

- sae, tamque intactili insidere possit idea, ac scientia elaborandi operis; consideratio finis, ad quem comparare illud debat; perspectio materiae, conditionumque necessariorum, ob quas idonea efficitur; dignotio rationis, seu modi, quo eam subigere, versare, reversare, concernere, deligere, fingere, perficere, oporteat: quomodo item possit insidere vigor, ac energia tum usurpandi instrumenta congrua, tum exsequendi omnia, quae talis scientia praescripserit".*
47. Sur Redi, voir *DSB*, 11 (1975), pp. 341-343; FINDLEN P., *Controlling the Experimental Method of Francesco Redi*. *History of Science* 1993; 31:35-64; BERNARDI W. et GUERRINI L. (éds.), *Francesco Redi un protagonista della scienza moderna*. Florence, Olschki, 1999.
 48. REDI F., *Esperienze intorno alla generazione degl'insetti*. Florence, all'Insegna della Stella, 1668 (nous avons utilisé la trad. fr. par André Sempoux, REDI F., *Expériences sur la génération des insectes et autres écrits de science et de littérature*. Louvain, Presses universitaires de Louvain, 1970, p. 6). Cf. MEYER A. W., *The Rise of Embryology*. Stanford, Stanford Univ. Press, 1939, p. 92.
 49. HARVEY W., *Exercitationes de generatione animalium*. London, O. Pulleyn, 1651, exercitatio LVII, cité par REDI F., *Expériences...* ref. 48, pp. 6-7: "(... à partir d'une semence) se fait la génération de tous les êtres animés; soit que leur semence soit présente par hasard, soit qu'elle provienne d'un agent univoque du même genre. Et même plus, c'est dans une semence fortuite que se trouve le principe des mouvements, qui procréé par lui-même et à travers lui-même. La même chose se trouve dans la semence des animaux du même genre, c'est-à-dire, qui peut former un animal".
 50. *Ivi*, pp. 52-53. Sur les vers qui naissent dans les fruits, Redi rapporte aussi l'opinion de Gassendi selon laquelle les insectes qui se sont posés sur les fleurs y ont laissé leurs semences qui seront enfermées dans les fruits et qui ensuite donneront des vers (*Ivi*, p. 67).
 51. Pour le prolongement de la biologie gassendiste où le concept de semence joue manifestement un grand rôle comme 'atomes vivants' ou 'molécules vivantes', voir REY R., *Gassendi et les sciences de la vie au XVIII^e siècle*. In: MURR S. (éd.), *Gassendi...* ref. 3, pp. 189-201. Cf. ROGER J., *Les sciences...* ref. 34, pp. 135-140 et *passim*. Mais il reste beaucoup à faire dans ce domaine.

Correspondence should be addressed to:

Hiro Hirai, Impasse Nihard, 5, B-4000 Liege, Belgium, e-mail: jzt07164@nifty.ne.jp

Articoli/Articles

LA CHIMICA DELLA VITA:
FERMENTI E FERMENTAZIONE
NELLA IATROCHIMICA DEL SEICENTO

ANTONIO CLERICUZIO

Università di Cassino

SUMMARY

CHEMISTRY OF LIFE: FERMENTS AND FERMENTATION
IN 17TH-CENTURY IATROCHEMISTRY

The concepts of ferment and fermentation played an important, though heretofore neglected, role in 17th-century physiology. Though these notions can be found in ancient philosophy and medicine, as well as in medieval medicine, they became integral part of the chemical medicine that was advocated by Paracelsus and his school. Paracelsians made fermentation a central concept in their successful effort to give chemical foundation to medicine. Jean Baptiste van Helmont and Sylvius used the concepts of ferment and fermentation to explain a variety of physiological processes in human body. Corpuscular philosophers like Robert Boyle and Thomas Willis reinterpreted these notions in corpuscular terms and separated the concept of ferment from that of fermentation. In the second half of the seventeenth century, physiologists tried to explain fermentation by means of chemical reactions, as for instance acid-alkali, and ruled out the notion of ferment as superfluous to their investigations. At the end of the seventeenth century fermentation attracted the interest of physicists like Johannes Bernoulli and Isaac Newton, who tried to explain fermentative processes in terms of matter and motion (Bernoulli) and short-range forces (Newton). George Ernst Stahl devoted a work to fermentation: the Zymotechnia. He explained fermentation as the outcome of the reactions of molecules formed of saline, oily and earthy corpuscles with particles of water. He saw fermentation as a mechanical process, i.e. as collision of different kinds of corpuscles.

Key words: Fermentation – Iatrochmistry - Corpuscularianism

1. Introduzione

I concetti di fermento e di fermentazione giocano un ruolo centrale nella iatrochimica del secolo diciassettesimo. Nell'opera di Paracelso e dei suoi seguaci, e soprattutto nell'*Ortus Medicinæ* di Jean Baptiste van Helmont, i principali processi che hanno luogo nel corpo umano sono assimilati a reazioni chimiche, analoghe a quelle che si producono artificialmente in laboratorio. Nel corpo umano hanno luogo distillazioni, separazioni, purificazioni, sublimazioni - che possono essere comprese solo grazie alla chimica. Si tratta di un profondo mutamento concettuale che coincide con una crescente influenza della chimica nella teoria e pratiche mediche. Benché già presenti nella filosofia e medicina antiche, i concetti di fermento e fermentazione assumono una importanza crescente nel corso del diciassettesimo secolo¹. In medicina la nozione di fermentazione è utilizzata per spiegare la digestione, la sanguificazione, il funzionamento del sistema nervoso, le proprietà del sangue e delle sue componenti, nonché l'origine delle febbri. Se in una prima fase i concetti di fermento e fermentazione sono tra loro strettamente connessi e il primo è considerato l'origine dei processi fermentativi, successivamente (nella seconda metà del Seicento), prevale la tendenza a individuare le sostanze chimiche responsabili della fermentazione, ovvero a ricondurre questo processo a reazioni chimiche che divengono paradigmatiche, come ad esempio quella acidi-alkali. Negli ultimi decenni del Seicento, il concetto di fermentazione va separandosi sempre più dal concetto di fermento - che nell'opera di van Helmont aveva un ruolo centrale ed era definito come principio attivo e causa di ogni genere di processo fermentativo. La fusione di chimica e filosofia corpuscolare, che giunge a maturazione con Robert Boyle, non comporta l'abbandono della teoria della fermentazione, che è ridefinita in termini corpuscolari. Nel 1690 Johannes Bernoulli spiega in termini rigorosamente meccanicistici la fermentazione - una concezione che sarà adottata da Stahl nella sua *Zymotechnia* (1697).

2. Le origini

Nella scienza e medicina antiche la fermentazione è generalmente identificata all'effervescenza - identificazione che tro-

veremo ancora in pieno Seicento e che sarà messa in discussione solo alla fine del secolo. Nel *Timæus* (66b) Platone afferma che la fermentazione è prodotta da sostanze acide e da essa si generano bolle. Per Aristotele (*De Generatione Animalium* 755a 18-23) l'accrescimento dell'uovo è determinato dall'azione di una sorta di lievito che genera una fermentazione (*zymosis*). Nel *Corpus Hippocraticum* si legge che la bile nera fermenta, producendo nello stomaco un'ebollizione². Una prima (anche se limitata) utilizzazione del concetto di fermentazione nella spiegazione della digestione è in Galeno, che attribuisce alla fermentazione il potere di modificare la bile nera, così da renderla capace di corrodere le parti di terra, facilitando di conseguenza la digestione gastrica³. La nozione di fermentazione è adottata in medicina dal medico e alchimista persiano al-Razi (865-923 ca.), che nel *De Pestilentia*, opera che ebbe larga diffusione anche in occidente, paragona il sangue al vino nelle sue differenti fasi di sviluppo: nei bambini è come il succo d'uva prima della fermentazione, negli adolescenti è come mosto caldo in fermentazione, negli anziani come vino acido e privo di ebollizione⁴.

Nell'alchimia la nozione di fermento gioca un ruolo centrale. Tra le nozioni di fermento e fermentazione e le teorie della trasmutazione dei metalli sussistono stretti legami: nei testi alchemici la trasmutazione è infatti sovente descritta come un processo di digestione che richiede l'azione di un fermento e l'agente che opera la trasmutazione è spesso definito fermento. Una sintesi delle concezioni alchemiche relative al fermento si trova nella trecentesca *Preziosa Margarita Novella* di Pietro Bono da Ferrara⁵. La trasmutazione, secondo Pietro Bono, è prodotta dall'azione di un fermento, un agente capace di convertire la materia nella propria sostanza. Così come il fermento riceve la virtù di alterare da un calore digestivo, allo stesso modo la pietra filosofale riceve la virtù di trasmutare i metalli da un calore capace di cuocere e di digerire. Vi è tuttavia una differenza tra l'azione del fermento ordinario e quello alchemico: mentre il primo nulla toglie alla pasta su cui agisce, il fermento che trasmuta, afferma l'autore della *Preziosa Margarita Novella*, toglie le parti impure e superflue, come fa la natura nella produzione dell'o-

ro⁶. Nel *Lexicon Alchemiae* (1612) di Martin Ruland l'elixir, che è identificato con il fermento, prepara la materia trasformandola nella propria sostanza, così da renderla fissa. Secondo Ruland, oro e mercurio possono essere a loro volta definiti fermenti. Ruland non si limita a indicare gli agenti della fermentazione, ma spiega il processo fermentativo come un'esaltazione della materia nelle sue parti essenziali⁷.

3. Da Paracelso a van Helmont

Nella medicina e filosofia della natura di Paracelso la nozione di fermentazione gioca un ruolo significativo: per mezzo della fermentazione le sostanze perdono il loro carattere corporeo per spiritualizzarsi - un processo centrale nella filosofia della natura paracelsiana. La vita è analoga al fermento che produce il pane e digerisce le parti di materia⁸. Paracelso definisce l'elixir una medicina fermentata dai sette metalli⁹, e adotta inoltre il concetto di fermentazione nello studio dei fenomeni geologici: nella terra, sale e zolfo danno luogo ad una fermentazione da cui si forma un liquido che in seguito, a contatto con l'aria, si solidifica e genera le rocce¹⁰. La concezione paracelsiana della fermentazione sotterranea è utilizzata e sviluppata dal medico inglese Edward Jorden (1569-1632), in *A Discourse of Naturall Bathes, and Mineral Waters*. Per Jorden, i minerali si generano nelle viscere della terra in virtù di continue fermentazioni prodotte da un 'Seminarie Spirit'¹¹. Uno dei primi ad adottare il concetto di fermentazione in medicina fu il medico romano Pietro Castelli (1575-1665), che nelle *Epistolae medicales* (1626) afferma che gran parte dei fenomeni naturali e dei processi fisiologici sono prodotti da fermentazioni, le quali hanno origine da uno spirito di natura acida, che Castelli definisce come sostanza sottile, attiva e di origine celeste¹². Particolare enfasi sui processi fermentativi è posta dal chimico vicentino Angelo Sala (1576?-1637), che adottò numerose teorie paracelsiane, sia in chimica che in medicina. L'interpretazione della fermentazione che troviamo in Sala è di notevole interesse in quanto fa uso di teorie corpuscolari e costituisce uno dei primi tentativi di utilizzare concezioni corpuscolari in chimica. La fermentazione è definita da Sala un moto interno delle particelle dei corpi che, in

presenza di umidità e calore, produce una purificazione e perfezione dei corpi¹³.

La prima opera a stampa nella quale la nozione di fermentazione è impiegata come fondamento dei processi fisiologici è la *Anatome Fermentationis Platonicae* (1639) di Anton Gunther Billich (1598-1640), genero di Angelo Sala. La generazione degli esseri viventi, le funzioni vitali e una molteplicità di patologie dell'organismo umano sono da Billich ricondotte alla fermentazione:

Omnis fere vita fermentum est. Nam quid aliud sit lactea illa spuma, ex qua nascimur? Nati sine fermento vitam non ducimus, sive valeamus, sive aegrotemus... Fermento cor pulsatur, arteriae saliunt, venae bulliunt, cibus coquitur, sanguis conficitur, corpus alitur. Fermentum est, vel certe fermenti particeps, quod expiratur, quod expuitur, quod excreatur, quod expectoratur¹⁴.

Alla fermentazione, che, secondo Billich, non va confusa con la putrefazione, concorrono tutti e quattro gli elementi:

Fermentatio est motus terrae, vi ignis interni concitatae, ut beneficio aquae intermediae aerescat atque ignescat¹⁵.

Nell'*Ortus Medicinae* di van Helmont il concetto di fermento costituisce uno dei cardini della rifondazione della fisiologia su basi chimiche. I fermenti sono gli agenti di tutte le generazioni e trasformazioni che avvengono in natura. Essi dispongono la materia prima (l'acqua) affinché riceva l'immagine dell'oggetto in cui è trasformata¹⁶. Il fermento in van Helmont è un'entità spirituale, o meglio, semi-materiale, un principio attivo, costituito di un odore e di una *imago* specifica. Dai fermenti, cui il Creatore ha dato il potere di propagarsi di continuo, si generano i *semina*¹⁷. Benché agente di carattere semi-materiale, il fermento opera, secondo van Helmont, suddividendo i corpi "*in subtiliores atomos*". È ciò che accade nel corpo umano nei processi digestivi, che sono effetto dell'azione di fermento acido. La tradizionale spiegazione della digestione come *concoctio* del cibo è quindi respinta da van Helmont, che comunque non considera l'acidità il fattore decisivo nella digestione che avviene nello stomaco, che è invece prodotta dal po-

tere trasmutativo proprio del fermento¹⁸. Il fermento acido che è presente nello stomaco proviene, secondo van Helmont, dalla milza e quindi produce l'acidità che contribuisce alla digestione. Di non minore importanza è il fermento situato nel ventricolo sinistro del cuore che, con l'ausilio di lume vitale, produce lo spirito vitale, rende il sangue animato ed è all'origine della vita¹⁹.

4. Chimica corpuscolare e fermentazione

Intorno alla metà del XVII secolo il concetto di fermentazione entra a far parte delle teorie fisiologiche, costituendo uno dei fondamenti dell'interpretazione in termini chimici della medicina e dei fenomeni biologici. In Olanda la fermentazione diventa parte integrante della fisiologia con il cartesiano Cornelis van Hooghelande (nato intorno al 1590 e morto dopo il 1653) e con Franciscus de le Boë, detto Sylvius (1614-1672), professore di medicina a Leida. Le *Cogitationes* di Cornelis Hooghelande, nelle quali l'autore applica il meccanicismo di Descartes alla medicina, contengono un'ampia trattazione del concetto di *fermentatio* - trattazione che si allontana da quella cartesiana per l'importanza attribuita alla chimica, che in Descartes non ha alcun rilievo²⁰. Descartes è infatti piuttosto cauto nell'uso del concetto di fermentazione, sostenendo che i chimici ne hanno abusato²¹. Nella fisiologia di Descartes è tuttavia presente la nozione di fermentazione, ma è utilizzata piuttosto come analogia: Descartes si limita a paragonare - ma non considera identici - la fermentazione e la generazione del calore vitale che si verifica nel cuore attraverso un moto particolarmente veloce delle particelle del sangue²². Nella *Description du Corps Humain*, Descartes, seguendo Aristotele, sostiene che la generazione degli animali è il risultato di una fermentazione causata dall'incontro del seme maschile con quello femminile²³. Hooghelande fa dipendere la vita (come aveva fatto Billich) dalla fermentazione, che è spiegata come un moto moderato delle particelle di materia allo stato liquido - moto coadiuvato dal calore e dalla *materia subtilis*²⁴. A causa della fermentazione, la materia è rarefatta e aumenta di volume. Nel corpo umano la digestione, così come la formazione del sangue e il calore vitale dipendono da una fermentazione,

che è equiparata alla fermentazione prodotta dalla combinazione di spirito di nitro con il burro di antimonio²⁵.

Sylvius introduce la nozione di fermentazione in una dissertazione del 1659 intitolata *De Alimentorum Fermentatione in Ventriculo*²⁶. Sylvius, che afferma di non aver subito l'influsso di van Helmont nella elaborazione delle sue teorie iatrochimiche, dà infatti un'interpretazione dei processi fermentativi che si differenzia da quella helmontiana. Mentre van Helmont aveva insistito sul carattere spirituale del fermento, per Sylvius questo è un agente materiale, identificabile, nel corpo umano, con la componente salino-volatile presente nella saliva²⁷. Sylvius attribuisce la fermentazione del chilo all'acidità del succo pancreatico, che a sua volta deriva dalla saliva e dall'acido contenuto nello stomaco. Sylvius distingue la fermentazione dall'effervescenza: mentre questa è una combinazione di parti eterogenee (*conjunctio*), la fermentazione è una decomposizione del corpo (*vinculi dissolutio*), che si verifica necessariamente in presenza di aria e richiede acqua e un calore moderato. Nello stomaco si produce una fermentazione, che è il primo di una serie di processi chimici da cui dipendono le principali funzioni dell'organismo, come la conversione del chilo in sangue e la respirazione. Nella successiva *Praxeos Medicae Idea Nova* (1671) Sylvius estende l'uso del concetto di *fermentatio* alla patologia: stati patologici si verificano quando il fermento è inerte o difettoso. In tal caso la fermentazione può essere 1. interrotta o ridotta; 2. eccessiva; 3. alterata. Se è ridotta o se si interrompe, è possibile ripristinare una corretta fermentazione somministrando al paziente medicinali di carattere acido o *salia lixiviosa*²⁸.

Così come in Olanda, anche nell'Inghilterra della seconda metà del Seicento la nozione di fermentazione ebbe larga diffusione in medicina e costituì uno dei concetti-chiave della iatrochimica. Nell'*Anatomia Hepatis* di Francis Glisson (1597-1677), *Regius Professor* di Medicina a Cambridge, troviamo solo un breve riferimento al concetto di fermentazione. Benché solo marginale, il riferimento di Glisson alla fermentazione costituì il punto di partenza delle ricerche di Walter Charleton (1619-1707) e di Thomas Willis (1621-1675) su questo tema²⁹. Glisson definisce la fermentazione come l'effetto di un 'conflitto' tra gli spiriti e le parte più grosse dei corpi:

*Fermentatio autem est calor intus exoriens, ob luctam inter spiritus & partes crassiores; dum illi conantur sese expandere, atque avolare, hae vero illi nisui adversantur*³⁰.

La fermentazione, sostiene Glisson, è all'origine del calore vitale. Ai primi anni cinquanta del XVII secolo risale anche la redazione delle prime parti della *Usefulness of Experimental Philosophy* di Robert Boyle, opera in cui sono presenti numerosi temi helmontiani. In quest'opera lo studio dei fermenti e della fermentazione è indicato da Boyle come essenziale per lo sviluppo della medicina. Boyle aveva anche progettato di scrivere un intero trattato sulla fermentazione, di cui rimangono solo poche note tra le sue carte conservate negli archivi della Royal Society di Londra³¹.

Nella *Natural History of Nutrition* (1659) Walter Charleton, pur adottando ancora una terminologia umoralista, afferma in modo esplicito che la fermentazione costituisce uno dei processi più frequenti che si verificano in natura. La fermentazione, che è descritta in termini corpuscolari, è ciò che determina la separazione degli umori gli uni dagli altri³². È da notare che né in Glisson, né in Charleton si fa riferimento al fermento come agente specifico della fermentazione.

È in Thomas Willis che troviamo un approfondito e dettagliato studio della fermentazione, nonché la sua utilizzazione in un ambito vastissimo di fenomeni bio-medici. Willis spiega la fermentazione in termini di moto dei corpuscoli, in particolare dei corpuscoli che formano i cinque principi chimici (sale, zolfo, spirito, terra e acqua). Occorre notare che, benché l'interesse di Willis si concentri sulle sostanze chimiche responsabili della fermentazione (soprattutto gli spiriti), nonché sulle reazioni che producono, la nozione di fermento non scompare del tutto dalle sue indagini sulla fermentazione. La prima delle *Diatribae duae*, pubblicate da Willis nel 1659, è interamente dedicata alla fermentazione, mentre la seconda è uno studio delle febbri, che si basa quasi interamente sul concetto di *fermentatio*³³. La fermentazione, che secondo Willis si verifica in tutti i corpi in cui sono presenti parti eterogenee, è descritta come un

*motus intestinus particularum, seu principiorum cujusvis corporis, cum tendentia ad perfectionem ejusdem corporis, vel propter mutationem in aliud*³⁴.

All'origine della fermentazione vi è la tendenza innata al moto delle particelle dello spirito, che, come aveva affermato Glisson, cercano incessantemente di districarsi da quelle più grosse, con cui sono congiunte nei corpi composti. Perché si verifichi la fermentazione, è necessario che nei corpi vi sia: 1. Una *partium laxitas*; 2. una *partium heterogeneitas*; 3. che non vi sia *partium cruditas*. Il modo più comune in cui si verifica la fermentazione è con l'aggiunta nella massa che deve fermentare di un fermento "*cujus particulae, cum prius sint in vigore & motu positae, alias in massa fermentanda otiosas & torpidas exsuscitant, & in motum vindicant*"³⁵. Dalla fermentazione hanno origine tre principali effetti nei corpi: 1. "*corporis exaltatio et perfectio*"; 2. "*corporis dissolutio*"; 3. "*partium coagulatio*"³⁶. Nel corpo umano la vita ha inizio da un fermento, ovvero dallo spirito situato nel cuore, che è all'origine della fermentazione³⁷. Il calore vitale è determinato dalla costante fermentazione del sangue, che è prodotta dal fermento situato nel cuore³⁸. Al pari di ogni altra sostanza composta, il sangue fermenta per l'incontro di particelle di differente natura e in primo luogo per l'azione degli spiriti, che mettono in moto le particelle più grosse. In questo modo gli spiriti trasformano i sali fissi in volatili, dissolvono le particelle di zolfo, scompongono quelle di terra, facilitando così la loro unione con corpuscoli di altro genere³⁹.

La fermentazione del sangue costituisce il fondamento delle indagini willisiane sulle febbri. Lo stato febbrile si verifica nell'organismo quando il sangue è in una condizione di eccessiva o irregolare fermentazione - che può essere determinata o dalla presenza in esso di sostanze estranee che non sono disciolte né assimilate, oppure da un'eccessiva attività delle particelle di zolfo⁴⁰. La nozione di fermento è anche presente nella *Cerebri Anatome*, dove Willis afferma che, così come nel cuore, anche nel cervello opera un fermento, che è causa della formazione degli spiriti animali⁴¹.

Se in Willis la fermentazione gioca un ruolo centrale nella fisiologia e nella patologia, nel corso degli anni Sessanta del XVII secolo alcuni medici inglesi cominciano ad avanzare dubbi sulla applicabilità di questa teoria alla fisiologia - in particolare allo studio della circolazione del sangue. Ne è un esempio la

Methodus Curandi Febres (1666) di Thomas Sydenham (1624-1689), uno dei più noti medici inglesi della seconda metà del Seicento. Sydenham, che ha un approccio sperimentale alla medicina ed è avversario della scuola iatrochimica, adotta la nozione di fermentazione nello studio delle febbri, ma solo 'ex analogia', in quanto non è affatto convinto che il sangue subisca un'effettiva fermentazione⁴².

La teoria willisiana della fermentazione è (implicitamente) criticata da Walter Needham (1631-1691), Fellow della Royal Society, nella *Disquisitio Anatomica de formato foetu* (1667) - una delle principali opere di embriologia della seconda metà del diciassettesimo secolo. "At obsecro" scrive Needham "virum clarissimum [sc. Willis], cujus mihi vel nomen charum est, an non illa de fermento cordis assertio paulo nimis arbitraria sit. Cor enim quum merus musculus sit, quomodo fermentum generabit?"⁴³. Tuttavia Needham non nega che nel sangue si produca una fermentazione, la quale però, a suo avviso, va ricondotta non a un ipotetico fermento, bensì alle parti più attive del sangue stesso⁴⁴.

L'esistenza di un fermento nel ventricolo sinistro del cuore è anche negata da Richard Lower (1631-1691), uno dei più attivi fisiologi di Oxford, che nel *Tractatus de Corde* (1669) sostiene che il sangue non subisce alcuna fermentazione, essendo la sua composizione diversa da quella dei liquidi che fermentano. Il sangue, continua Lower (criticando così in modo implicito Willis), ha una natura 'mite' e 'inerte', incapace di produrre effervescenza⁴⁵. Lower nega altresì che nel cuore vi sia un fermento. Secondo Lower, il fermento non può essere contenuto nel sangue, in quanto dopo la sistole nel cuore non rimane neanche una goccia di sangue, e quindi neanche il fermento - ma tuttavia il cuore non si arresta⁴⁶. Non solo Lower confuta la tesi per la quale il battito cardiaco dipende dalla fermentazione del sangue, ma nega l'esistenza stessa del fermento cardiaco e di una fermentazione del sangue. Ciò però non comporta l'abbandono totale della nozione di fermentazione nello studio della fisiologia umana. Lower infatti ammette che il chilo è formato grazie all'azione del fermento che è nello stomaco, ma nega, basandosi su osservazioni anatomiche, che tale fermento provenga dalla milza, come aveva invece sostenuto van Helmont⁴⁷.

5. Gli helmontiani, i fermenti e la peste

La dottrina helmontiana della fermentazione trova largo seguito in Inghilterra, dove un considerevole numero di medici segue le concezioni del medico belga⁴⁸. Il concetto helmontiano di fermento gioca un ruolo di particolare importanza nelle opere di George Thomson (1619-1677) e di William Simpson (c. 1640-1680). Nella *Loimologia* (1665), opera dedicata alla peste, Thomson non solo attribuisce ai fermenti la formazione del sangue e degli spiriti vitali, ma afferma anche che le infezioni pestilenziali si propagano se nell'aria si insinua "a venemous ferment" che "may annoy and infect the Spirits"⁴⁹. Simili concezioni sono presenti nel *Zenexon anti-pestilentiale* (1665) di William Simpson, anch'esso dedicato alla peste. Nel 1665, anno della peste, i medici helmontiani furono particolarmente attivi a Londra, soprattutto dopo l'esodo dei medici del *College of Physicians*. Con l'appoggio di membri della corte, un nutrito gruppo di helmontiani, che aveva costituito la *Society of Chemical Physicians*, tenta di dar vita ad un organismo alternativo al *College of Physicians*. Il tentativo, malgrado il sostegno di membri influenti della corte, fallisce, ma le cure proposte dagli helmontiani per combattere la peste hanno largo seguito e il prestigio dei *Chemical Physicians* è notevolmente accresciuto. Le difficoltà della medicina ufficiale a far fronte all'epidemia contribuiscono a dar credito a nuove interpretazioni dell'epidemia e a nuove terapie per combattere la peste, in particolare a quelle fondate sull'opera di van Helmont, che negli *Opuscula Medica Inaudita* (1644) aveva pubblicato un trattato sulla peste (*Tumulus Pestis*). Sempre nel 1665 è pubblicato un lungo trattato contro la medicina ufficiale: *Medela Medicinæ*, di Marchamont Nedham, un noto giornalista che negli anni dell'interregno aveva dato vita a una serie di popolari periodici (*Mercurius Britannicus*, *Mercurius Pragmaticus* e *Mercurius Politicus*). Nedham è convinto che nuove malattie si stanno propagando e che la loro origine è da ascrivere alla diffusione di "venereous and scorbfic ferments" - un punto di vista condiviso dagli helmontiani, critici della medicina tradizionale, a loro avviso non solo erronea, ma inevitabilmente impotente di fronte ai "new diseases" che si diffondevano grazie ad agenti patogeni ignoti ai medici galenici⁵⁰. Al pari di Thomson, l'helmon-

tiano William Simpson descrive i fermenti come principi attivi presenti nei corpi, da cui hanno origine le trasmutazioni dei corpi, tutte le forme di vita in natura, e gran parte delle malattie⁵¹. Anche per Simpson, come per Thomson, la peste ha origine da un fermento - unica differenza rispetto a Thomson è che il fermento pestilenziale può anche avere una genesi interna⁵². Nel 1675 Simpson pubblica un'opera interamente dedicata alla fermentazione, la *Zymologia physica*, nella quale la fermentazione è concepita come il risultato della combinazione di particelle di acido e di zolfo - processo che si verifica anche nel corpo umano⁵³. Con la fermentazione, secondo Simpson, si produce nei corpi una scomposizione e una loro riduzione alle particelle più minute - processo che a suo parere non può essere spiegato con teorie di tipo meccanicistico⁵⁴.

6. Sviluppi del concetto di fermentazione tra la fine del XVII e l'inizio del XVIII secolo

Negli ultimi decenni del Seicento e all'inizio del secolo successivo l'interesse di filosofi naturali e medici per la fermentazione è ancora vivo. Si registra tuttavia un progressivo abbandono del concetto di fermento quale agente della fermentazione, che viene ricondotta, a seconda dei casi, ad agenti chimici o a cause di carattere meccanico.

Le obiezioni di Sydenham e di Lower non sembra però che abbiano determinato l'abbandono del concetto di fermentazione negli studi di fisiologia. Prova ne è la centralità attribuita a questa nozione nelle opere del medico di Montpellier Raymond Vieussens (1641?-1715), noto soprattutto per i suoi contributi alla neurologia. Nel *De natura, differentiis... et causis fermentationis* (1688) Vieussens, seguendo una tradizione ormai consolidata, definisce la fermentazione come moto di particelle eterogenee e distingue vari tipi di fermentazione, a seconda del grado di effervescenza prodotto dalle sostanze che reagiscono e dalla produzione o meno di calore⁵⁵. Nel corpo umano il sangue fermenta per l'azione di un fermento locale situato nel cuore. Pur riconducendo i processi fermentativi alla reazione di particelle sulfureo-alcaline con particelle acide, Vieussens continua a far uso della nozione di fermento, che però sembra coincidere con

una delle sostanze di cui si compone il sangue⁵⁶. A Vieussens risponde Philippe Hecquet (1661-1737), professore di medicina alla Sorbonne, e sostenitore di concezioni rigorosamente meccaniciste in medicina.

Il medico scozzese Archibald Pitcairn (1652-1713), sostenitore di un approccio meccanicistico (basato cioè sulle leggi dell'idrodinamica) e matematico allo studio della fisiologia, confuta le teorie iatrochimiche e in particolare l'uso del concetto di fermentazione nella fisiologia. Lo studio della fisiologia deve basarsi essenzialmente sulla circolazione del sangue e deve concentrarsi su due fattori principali: la velocità del sangue e la dimensione dei vasi sanguigni. Le fermentazioni, secondo il medico scozzese, sono il prodotto di una reazione acidi/alkali - ma tale reazione non ha luogo nel corpo umano, in quanto nel sangue di individui sani non vi sono sostanze acide. La definizione della fermentazione data da Willis è ugualmente confutata da Pitcairn, che nega che nel sangue vi sia un moto intestino dei corpuscoli che lo compongono⁵⁷.

Alla fermentazione non sono interessati solo gli iatrochimici, i quali, come abbiamo visto, avevano considerato questo concetto un tema centrale delle loro indagini fisiologiche. La fermentazione è oggetto di interesse anche da parte di Isaac Newton e di scienziati meccanicisti. Nel suo *Chemical Dictionary*, presente tra i manoscritti, Newton definisce la fermentazione come un processo per mezzo del quale le sostanze liquide sono depurate dalle parti feculenti⁵⁸. Il tema della fermentazione è presente nella famosa *Hypothesis explaining the properties of light*, inviata a Oldenburg il 7 dicembre del 1675 e letta nella seduta della Royal Society del 9 dicembre. Newton afferma che "*The whole frame of nature may be nothing but aether condensed by a fermental principle*"⁵⁹. Il concetto di fermentazione continua a svolgere un ruolo di primo piano anche negli scritti newtoniani dell'età matura dedicati a questioni chimiche. Lo ritroviamo nel *De Natura Acidorum* del 1692, pubblicato nel 1710 nel *Lexicon Technicum* di John Harris, dove la fermentazione è considerata l'effetto dell'azione di un agente acido⁶⁰. Nella *Query 31* dell'*Opticks* Newton ritorna sul tema della fermentazione, che (insieme alla gravità) è annoverata tra quei fenomeni dei quali non

si possono dare spiegazioni di carattere meccanico, ma che rimandano all'azione di *active principles*:

*It seems to me farther, that these particles have not only a vis inertiae, accompanied with such passive laws of motion as naturally result from that force, but also that they are moved by certain active principles, such as is that of Gravity, and that which causes fermentation, and the Cohesion of bodies*⁶¹.

Una spiegazione rigorosamente meccanicistica della fermentazione è quella che troviamo nella giovanile *Dissertatio de Effervescentia et Fermentatione* di Johannes Bernoulli (1667-1712), professore di matematica a Leida e poi a Basilea. Il ricorso a teorie meccanicistiche non esclude la ricerca di agenti chimici responsabili della fermentazione, che sono identificati con particelle di acidi e di alkali. Bernoulli, come aveva fatto Sylvius, distingue l'effervescenza dalla fermentazione, ma afferma che ambedue hanno origine da un movimento irregolare delle particelle che compongono un corpo misto. Se il moto è lento, si ha la fermentazione, se è invece rapido e si esaurisce subito, si ha un'effervescenza. Il corpo che fermenta non può essere semplice, ma deve essere necessariamente composto di almeno due sostanze differenti. La fermentazione, che richiede la presenza di aria, è determinata dall'incontro di corpuscoli di forma differente: le particelle attive, secondo Bernoulli, devono essere di forma tetraedrica (come quelle degli acidi), mentre i corpuscoli 'passivi' (come gli alkali) hanno una forma 'a stella'. Le particelle attive (tetraedri) si insinuano e rompono la tessitura dei corpuscoli a forma di stella, cosicché le particelle di aria che sono presenti in essi si liberano e raggiungono la superficie del corpo⁶².

Alla fermentazione è dedicata la prima opera scientifica di Georg Ernst Stahl (1660-1734), la *Zymotechnia Fundamentalis*, che recentemente è stata sudiata in modo approfondito da Chang⁶³. In questa sede ci limiteremo quindi a esporre alcuni dei motivi salienti della *Zymotechnia* di Stahl, professore all'università di Halle e uno dei primi sostenitori della teoria del flogisto. Secondo Stahl la fermentazione è il prodotto di un moto intestino delle 'moleculae' che formano un corpo fermentabile - categoria che include anche i minerali. È un moto che si verifica so-

lo se il corpo è allo stato fluido e se il composto non è particolarmente stabile:

*Fermentatio est numerosissimarum molecularum, ex sale, oleo, & terra..., connexarum motus, per fluidum aqueum, collisoriis & attritorius, quo nexus principiorum earum sensim labefactatur... Sive latius, Fermentatio est motus intestinus, quo, per congruum fluidum, concreta ex diversi generis materia laxa composita, arripiuntur, & longa interagitazione confriantur atque colliduntur, unde nexus ille praesentis compositionis divellitur, divulsa corpuscula attritu attenuantur, & in novam firmiorem connexionem conjunguntur*⁶⁴.

Le molecole formate di corpuscoli di sale, olio e terra generano la fermentazione quando reagiscono con le particelle di acqua, il cui ruolo è di rompere il legame che unisce i tre tipi di corpuscoli. In particolare, sono i corpuscoli oleosi a facilitare il processo fermentativo in quanto, per la loro forma (sferica) e per la loro piccolezza, sono in grado di trasferire il loro moto a corpuscoli di altro genere⁶⁵. Perché si abbia la fermentazione è necessario, così come aveva asserito Bernoulli, che siano presenti particelle di aria, che, per la loro elasticità, tendono a espandersi. Le sostanze infiammabili, ossia sulfuree, sottoposte a fermentazione, generano flogisto, sostanza estremamente volatile, che a sua volta favorisce la fermentazione⁶⁶. Avversario della iatrochimica, Stahl ammette che nel corpo umano (nello stomaco) si verifica una fermentazione, ma questa, precisa Stahl in polemica con van Helmont, non è causata da un agente specifico - il fermento - ma unicamente dal moto dei corpuscoli in grado di produrre la fermentazione⁶⁷. Perché si abbia la fermentazione non è dunque necessaria la presenza di un fermento, che, se è presente, ha solo il ruolo di accelerare il processo fermentativo.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1. Cfr. DAVIS A.B., *Circulation Physiology and Medical Chemistry in England 1650-1680*. Lawrence Kansas, Coronado Press, 1973.
2. Vedi IPOCRATE, *Du Régime des Maladies Aiguës*. LXI, 1, Paris, les Belles Lettres, 1972, p. 63, dove si attribuisce all'aceto la proprietà di far fermentare gli umori neri. In *Ancienne Médecine*. XI, 1, Paris, Les Belles Lettres, 1990, p. 131; il riferimento è alla fermentazione del cibo nello stomaco.

3. GALENO, *De methodo medendi*. In: KÜHN (ed.), *Claudii Galeni Opera Omnia*. Hildesheim, Georg Olms, 1964-1965, vol. X, pp. 973-4.
4. RHAZES, *De Pestilentia liber Georgio Valla Placentino interprete*. In: *Pselli de victus ratione*, Basilea, 1529, p. 42.
5. BONO DA FERRARA P., *Preziosa Margarita Novella*. Edizione del volgarizzamento, introduzione e note a cura di Chiara Crisciani. Firenze, 1976. La *Preziosa Margarita* è stata completata nel 1330.
6. *Ibid.*, pp. 143-4. C'è tuttavia, secondo Pietro Bono, un secondo modo di intendere il fermento, ovvero come l'agente spirituale da cui la pietra raggiunge la perfezione: "Fermento, nel secondo modo è detto quello che fa perfetta la pietra e che quella finisce, senza il quale non può essere la pietra dei filosofi... Onde si come la pasta non si può fermentare senza il suo fermento intrinseco, occulto e non con altro: così senza questo corpo occulto spirituale la pietra non può fermentarsi né esser compita né perfetta..."; p. 147.
7. RULAND M., *Lexicon Alchemiae*. Frakfurt, 1612, s.v. Per Martin Ruland (1569-1611), medico di Rodolfo II a Praga, si veda PARTINGTON J.R., *A History of Chemistry*. 4 voll. Londra, Macmillan, 1962-70, vol. II, pp. 161-2.
8. Vedi PAGEL W., *Paracelso*. Un'introduzione alla medicina filosofica nell'età del Rinascimento. Milano, Il Saggiatore, 1989, pp. 98, 308.
9. Vedi PAGEL W., *Joan Baptista van Helmont. Reformer of Science and Medicine*. Cambridge, Cambridge University Press, 1982, pp. 80-81.
10. PARACELSO, *Philosophia de generationibus et fructibus elementorum*. Traduzione latina in *Opera Omnia*, Ginevra, 1658, vol. II, p. 283.
11. "There is a Seminarie Spirit of all minerals in the bowels of the earth, which meeting with convenient matter, and adiuvant causes, is not idle, but doth proceed to produce minerals, according to the nature of it, and the matter which it meets withall: which matter it workes upon like a ferment, and by his motion procures an actuall heate, as an instrument to further his work; which actuall heate is increased by the fermentation of the matter." JORDEN E., *A Discourse of Naturall Bathes, and Minerall Waters*. London, 1631, p. 82. Su Jorden, v. DEBUS A.G., *Edward Jorden and the fermentation of the metals: an iatrochemical study of terrestrial phenomena*. In: SCHNEER C.J. (a cura di), *Toward a History of Geology*. Cambridge Mass., MIT Press, 1969, pp. 100-121 e Id., *The English Paracelsians*. London, Oldbourne, 1965, pp. 162-4.
12. CASTELLI P., *Epistolae Medicinales*. Roma, 1626. Su Castelli, v. DBI.
13. *Angeli Salae Hydrelaologia*. Rostock, 1633. In: SALA A., *Opera Medico-Chymica*. Francoforte, 1647, p. 95. Su Angelo Sala si veda GELMAN Z.E., *Angelo Sala, an Iatrochemist of the Late Renaissance*. *Ambix* 1994; 41:142-160.
14. BILLICH A.G., *Anatome Fermentationis Platonicae*. In: CONRING H., *De Sanguinis Generatione et Motu Naturali*. Leyden, 1646 (prima edizione: Francoforte, 1639), p. 475.
15. *Ibid.*, p. 540.
16. VAN HELMONT J.B., *Ortus Medicinae*. Amsterdam, 1648, p. 111: "Notitia fermenti, ut nulla in Scholis jejuniore, ita nulla utilior. Fermenti nomen, ignotum hactenus, nisi in panificio: cum attamen nulla in rebus fiat vicisitudo, aut transmutatio, per somnium appetitum hyles: sed duntaxat solius fermenti opera".
17. *Ibid.*, pp. 34-5 et p. 113: "In hoc autem fermentum a semine distat: quod illud sit odor [sc. fermentum], vel qualitas alicujus fracedinis dispositiva ad alteritatem, et corruptionem massae. Semen autem sit substantia, in qua jam Archeus inest, qui est Gas spirituale, continens in se fermentum, imaginem rei, atque insuper notitiam dispositivam rerum agendarum".

18. "Non est autem fermentum istud digestivum in sola aciditate aliquali situm. Neque enim acetum vel jus citri farinam fermenta... Fermentum ergo digestivum, est proprietatis essentialis, consistens in vitali quadam aciditate, ad transmutationes potens". *Ibid.* p. 205.
19. *Ibid.*, p. 183.
20. Su Hoogelande vedi MATTON S., *Cartésianisme et Alchimie: à propos d'un témoignage ignoré sur les travaux alchimiques de Descartes. Avec une note sur Descartes et Gómez Pereira*. In: GREINER F. (a cura di), *Aspects de la tradition alchimique au XVIIe siècle*. Parigi-Milano, Archè, 1998, pp. 118-123.
21. Lettera di Descartes a Regius del 25 maggio 1640, AT, III, p. 68.
22. DESCARTES R., *Traité de l'Homme*. AT, XI, 123; lettera a Plempus del 15 febbraio 1638, AT, V, 530-1.
23. DESCARTES R., *Description du Corps Humain*. AT, XI, 253.
24. HOOGHELANDE C., *Cogitationes*. Amsterdam, 1646, p. 79: "Fermentatio autem generaliter a nobis definienda videtur, languidior ac moderatior (velocior enim, ac vehementior; effervescentia dici solet) materiae humidae vel liquidae... vel variarum materialium commixturae, actio, tamquam tertium quid, sive tertius quidam motus: vel tepidioris externi caloris adminiculo intercedente; vel solius compositionis vel commixtionis ratione, ex diversitate motus interni ac insensibili insensibilium particularum a diversitate, tum quantitatis & qualitatis earundem, tum pororum ipsarum substantiarum prodeunte, orta, qua mediante, humidiori fermentandae vel fermentatae substantiae portioni, subtilioris aëris quantitas, vel materiam quaedam aetherea involvitur...".
25. *Ibid.*, p. 81.
26. SYLVIVS (Franciscus de le Boë), *Disputationum Medicarum*. In *Opera Medica*. Amsterdam, 1679.
27. *Ibid.*, pp. 10-13.
28. *Ibid.*, pp. 166-168. Sylvius fu uno dei principali sostenitori della teoria acidi/alkali in medicina. Si veda BOAS M., *Acid and alkali in seventeenth-century chemistry*. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 34; 1956:13-28.
29. Su Glisson e la sua influenza in Inghilterra, v. FRANK R.G., *Harvey and the Oxford Physiologists: a Study of Scientific Ideas and Social Interaction*. Berkeley and Los Angeles, University of California Press, 1980, *passim*.
30. GLISSON F., *Anatomia Hepatis*. London, 1654, p. 366.
31. BOYLE R., *Some Considerations touching the Usefulness of Experimental Natural Philosophy*. Oxford, 1663. Su quest'opera di Boyle e le influenze helmontiane sul giovane Boyle si veda CLERICUZIO A., *From Van Helmont to Boyle: a study of the transmission of Helmontian chemical and medical theories in seventeenth-century England*. *British Journal for the History of Science* 1993; 26:303-34.
32. CHARLETON W., *Natural History of Nutrition, Life and Voluntary Motion*. London, 1659, p. 100. Su Charleton si veda FLEITMANN S., *Walter Charleton (1620-1707), "Virtuoso": Leben und Werk*. Frankfurt am Main, New York, P. Lang, 1986.
33. WILLIS T., *Diatribae Duae Medico-philosophicae, quarum prior agit De Fermentatione, sive de motu intestino particularum in quovis corpore. Altera de febris, sive de motu earundem in sanguine Animalium*. Londini, 1659. Il *De Fermentatione* e il *De Febris* hanno numerazione delle pagine separata. Su Willis si veda ISLER H., *Thomas Willis, 1621-1675: doctor and scientist*. New York, Hafner Pub. Co., 1968.
34. WILLIS, *De Fermentatione*. In: *Diatribae duae...* op. cit. nota 33, p. 17.
35. *Ibid.*, p. 15.
36. *Ibid.*, p. 37.
37. *Ibid.*, p. 25: "Prima vitae initia a Spiritu in Corde velut punctulo quodam fermentescente ducuntur".

38. *Ibid.*, pp. 25-26: "Natura posuit in corde fermentum, cujus instinctu seu occurso sanguis impetuose effervescit, ac velut in flammam acensus, deflagratione sua caloris effluvia quaquaversus diffundit".
39. *Ibid.*, pp. 16-7.
40. *Ibid.*, p. 23.
41. WILLIS Th., *Cerebri Anatome*. London, 1664. Sulla teoria willisiana degli spiriti, si veda CLERICUZIO A., *The Internal Laboratory. The Chemical Reinterpretation of Medical Spirits in England*. In: RATTANSI P. e CLERICUZIO A. (a cura di), *Alchemy and Chemistry in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1994, pp. 51-83.
42. SYDENHAM T., *Methodus Curandi Febres*. London, 1666 (ristampa con intr. e note di G.G. Meynell, Folkstone, Winterdown Books, 1987), p. 19.
43. NEEDHAM W., *Disquisitio Anatomica de formato foetu*. Amsterdam, 1668 (prima edizione: Londra, 1667), p. 151.
44. *Ibid.*
45. LOWER R., *Tractatus de Corde*. London, 1669, pp. 61-2: "Verum nec in sanguine talem ebullitionem excitari, nec in Corde hujusmodi fermentum adesse facile erit ostendere; quamquam enim inter corpora quae ex salibus contraria prorsus indole praeditis constant, ubi commiscuntur, magna effervescentia atque lueta exoritur, multaue effluvia discedant; dissimilis tamen omnino & magis benignae naturae sanguinis liquor existit, quam ut in Corde aut vasis suis tam aestuose & subito effervescat; quippe novimus, quam mitis ejus liquor, quam benigno plerumque succo perfusus, quam lenis & placidus ejus in venis versus Cor refluxus, atque ubi exitus ei aperitur & in vascula excipitur, quam cito instar lacticinii concrevit, & nullum ebullitionis aut luetae indicium prodit".
46. *Ibid.*, pp. 62-3.
47. *Ibid.*, p. 193.
48. Si veda CLERICUZIO A., *From Van Helmont to Boyle...* op. cit. n. 31.
49. THOMSON G., *Loimologia*. Londra, 1665, pp. 4-5, ma si veda anche la successiva *Aimatiasis*. Londra, 1670, p. 143.
50. Cfr. COOK H.J., *The Decline of the Old Medical Regime in Stuart London*. Ithaca and London, Cornell University Press, 1986, pp. 145-162.
51. SIMPSON W., *Zenexon anti-pestilentiale*. London, 1665, pp. 9-10: "Ferments [are] ... certain powers in Nature whereby all things are put into a way of change... Ferments are Parents of transmutation out of one form into another, or from one degree to another, whereby things are brought to their highest energy...; by ferments fixed things are made volatile, and volatile fixed; they are the keys of Nature whereby great changes and alterations are made in bodies. Now everything that has a vegetating life has also a ferment implanted in it, which is a certain working power whereby the wheel of Nature becomes stirring and active".
52. *Ibid.*, p. 8.
53. SIMPSON W., *Zymologia physica, or a brief discourse of fermentation, from a new hypothesis of Acidum and Sulphur*. London, 1675, pp. 2-3.
54. *Ibid.*, p. 2.
55. VIEUSSENS R., *Tractatus duo. Primus. De remotis et proximis mixti principiiis... Secundus. De natura, differentiis... et causis fermentationis*. Leiden, 1687.
56. VIEUSSENS R., *Epistola de sanguinis humani... nec non de bilis usu*. Leipzig, 1698. Su Vieussens, si veda DAVIS, op. cit., pp. 124-5.
57. PITCAIRNE A., *Opera Omnia Medica*. Leiden, 1727, pp. 17-18; 134-135. Su Pitcairne si veda DSB; BROWN, T. M., *The Mechanical Philosophy and the Animal Oeconomy*. New York, 1981; GUERRINI A., *Archibald Pitcairne and Newtonian Medicine*. Medi-

- cal History 1987; 30:70-83; FRIESE J., *Archibald Pitcairne, David Gregory and the Scottish Origins of English Tory Newtonianism*. History of Science 2003; 41:163-191.
58. Citato in DOBBS B.J.T., *The Foundations of Newton's Alchemy*. Cambridge, Cambridge University Press, 1975, p. 173.
59. TURNBULL H.W. et al. (a cura di), *The Correspondence of Isaac Newton*. 7 voll. Cambridge, Cambridge University Press, 1959-1977, vol. I (1661-1675), p. 364.
60. COHEN I.B. (a cura di), *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy*. Cambridge, Cambridge University Press, 1958, p. 257. Non è quindi condivisibile il giudizio di CHANG K-M., *Fermentation, Phlogiston and Matter Theory: Chemistry and Natural Philosophy in George Ernst Stahl's Zymotechnia Fundamentalibus*. Early Science and Medicine 2002; 7:31-64, p. 36, secondo il quale le teorie newtoniane sulla fermentazione sarebbero "youthful statements", poi abbandonati.
61. NEWTON I., *Opticks*. New York, Dover, 1952, Query 31, p. 401, che riproduce la Quarta edizione inglese (1730). La Query 31 fa parte delle otto *Queries* aggiunte alle precedenti 23 nella seconda edizione inglese (1717). Sui principi attivi, cfr. MC-GUIRE J.E., *Force, Active Principles, and Newton's Invisible Realm*. Ambix 1973; 20:154-208.
62. BERNOULLI J., *Dissertatio de effervescentia et fermentatione Nova hypothesis fundata*. Basilea, 1690.
63. CHANG K-M., *Fermentation...* op. cit. n. 60.
64. STAHL G.E., *Zymotechnia Fundamentalibus, seu Fermentationis Theoria Generalis*. [Halle], 1697, p. 6.
65. *Ibid.*, pp. 48-9.
66. *Ibid.*, pp. 77e 80. Per un esame del concetto di flogisto in quest'opera di Stahl e dei suoi rapporti con lo zolfo degli spagirici, v. CHANG K-M., *Fermentation*, op. cit. n. 60, pp. 44-50.
67. STAHL G.E., *Theoria Medica Vera*. Halle, 1708, pp. 399 e 402.

Correspondence should be addressed to: antonio.clericuzio@libero.it