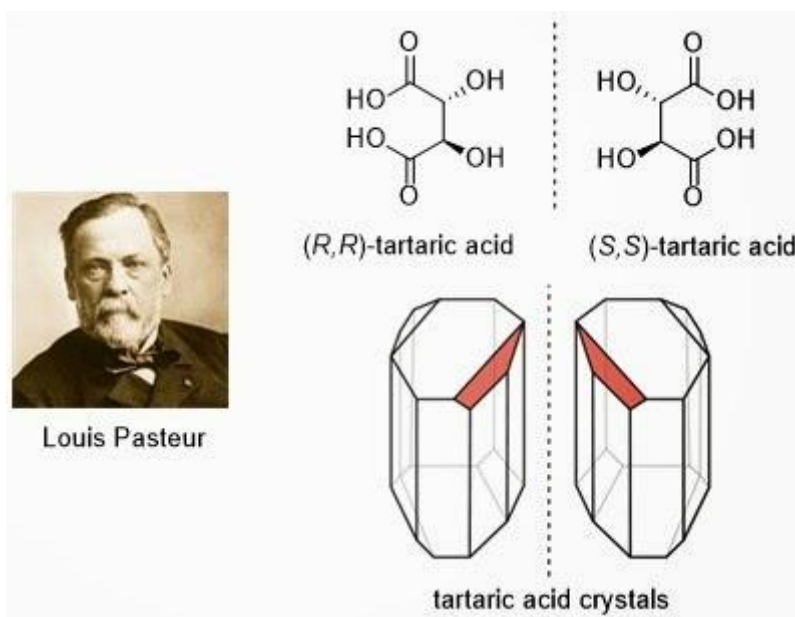


Louis Pasteur και το τρυγικό οξύ - Η γέννηση της στεreoχημείας από έναν κρύσταλλο

Δρ Σπύρος Κιτσινέλης

Η ανακάλυψη της μοριακής χειρομορφίας αποτελεί θεμέλιο της σύγχρονης Χημείας και Βιοχημείας. Το 1848, ο Louis Pasteur, μελετώντας άλατα του τρυγικού οξέος, κατόρθωσε να εξηγήσει ένα φαινομενικά παράδοξο φαινόμενο οπτικής δραστηριότητας. Η εργασία του οδήγησε στη θεμελίωση της στεreoχημείας και αποκάλυψε ότι οι χημικές ιδιότητες των ουσιών δεν εξαρτώνται μόνο από τη σύσταση αλλά και από τη χωρική διάταξη των ατόμων.

Το **τρυγικό οξύ (tartaric acid)** ήταν γνωστό από τον 18ο αιώνα ως φυσικό συστατικό του κρασιού. Ένα από τα πιο παράξενα χαρακτηριστικά του ήταν η ικανότητά του να στρέφει το επίπεδο του πολωμένου φωτός, ιδιότητα γνωστή ως οπτική δραστηριότητα. Ο Pasteur όταν εξέτασε προσεκτικά τα κρυσταλλικά δείγματα ανακάλυψε ότι περιείχαν δύο εκδοχές που ονομάζουμε ρακεμικό μίγμα. Ένα μίγμα με πανομοιότυπο χημικό τύπο που όμως δεν παρουσίαζε καμία οπτική δραστηριότητα. Αυτό ήταν ένα ισομοριακό μίγμα δύο εναντιομερών, του δεξιόστροφου και του αριστερόστροφου, των οποίων οι οπτικές δράσεις αλληλοαναιρούνται, οδηγώντας σε συνολικά μηδενική οπτική δραστηριότητα. Ο όρος «ρακεμικό» προέρχεται από το λατινικό *racemus*, που σημαίνει τσαμπί σταφυλιού, υπενθυμίζοντας την προέλευση του τρυγικού οξέος από τα υπολείμματα της ζύμωσης του κρασιού.



Το φαινόμενο αυτό αποτελούσε πρόκληση για τη χημεία της εποχής, η οποία ερμήνευε τις ιδιότητες των ουσιών αποκλειστικά με βάση τη στοιχειακή τους σύσταση. Η ύπαρξη δύο χημικά ταυτόσημων ενώσεων με διαφορετική συμπεριφορά στο πολωμένο φως δεν μπορούσε να εξηγηθεί.

Η εργασία του Pasteur κατέδειξε ότι τα μόρια μπορούν να υπάρχουν σε δύο μορφές που είναι μη επικαλυπτόμενες κατοπτρικές εικόνες, γνωστές σήμερα ως εναντιομερή. Η ιδιότητα αυτή ονομάστηκε αργότερα χειρομορφία (chirality). Η ανακάλυψη αυτή ανέτρεψε την τότε αντίληψη για τη δομή των μορίων και έθεσε τα θεμέλια της στερεοχημείας, δηλαδή της μελέτης της τρισδιάστατης διάταξης των ατόμων.

Στη φύση, τα βιολογικά συστήματα συνήθως παράγουν ή συσσωρεύουν ένα από τα δύο εναντιομερή μιας ένωσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ένζυμα και οι βιοσυνθετικοί μηχανισμοί αναγνωρίζουν συγκεκριμένες τρισδιάστατες δομές και λειτουργούν εκλεκτικά, επιτρέποντας τη σύνθεση μόνο ενός τύπου. Η σημασία της ανακάλυψης του Pasteur εκτείνεται πολύ πέρα από το τρυγικό οξύ. Στη σύγχρονη χημεία, φαρμακολογία και βιοχημεία, είναι πλέον γνωστό ότι τα εναντιομερή μιας ένωσης μπορούν να παρουσιάζουν δραστικά διαφορετικές βιολογικές και φαρμακευτικές επιδράσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η θαλιδομίδη όπου το ένα εναντιομερές της έχει ηρεμιστική και αντιαλλεργική δράση, ενώ το άλλο είναι τερατογόνο και προκάλεσε σοβαρές γενετικές βλάβες σε νεογέννητα. Αντίστοιχα, πολλά φάρμακα για την καρδιά, την πίεση ή την κατάθλιψη εμφανίζουν εντυπωσιακά διαφορετική δραστηριότητα ανάλογα με το εναντιομερές που χρησιμοποιείται. Στον τομέα των φυσικών προϊόντων και των βιταμινών, επίσης, τα μόρια σε διαφορετική χωρική διάταξη μπορεί να είναι είτε βιολογικά ενεργά είτε ανενεργά, όπως συμβαίνει με την βιταμίνη E, όπου μόνο το R-ισομερές είναι πλήρως βιολογικά δραστικό. Η ιστορία του τρυγικού οξέος δείχνει με σαφήνεια ότι μια προσεκτική παρατήρηση και ένα απλό πείραμα μπορούν να οδηγήσουν σε θεμελιώδεις επιστημονικές ανακαλύψεις, θέτοντας τα θεμέλια της στερεοχημείας και ανοίγοντας τον δρόμο για τη σύγχρονη φαρμακευτική και βιοχημική έρευνα.

Πηγές

1. Pasteur, L., *Recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline et la composition chimique* (1848).
2. Jacques, J., Collet, A., Wilen, S., *Enantiomers, Racemates and Resolutions*.
3. IUPAC, *Compendium of Chemical Terminology (Gold Book): Chirality*.
4. Greenwood, N. N., Earnshaw, A., *Chemistry of the Elements*.