Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 7 (1952)
Heft: 2

Artikel: Atmung - ohne Sauerstoff : vom Wesen der Nitratatmung
Autor: Frühmann, R.K.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-653607

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Atmung – ohne Sauerstoff

Vom Wesen der Nitratatmung

DK 577.3 : 581.129 : 577.151

Die Bedeutung der Atmung wurde zum erstenmal von Lavoisier erklärt, der nicht nur das Wesen der Verbrennung an sich erkannte, sondern, die gleiche Erklärung auch für die Atmung anwendend, zu folgender Erkenntnis kam: Atmung ist nichts anderes als eine langsame Verbrennung organischer Substanzen, eine Verbindung mit Sauerstoff, die die dem Körper für die verschiedenen Lebensvorgänge notwendige Energie liefert.

Im Jahre 1861 fand nun Pasteur Bakterien, die selbst bei vollständigem Fehlen von freiem Sauerstoff zu leben vermögen, und spätere Forschungen deckten nach und nach die Existenz zahlreicher Arten derartiger Mikroben auf. Heute sind sie unter dem Namen Anaeroben bekannt und werden in zwei Gruppen unterteilt: In solche, die nur bei völliger Abwesenheit von Sauerstoff zu leben vermögen, und in solche, die sich sowohl an das Vorhandensein als auch an das Fehlen des Sauerstoffs anpassen können. Pasteur war es auch, der zeigte, daß die notwendige Energie bei diesen Lebewesen aus einer Fermentation (Gärung) stammt. Eine derartige Fermentation ist nichts anderes als ein unvollständiger Abbau der Nahrungsmittel (meist Hexosen), der in Abwesenheit von Sauerstoff vor sich geht. Eine solche Aufspaltung der Nahrung ist nun aber keineswegs auf anaerobische Lebewesen beschränkt, sondern findet sich auch ganz allgemein bei allen aerobischen Lebewesen. Ein Beispiel dafür ist die Glykolyse in den Muskeln der Tiere, ein Prozeß, der im wesentlichen mit der alkoholischen Gärung identisch ist.

So haben wir also nun bereits zwei Arten, um die in den Nahrungsmitteln gespeicherte chemische Energie freizumachen: Sauerstoffatmung und Fermentation. Nun erschienen jedoch in den letzten Jahren immer mehr Berichte, die eine dritte Möglichkeit wahrscheinlich erscheinen ließen, eine Art, die man weder als Sauerstoffatmung noch als Fermentation ansprechen kann. Sie wurde zum erstenmal im Jahre 1925 entdeckt, als Quastel, Stephenson und Whetham mitteilten, daß eine bestimmte Anaerobe (Escherichia coli) zwar auf künstlichem Nährboden wachsen kann, der Ammoniumlaktat als einzige organische Substanz enthielt, jedoch nur in Anwesenheit freien Sauerstoffes; gab man jedoch dem Nährboden ein bescheidenes Quantum eines Nitrates zu, so wuchs das Bakterium auch bei Fehlen des freien Sauerstoffes. Gleichartige Versuche wurden später auch von Aubel und Egami bei einem Bakterium durchgeführt, das auf alaninhaltigem Nährboden gehalten wurde.

In beiden Fällen nützten die Bakterien die Nitrate nicht als Stickstoffquelle, sondern als Sauerstofflieferanten. Während also bei der Sauerstoffatmung folgender Prozeß vor sich geht:

$$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH + 3\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 3\,H_2O,$$

verläuft die Oxydation bei Nitratbeigabe so:

$$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH + 6\,KNO_3 \rightarrow 3\,CO_2 + 3\,H_2O + 6\,KNO_2.$$

Solange man streng an der Definition Pasteurs festhält, daß Fermentation eine Lebensweise unter sauerstofflosen Bedingungen ist, wäre die oben erwähnte Art der Oxydation mittels Nitrat zweifellos zur Fermentation zu rechnen. Es handelt sich hier jedoch — im Gegensatz zur Fermentation — um eine vollständige Oxydation, wobei eine besondere anorganische Substanz, das Nitrat, die Hauptrolle spielt. Man könnte hier eher — wie der japanische Chemiker Ryo Sato, der wesentlichen Anteil an der Erforschung dieser Vorgänge hat, vorschlägt — von einer Nitratatmung sprechen. Ryo Sato gelang es auch im Jahre 1946 als Mitarbeiter von Prof. Egami mit Hilfe von Ultraschall aus Escherichia coli ein Enzym zu etrahieren, das fähig ist, die Nitrate zu aktivieren. Dieses Enzym, dessen Existenz bereits Quastel bemerkt hatte und dem später der japanische Chemiker Jamayata den Namen Nitratreduktase gab, spielt die Rolle eines Katalysators bei der Reaktion zwischen dem Nitrat und einem Wasserstoffüberträger, der es zu Nitrit reduziert. Im Versuch kann Methylenblau diese Rolle des Wasserstoffüberträgers einnehmen, in der Natur hat diese Aufgabe ein Flavinadenin-dinucleotid. Auch ein Succenat-Succenatdehydrogenase-System kann den Wasserstoff auf das Nitrat-Nitratreduktase-System übertragen, und zwar ohne irgendeinen Vermittler.

Spektroskopische Beobachtungen ergaben, daß die Nitratreduktase eine Art von Eisenporphyrinprotein (Hämoprotein) ist. Außerdem weist manches darauf hin, daß sie vielleicht identisch, zumindest jedoch verwandt ist mit dem Cytochrom B, das sich in der Escherichia coli findet.

Die Nitratreduktase spielt somit bei der Nitratatmung dieselbe Rolle wie das sogenannte Warburg-Keilin-System (ein Hämin-Enzym-System) bei der Sauerstoffatmung, und somit erscheint die Nitratatmung auch bedeutend mehr verwandt der Sauerstoffatmung als der Fermentation. Dies drückt sich auch letzten Endes im Wert der Reaktionswärme aus:

Alkoholfermentation:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 + 28\ \text{Cal}$$

Sauerstoffatmung:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 674\ \text{Cal}$$

Nitratatmung:

$$C_6H_{12}O_6 + 12\,KNO_3 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 12\,KNO_2 + 422\ \text{Cal}.$$

Es scheint daher der Gedanke naheliegend, daß die Fermentation die ursprüngliche Lebensweise war, der die Nitratatmung folgte, und erst als der Sauerstoffgehalt der Luft eine entsprechende Anreicherung erfahren hatte, wurde die Sauerstoffatmung aufgenommen, da sie die größtmögliche Energie pro Molekül liefert.

R. K. Frühmann