Zeitschrift: Gesundheitsnachrichten / A. Vogel
Herausgeber: A. Vogel
Band: 75 (2018)
Heft: 3: Katalysator im Stoffwechsel : tüchtige Enzyme

Artikel: Bausteine des Lebens
Autor: Dürselen, Gisela
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-815877

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: 21.01.2026

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

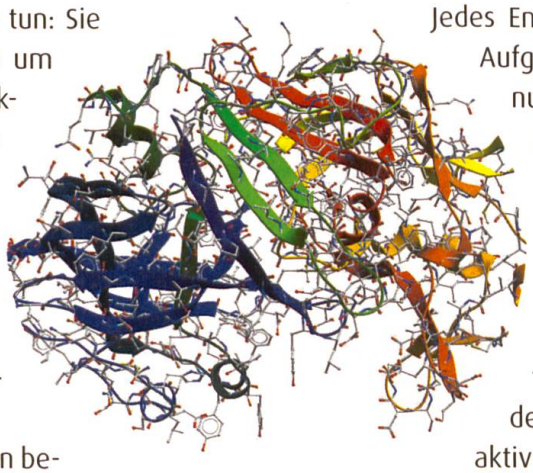
Bausteine des Lebens

Was verbindet das Heilen einer Wunde, das Brauen von Bier und das Leuchten eines Glühwürmchens miteinander? Es sind dabei Enzyme im Spiel, ohne die Leben auf dieser Erde nicht möglich wäre.

Text: Gisela Dürselen

Zwei französische Forscher gewannen 1833 aus Malz eine Substanz, welche Stärke in Traubenzucker verwandeln kann. Sie nannten ihren Fund «Diastase», was so viel wie Spaltung bedeutet. Drei Jahre später entdeckte der deutsche Begründer der Zellbiologie, Theodor Schwann, einen Stoff, der Eiweiss spaltet. Er taufte ihn «Pepsin», was für «Verdauung» steht (molekulares Modell siehe Bild). Die ersten Enzyme waren gefunden. Damals hiessen sie allerdings noch «Fermente» und damit «Gärungsmittel» oder auch «Sauerteig».

Die Wörter Ferment und Enzym weisen darauf hin, was diese Makromoleküle tun: Sie bauen Stoffe ab, wandeln sie um und bauen sie zu neuen Produkten wieder auf. Damit steuern sie den gesamten Stoffwechsel und alle lebenswichtigen Vorgänge im Körper. Sie sind beteiligt an der Verdauung, an Atmung und Immunsystem und an der Kommunikation zwischen den Zellen.



Als sogenannte Biokatalysatoren beschleunigen sie alle chemischen Vorgänge im Körper: Bei normaler Raumtemperatur würden diese ohne Enzyme so langsam ablaufen, dass kein Lebewesen existieren könnte. Enzyme sind somit der Treibstoff für das Leben und kommen in jeder Zelle vor: in Pflanzen, Tieren, Menschen – und in Mikroorganismen. Da fast alle Enzyme aus Aminosäuren und damit Eiweissen bestehen, sind sie selbst Eiweisse. Welche das sind und was sie genau tun, verdeutlichen die Bezeichnungen ihrer Gruppen: Bis auf wenige Ausnahmen enden alle auf «-ase». (Nur zu Beginn der Entdeckungszeit gab man den Enzymen noch Namen, die meist mit «-in» endeten.) Die jeweiligen Gruppennamen beziehen sich auf den Stoff, mit dem ihre Enzyme reagieren: Laktasen zerlegen die Laktose der Milch, Cellulasen trennen Zellulose auf und Proteasen teilen Proteine, also Eiweisse.

Arbeiten im Team

Jedes Enzym ist dabei auf bestimmte Aufgaben spezialisiert und reagiert nur auf ganz spezifische Stoffe, die sogenannten Substrate. Trotzdem agieren Enzyme nicht alleine: Sie brauchen das Team, in dem sie sich gegenseitig regulieren und kontrollieren und an- und abschalten. So wie bei einem Schnitt in den Finger: Das Enzym Thrombin aktiviert Stoffe, welche die Blutung stoppen, Gefässwände verengen und die Wunde reinigen. Dann schaltet das Thrombin ein weiteres Enzym namens Fibrin dazu. Das Fibrin lagert sich an der Wunde ab und verschliesst diese – von aussen zu erkennen an einer Kruste. Fresszellen transportieren nun das kaputte Gewebe ab; weitere Substanzen wandern ins Wundgebiet ein und repa-

rieren beschädigte Stellen. Wenn das Gewebe wieder intakt ist, tritt das Enzym Plasmin in Aktion: Es verflüssigt das Blut wieder und baut sein Vorgängerenzym Fibrin ab.
Zwischen Enzymen wie Fibrin und Plasmin herrscht ein sensibles Gleichgewicht. Denn schon eine kleine Abweichung könnte lebensbedrohlich sein: Würde das Fibrin nicht abgeschaltet, könnte es das Blut zu sehr verdicken und zu Blutgerinnseln führen. Ein überaktives Plasmin hingegen könnte das Blut so verdünnen, dass schon die nächste kleine Wunde eine starke Blutung verursacht.

Enzymgabe als Therapie

Manche Enzyme arbeiten nur in bestimmten Organen. Das hilft bei der medizinischen Diagnostik: Ist ein Organ geschädigt, sterben Zellen ab; Enzyme werden freigesetzt und gelangen ins Blut. Eine enzymatische Messung erfasst diese Enzyme, und der Arzt kann Rückschlüsse ziehen auf die Art und Schwere einer Krankheit. Leberwerte und Blutzucker werden so ermittelt; auch Herzinfarkt und einige Erbkrankheiten bei Ungeborenen werden mithilfe eines Enzymspiegels festgestellt.
In der Therapie hemmen oder fördern Medikamente bestimmte Enzyme oder fügen einzelne Enzyme oder Enzymgemische hinzu. Solche Präparate haben ihre Wirksamkeit bewiesen während frischer Blutgerinnsel bei Thrombosen, ebenso bei Herzinfarkt, Erkrankungen der Bauchspeicheldrüse und bei Verletzungen und Entzündungen. Aufgrund der blutverdünnenden Eigenschaften vieler Enzyme sind enzymhaltige Arzneien jedoch nicht immer das Mittel der Wahl. Vor allem bei Patienten mit Blutungsneigung und bei der Einnahme gerinnungshemmender Arzneien wie Marcumar; ebenso bei Schwangeren und Menschen mit Leber- und Nierenleiden.
Der Klassiker unter den Enzymblockern ist das Aspirin, das nicht nur Schmerzen und Entzündungen lindert, sondern auch ein Blutgerinnungsenzym hemmt. Insektizide und Schlangengifte sowie das Rattengift Cumarin enthalten ebenfalls Enzymblocker, und auch manche Pflanzen wehren sich damit gegen Frassfeinde. Die Grapefruit ist aus diesem Grund bekannt, was ihre Wechselwirkungen mit Medikamenten angeht: Stoffe aus der Frucht hemmen Enzyme, die Arzneimittelstoffe abbauen. Das kann die Wirkung bestimmter Präparate verstärken.
Einen besonderen Platz in der naturheilkundlichen therapeutischen Anwendung nimmt die systemische Enzymtherapie ein. Als Pionier gilt Prof. Max Wolf, der mit seiner Mitarbeiterin Helene Benitez das Enzymgemisch «Wobe» entwickelte und in den 1940er-Jahren damit in den USA viele Patienten von Rang und Namen behandelte. Die Therapie funktioniert mit systemisch wirkenden Enzymgemischen: Sie gehen nicht auf bestimmte Organe, sondern wirken über die Blutbahn im ganzen Körper. Präparate nach dem Rezept von Wolf-Benitez sollen zur allgemeinen Stärkung des Immunsystems beitragen, ferner werden sie empfohlen bei Entzündungen – etwa in der Sportmedizin – und als Begleittherapie bei der Behandlung von Krebs, wo sie die Nebenwirkungen von Chemo- und Strahlentherapien lindern sollen.
Die systemische Enzymtherapie hat nicht nur Befürworter; die orale Aufnahme von Enzymen ist umstritten. Manche werden bereits im Magen deaktiviert, bevor sie dorthin gelangen, wo sie eigentlich wirken sollen. Enzympräparate in Pillenform wie die Wobe-Wirkstoffe sind daher mit einer magensaftresistenten Kapsel umgeben, welche sich erst im Dünndarm auflöst und dort ihre Wirkstoffe freigibt. Aber selbst durch den Dünndarm gelangen manche Enzyme nur zum Teil intakt ins Blut. Darum werden die Präparate oft hoch dosiert und über einen längeren Zeitraum eingenommen.

Temperatur regelt die Aktivität

Enzyme sind insgesamt recht anspruchsvoll, was ihre Umgebung anbelangt. Für die menschlichen Enzyme liegt die optimale Arbeitstemperatur bei circa 37 Grad Celsius, also der normalen Körpertemperatur. Bei Fieber über 42 Grad setzt der Tod durch Denaturierung der Proteine (Enzyme) ein.
Bei kälteren Temperaturen verzögert sich die Aktivität. Unter null Grad Celsius arbeiten Enzyme so langsam, dass Lebensmittel im Gefrierschrank kaum verderben und sich sehr lange halten. In der Natur

existieren jedoch auch Enzyme, die selbst unter extremen Bedingungen aktiv sein können: in heissen vulkanischen Quellen, in den Tiefen der Meere und in den kältesten Regionen der Erde.
Neben der Temperatur ist der pH-Wert – also der Säuregrad – entscheidend für das Funktionieren eines Enzyms. Je nachdem, wo es im Körper aktiv ist, braucht es einen anderen pH-Wert.
Eine äusserst anspruchsvolle Enzymgruppe ist dabei die der Peptide. Diese werden besonders leicht durch die Verdauung deaktiviert – auf der anderen Seite sind viele von ihnen interessant für die Pharmazie. Denn Peptide zerlegen Stoffe, und einige können Gluten spalten, was das Leben vieler Zöliakie-Patienten erleichtern könnte. Dazu müssten die Peptide allerdings zunächst unbeschadet an den Ort ihrer Wirksamkeit gelangen.

Vielversprechendes Pilz-Enzym

Ein Team um Prof. Dr. Jean-Christophe Leroux an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich forscht seit einigen Jahren an speziellen Gluten-Peptiden. Die Forscher markieren jeweils ein Peptid mit einem fluoreszierenden Farbstoff und beobachten, wo im Körper es aktiv ist und wo es zerstört wird. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wollen die Wissenschaftler die Bedingungen im Körper so verändern, dass die Peptide besser aufgenommen werden können und länger als bisher aktiv bleiben.
Ebenfalls an der ETH Zürich forscht eine Gruppe um Prof. Markus Künzler an einem Peptid aus einem mediterranen Pilz. Denn auch Pilz-Enzyme können im menschlichen Körper aktiv sein, weil die Grundbausteine des Stoffwechsels in allen Lebewesen gleich und Enzyme daher oft über Artgrenzen hinaus wirksam sind. Das von den ETH-Forschern entdeckte Pilz-Enzym ist im Unterschied zu den meisten anderen Peptiden wenig empfindlich und wird vom Körper sehr gut aufgenommen. Zudem ist es in der Lage, andere Peptide zu verändern. Die Forscher wollen nun das Pilz-Enzym mit anderen, pharmazeutisch vielversprechenden Peptiden kombinieren und so völlig neue Enzyme kreieren. Diese neuen behalten ihre pharmazeutischen Eigenschaften und werden

Enzyme? Hier drin!

Papaya

Ananas

Kohl

Feigen

zusätzlich vom Körper gut resorbiert. Die Informationen über diese Enzyme kommen in eine spezielle Peptid-Datenbank. Aus dieser können sich dann andere Forscher bedienen, wenn sie beispielsweise ein neues Medikament entwickeln.

Papaya und die Volksmedizin

In der Volksmedizin kennt man Mono-Präparate mit nur einem einzigen Enzym wie dem Pilz-Enzym nicht. Denn früher hielt man sich an das, was die Natur den Menschen bescherte – und das waren vor allem Früchte, Gemüse und Fleisch mit ihren Enzymgemischen. Im antiken Griechenland servierte man Heidelbeeren bei Darmbeschwerden, und Wein diente nicht nur als berauschendes Getränk bei Festen, sondern war auch Grundlage für diverse Heilmittel. In deutschsprachigen Ländern wurden Ausschläge, Quetschungen und Entzündungen mit Wickeln aus enzymreichen Kohlblättern behandelt, und für eine gute Verdauung schwören Einheimische der Tropen noch heute auf Ananas und Papaya. Naturvölker behandeln Geschwüre mit dem Saft von Feigen.

Auch **Alfred Vogel** war beeindruckt von den Wirkungen der Papaya. In seinem Buch «Der kleine Doktor» ist von indianischen Urvölkern in Florida zu lesen, die zähes Fleisch von älteren Tieren über Nacht in Papaya-Blätter einwickelten, damit es zart wurde. «Heute nennen wir diesen eigenartigen Stoff, der Eiweiss zerlegt, man möchte fast sagen, vorverdaut, Papain», schrieb A.Vogel. Er selbst hielt sich mit Papaya gesund, wenn er in die Tropen reiste: Er nahm stets ein Papaya-Präparat mit, und wenn immer möglich kaute er nach einer Mahlzeit ein Stück Papaya-Blatt. So hatte er nicht nur eine gute Verdauung – als effizientes Wurmmittel bewahrte ihn das Enzym Papain auch vor Parasiten.

Wichtige Co-Enzyme

Wenn Papain Eiweiss zerlegt, wird es dabei – wie auch alle anderen Enzyme – nicht verbraucht. Der Körper muss die Enzyme trotzdem immer wieder neu herstellen, weil sie nur eine begrenzte Lebensdauer haben. Manche sind mehrere Wochen aktiv, andere weniger als eine halbe Stunde. Einige Enzyme kann der Körper jedoch nicht alleine produzieren – er braucht dafür Hilfsstoffe: die sogenannten Co-Enzyme. Unerlässlich für die Co-Enzyme sind Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente, vor allem B-Vitamine und Vitamin C, Eisen und Calcium sowie die Spurenelemente Zink und Selen. Allein Zink ist an der Herstellung von schätzungsweise 80 verschiedenen Enzymen beteiligt.

Ein wichtiges Co-Enzym ist Q10: eine vitaminähnliche Substanz, die vor allem durch die Fermentation von Hefen und Bakterien entsteht und auch als Anti-Aging-Mittel bekannt ist. Q10 ist ein starkes Antioxidationsmittel, unterstützt damit den Aufbau und Schutz von Zellen und stärkt Herz und Nerven. Hersteller von Q10-Kosmetik versprechen ausserdem verjüngende und hautstraffende Effekte. Der Körper produziert Q10 normalerweise ausreichend selbst. Doch es kann auch über die Nahrung aufgenommen werden: In grösseren Mengen kommt es in Pflanzenölen wie Sesam- und Sonnenblumenöl vor, ebenso in öligen Fischen wie Makrelen sowie in Nüssen und verschiedenen Kohlsorten.

Im Alter produziert der Körper weniger Q10 und generell langsamer Enzyme. Es kann zu einem Mangel kommen. Auch Stress und einige Krankheiten sowie Alkohol und Nikotin erhöhen die Gefahr einer Unterversorgung. Je nachdem, welche Enzyme fehlen, können die möglichen Symptome variieren: Sie reichen von allgemeiner Krankheitsanfälligkeit, Verdauungsbeschwerden und Nahrungsmittelunverträglichkeiten über Migräne und schlechte Wundheilung bis hin zu chronischen Entzündungen und Arteriosklerose. Manche Arten von Enzymmangel sind allerdings genetisch bedingt: Vielen Asiaten zum Beispiel fehlt ein Enzym zum Abbau von Alkohol, weswegen sie diesen nicht gut vertragen.

Multitalente am Werk

In der biomedizinischen Forschung und Technologie gehört die Schweiz zu den weltweit führenden Standorten: Biochemiker suchen fieberhaft nach neuen Behandlungsmethoden und Wirkstoffen mit Enzymen. Denn diese Präparate sind effizient und haben weniger Nebenwirkungen als die meisten anderen Therapeutika.

Eine wichtige Rolle spielen Enzyme aber auch jen-

Durch die Beigabe von Enzymen werden Brötchen beim Backen knusprig. Kritiker machen darin ein Allergiepotenzial aus.

seits der Medizin: in der Landwirtschaft und Umwelttechnik, bei der Herstellung von Kunststoffen und Biotreibstoffen. Für die Nahrungsmittelindustrie produzieren Enzyme natürliche Aromen; sie machen Brötchen knusprig und Apfelsaft klar. In der Papierherstellung ersetzen sie umweltschädliches Chlor, und in der chemischen Industrie ist die sogenannte Biokatalyse mithilfe von Enzymreaktionen mit circa 80 Prozent an der Herstellung aller Produkte beteiligt. Solche Enzymreaktionen bieten im Vergleich zu den anorganisch-chemischen Prozessen beachtliche Vorteile: Enzyme erzeugen beste Qualitäten, sie arbeiten äusserst präzise und schnell, sie liefern ausserdem keine toxischen Abfälle, und die Biokatalyse ist insgesamt kostengünstiger, weil sie eine höhere Ausbeute liefert.

Eine schweizweite Plattform für Wissenschaftler aus verschiedenen Disziplinen bietet das 2016 gegründete und vom Bund geförderte Kompetenzzentrum für Biokatalyse (CCBIO) an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) Wädenswil. Das gemeinsame Ziel der Forscher ist, massgeschneiderte Enzyme zu entwickeln und damit neue Anwendungen für die industrielle Produktion zu ermöglichen.

Industrielle Nutzung – wirklich unbedenklich?

Das Problem bei der industriellen Nutzung von Enzymen war lange Zeit ihre Begrenztheit, denn sie wurden aus Pflanzen und Tieren gewonnen. Heute stammen immer mehr dieser Enzyme aus dem Stoffwechsel von Mikroorganismen, die sie tonnenweise ausscheiden. Dass sie das tun, verdankt die Industrie der sogenannten Weissen Gentechnik: Schätzungen gehen davon aus, dass allein in der industriellen Lebensmittelherstellung mehr als 80 Prozent aller Enzyme von gentechnisch veränderten Mikroorganismen stammen.

In Lebensmitteln brauchen Enzyme laut EU-Verordnung eine Zulassung und müssen auf ihre Unbedenklichkeit hin geprüft sein. In der Zutatenliste sind sie aber sehr selten deklariert, weil sie nur zur Herstellung eines Produkts benutzt werden, jedoch keine technologische Funktion im Lebensmittel selbst erfüllen. Kritiker befürchten trotz des Nachweises der Unbedenklichkeit eine Zunahme von Allergien und fordern weitere Forschung und die Kennzeichnung aller an der Verarbeitung von Lebensmitteln beteiligten Enzyme.

Die Biokatalyse gilt als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Bekannt sind bislang die Wirkmechanismen einzelner Enzyme und dass Gene die Baupläne für Proteine und somit auch für Enzyme liefern. Seit 2003 sind sämtliche menschlichen Gene gelesen. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Lebensvorgänge in den Zellen wirklich verstanden sind: Die heisse wissenschaftliche Frage lautet nun, was die extrem variablen Enzyme im Körper genau machen, wie sie zusammenspielen und wie sie sich wechselseitig beeinflussen. •

Eine Klasse für sich

Alle Enzyme werden von der Internationalen Enzym Kommission (abgekürzt EC) in sechs Hauptklassen eingeteilt, die wiederum in Unterklassen und weitere Untergruppen untergliedert werden, sodass eine vierstellige Klassifikationszahl entsteht, die sogenannte EC-Nummer. Die Hauptklassen sind: Oxidoreduktasen, Transferasen, Hydrolasen, Lyasen, Isomerasen, Ligasen.