda, schiacciata e con un volume di circa 50 ml (es. bottigliette da liquore), aggiungere una piccola quantità di sale da cucina e agitare bene. Lasciare a riposo, senza toccarla assolutamente, un paio di ore e controllare se è gelatinizzata. Se non lo è, aggiungere ancora sale, e ripetere il controllo. Si raccomanda di aggiungere pochissimo sale per volta (una puntina di coltello). Non si danno dosi esatte del sale da aggiungere, perché è meglio procedere per tentativi gradualmente.

Il gel che si ottiene dopo adeguato riposo tornerà liquido per effetto di movimenti, piccole scosse o colpi, agitazione, ecc. Inizialmente si osserva di solito la formazione di un grumo viscoso, che poi per ulteriore agitazione o ripetuti capovolgimenti si liquefa fino a dare una miscela completamente fluida. Il processo è ripetibile a volontà.

Se la soluzione è molto concentrata, o se si aggiunge un po' troppo sale, il sol tissotropico risultante solidificherà velocemente e sarà "duro" da liquefare per agitazione (va bene per dimostrazioni veloci o da portare in viaggio). Se invece la soluzione è più diluita e/o si aggiunge meno sale, il sol impiegherà più tempo a gelatinizzare (fino a uno o due giorni) ma sarà più sensibile ai movimenti e diventerà più fluido.

Se si aggiunge troppo sale, si otterrà la flocculazione del sol (precipitazione dell'idrossido di ferro). Si consiglia di effettuare alcune prove e qualche regolazione fine.

Può darsi che un campione perfettamente funzionante e sigillato di sol tissotropico mostri, dopo uno o due mesi, variazioni di comportamento. Per esempio potrebbe non gelatinizzare più completamente. Questo è dovuto probabilmente al raggiungimento di un equilibrio tra le dimensioni delle particelle del sol. Per ripristinare il comportamento corretto si può aggiungere ancora un pochino di sale. Queste variazioni comunque dipendono dalle concentrazioni iniziali dei vari componenti e sono difficili da prevedere. Un gel più stabile sembra ottenibile utilizzando una soluzione di Na_2CO_3 o K_2CO_3 , anziché il CaCO_3 solido. Si sta anche indagando l'uso di stabilizzanti in uso nel medioevo, come la colla di pesce.