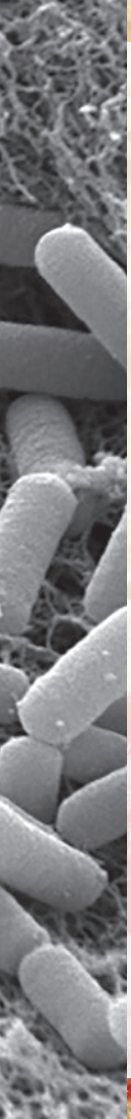
„Niedrigtemperatur-Garen“ mit Bakterien

Fermentierte Lebensmittel

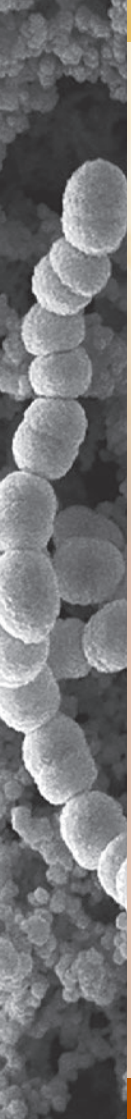


Fermentierte Lebensmittel

Von früh bis spät und das weltweit

Zum Frühstück eine Tasse Kaffee oder Tee, zum Mittagessen Sauerkraut oder Sushi mit Sojasauce und eingelegtem Ingwer, zwischendurch vielleicht einen Joghurt sowie ein Stückchen Schokolade und zum Abendessen dann ein Sauerteigbrot mit Salami, Käse und Sauren Gürkchen oder einen Antipastiteller, dazu ein Bier oder einen Wein. Fermentierte Lebensmittel begleiten uns durch den Tag, oft ganz unbewusst aber immer präsent. Und das überall auf der Welt! Ob als Kimchi in Korea, als Miso in Japan, als Kocho in Äthiopien, als Sauerkraut in Deutschland, als Surströmming in Schweden oder als Kefir in Russland. Fermentierte Lebensmittel sind Teil einer jahrhundertealten Kochkultur: der Haltbarmachung von verderblicher Nahrung.

Die Hauptarbeit leisten wir Menschen dabei nicht selbst, wir können nur den Nährboden legen für die eigentlichen Meisterköche. Das sind Bakterien, echte Schleckermäulchen, die sich bei bestimmten Temperaturen unter Ausschluss von Sauerstoff mit Entzücken auf den Zucker der ihnen angebotenen Rohstoffe stürzen. Mit ihrem Heißhunger verwandeln sie das Ursprungsprodukt in ein ganz neues Erzeugnis um. Dabei entstehen Milch- und Essigsäure, der pH-Wert sinkt und das Endprodukt ist deshalb jetzt lange genießbar. Die Kleinstlebewesen verdauen bei der Fermentation die menschliche Nahrung sozusagen vor und das scheint auf den ersten Blick zunächst wenig appetitlich. Doch unser Darm und auch unsere Geschmacksnerven sind begeisterte Abnehmer von fermentierten Lebensmitteln. Denn Bakterien können sogar unspektakuläre und vor allem schwer verdauliche Nahrung so verarbeiten, dass beispielsweise aus relativ geschmacksneutralem und vor allem schwerverdaulichem Weißkohl das interessantere und besser verwertbare Sauerkraut entsteht. Fermentation ist also eine geschmackliche und inhaltsstoffliche Wertsteigerung, eine Evolution: Nahrung 2.0! Der menschlichen Kreativität und Entdeckungsfreude sind dabei keine Grenzen gesetzt, denn jeder pflanzliche und tierische Rohstoff lässt sich fermentieren. Bakterien machen's möglich.



Bakterien in Lebensmitteln

Immer und überall

Im Fermentations-Zirkus ist das Milchsäurebakterium der Star in der Manege: Es kann alles fermentieren – Sauerkraut, Salami, Käse und Joghurt – und ist immer und überall dabei. Milchsäurebakterien fliegen uns nicht zu, nein, sie sind schon da. Vom neugeborenen Baby bis zum Erwachsenen: diese Bakterien halten uns ein Leben lang die Treue. Optisch sind die kleinen Stäbchen oder Kokken eher wenig spektakulär. Angesetzt auf ein Lebensmittel bauen sie ungeheuer effizient Kohlenhydrate in Milchsäure um und hemmen somit wirkungsvoll andere Bakterien-Konkurrenten. Dabei ist Milchsäurebakterium nicht gleich Milchsäurebakterium: es gibt Vertreter unter dieser heterogenen Gruppe, die neben der Milchsäure noch weitere Nebenprodukte in nennenswerter Menge produzieren, etwa Alkohol; Essigsäure oder sogar Kohlendioxid. Andere Milchsäurebakterien tun dies nicht. Bei ihnen ist der Name Programm und ihr Output ist ganz überwiegend Milchsäure. Tatsächlich ist der Begriff „Milchsäurebakterien“ ein Sammelbegriff für verschiedene Gattungen von Bakterien. Weitere für das Fermentieren wichtige Bakteriengruppen sind etwa Staphylokokken und Mikrokokken. Entscheidend dafür, welche Bakteriengattungen im Prozess die Oberhand gewinnen, ist zum einen, welche Bakterien in welchen Mengen zugesetzt werden oder vor Ort vorhanden sind und zum anderen, welche Bedingungen in Sachen Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Sauerstoffsättigung der Luft herrschen. Das bedeutet, dass schon bei der Fermentation nur eines Lebensmittels viele unterschiedliche Milchsäurebakterien mitmischen, die je nach Phase des Transformationsvorgangs in unterschiedlichen Mengen auftreten. Findet die Fermentation von zum Beispiel Kraut unter Luftabschluss statt, sind die Milchsäurebakterien im Vorteil, ebenso schadet ihnen Salz weniger als manchen anderen Bakterien. Doch wird permanent Sauerstoff an das Fermentationsgut gelassen, begünstigt dies die Essigsäurebakterien. Und die Bakterien machen die Fermentierung von Lebensmitteln keineswegs unter sich aus: Je nach Umweltbedingungen, Lebensmittel und Fermentationsphase mischen auch Hefen und Schimmelpilze kräftig mit.

Haltbarkeit von Lebensmitteln

Zwischen fermentiert und verdorben

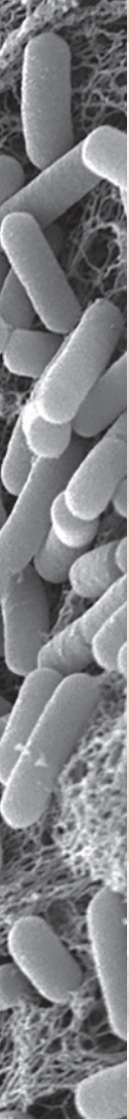
Sandor Ellix Katz, Verfasser des mehr als 600-Seiten starken Werkes „Die Kunst der Fermentierung“ schreibt zu recht, dass die Grenze zwischen fermentiert und verdorben unscharf sei und sieht zwischen frisch und verdorben einen „kreativen Raum“ in dem einige der „verlockendsten Gerüche“ entstehen. Tatsächlich ist das, was wir als „Haltbarkeit“ von Lebensmitteln bezeichnen, nicht zuletzt Ansichtssache oder besser Geschmackssache. Zum Glück gilt für die allermeisten Lebensmittel: lange bevor das Lebensmittel gesundheitsgefährdend verdorben ist, lassen Geruch, Geschmack und meist auch die Textur nach. Was knackig war, wird breiig, was duftete, riecht fad und was ein Genuss sein sollte, wird zum Pflichtprogramm für die Geschmacksnerven.

Als die Dichte der Supermärkte noch nicht so hoch war und das häufige Einkaufen aller benötigten Lebensmittel nicht zum üblichen Lebensstil gehörte, spielte die Haltbarkeit von Lebensmitteln – und auch das Wissen über die Techniken, Lebensmittel länger haltbar zu machen, was zumeist Fermentierung von Lebensmitteln bedeutete, eine weit größere Rolle als heute. Fehler, die dabei gemacht wurden, wie unsauberes Arbeiten, wurde bei der Michverarbeitung zu Joghurt, Dickmilch und anderem, ebenso wie beim Einlegen von Gemüse oder der Produktion von Dauerwurst manchmal teuer mit der Gesundheit bezahlt. Heute ist dieses Wissen in weiten Kreisen der Bevölkerung sehr in den Hintergrund gerückt. Angesichts des zunehmenden Bewusstseins für das Thema Lebensmittelverschwendung ist die Frage, wie lange Lebensmittel haltbar sind jedoch für viele Menschen wieder interessant geworden. Wenn man den Blick ins Innere der Lebensmittel richtet, gibt es einiges zu entdecken, was dafür relevant ist. So etwa beim Joghurt, bei dem die „milde“ Variante den klassischen „sauren“ Joghurt weitgehend verdrängt hat. Dass dies für die Haltbarkeit von Bedeutung ist, weiß sicher nicht jeder Einkäufer: doch während die im klassischen „Bulgaricus“-Joghurt verwendeten Milchsäurebakterien den Joghurt mit der Zeit immer saurer machten, ein Grund für viele, ihn nicht mehr zu essen, passiert dies beim „milden“ Produkt nicht mehr – wie Wissenschaftler des Max Rubner-Instituts bei ihren Messungen herausfanden.

Sauer macht lustig

Mikroorganismen sorgen für Aromen-Wunder

Damit die faszinierende Vielfalt des Geschmacks fermentierter Lebensmittel entsteht, muss auch die Vielfalt der Mikroorganismen aktiv werden. Es gilt, die sehr differenzierte Anpassung der verschiedenen Mikroorganismen an die tierischen und pflanzlichen Lebensmittel zu nutzen. Wie hier auf das gewünschte Ergebnis hingearbeitet werden kann, zeigt das Beispiel Bier sehr gut. Ob ober- oder untergärig entscheiden zwar die verwendeten Hefestämme, doch diese brauchen wiederum exakt definierte Temperaturen: obergärige Hefestämme arbeiten bei Temperaturen zwischen 18 und 24 Grad, untergärige bei Temperaturen zwischen 8 und 14 Grad. Auch die Zeit, die die Mikroorganismen für ihre Umsetzungsarbeit bekommen, beeinflusst den Geschmack. Lebensmittel, in denen Essigsäurebakterien ihr Werk tun, werden immer saurer, je mehr vom vorhandenen Zucker zu Energie für die Bakterien und dem Endprodukt Säure umgesetzt wird. Aber auch die Konsistenz des Lebensmittels verändert sich mit der Fermentationsdauer: wenn Gemüse fermentiert wird, werden viele chemische Verbindungen in Gurke und Kraut aufgelöst und das Ganze wandelt sich von frisch und knackig in weich oder sogar matschig – der Genuss setzt für jeden dabei an einer anderen Stelle ein. Darum sollte das Produkt während der Umsetzungslaufzeit immer wieder probieren werden. Auch für die Nase bietet die Fermentierung ein überwältigendes Spektrum an Sinneseindrücken: im Idealfall entströmt der luftig-porigen Masse eines Sauerteigs ein angenehm milchsaures Aroma. Wenn jedoch die Hefen übernehmen, erkennt man diese Mikroorganismen-Gruppen nicht nur unschwer am weißlichen Belag - sondern gänzlich zweifelsfrei auch am hefig-pilzigen Geruch. Wenn sie immer mehr die Oberhand im Sauerteig gewinnen und es ihnen so richtig gut geht, sie viel Alkohol und Kohlendioxid produzieren, ändert sich der Geruch erneute: es riecht intensiv und stechend nach Terpentin oder Lackverdünner! Das Alarmsignal für den Sauerteig-Bäcker, sich schleunigst wieder um das Wohlbefinden seiner Milchsäurebakterien zu kümmern.



Fermentation und Gesundheit

Fitnesstrainer Bakterien

Aussagen gibt es zu den Wirkungen fermentierter Lebensmittel auf die Gesundheit des Menschen viele – aber nicht alles, was man hört, liest oder im Fernsehen sieht, ist auch wirklich belegt. Der Gedanke, dass fermentierte Lebensmittel besonders gesund sind, existiert schon sehr lange: so schrieb der russische Forscher und Nobelpreisträger Elie Metchnikoff zu Beginn des 20. Jahrhunderts von der hohen Lebenserwartung der Bulgaren und dem von ihm vermuteten Zusammenhang dieser Tatsache mit dem Verzehr an fermentierten Milchprodukten. „Lactobacillus bulgaricus“ heißt denn auch das bekannteste Milchsäurebakterium, dass zur Joghurtherstellung eingesetzt wird.

Fermentierte Milchprodukte können über verschiedene Wege antimikrobiell wirken: Der Vorgang ist sehr komplex und somit nur schwer auf einzelne klar definierte Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu reduzieren. Vermutlich spielen bei dem Effekt die Produktion von Säure und damit pH-Senkung, aber auch die Bildung von Substanzen, die Bakterien schaden, sogenannte Bakteriocine eine Rolle. Bakteriocine sind Proteine oder Peptide, die von Bakterien produziert werden, um sich selbst gegen andere Bakterien zu schützen.

Bakterien in fermentierten Lebensmitteln tragen auch zur Vielfalt der Bakteriengemeinschaft in unserem Darmtrakt bei, der sogenannten Mikrobiota. So können Bakterien, die zur Herstellung von Käse und Rohwürsten eingesetzt werden, im Dickdarm wiedergefunden werden. Eine große Vielfalt an Bakterien im Darm bedeutet ein geringeres Risiko für verschiedene Krankheiten. Zudem erhält das Immunsystem über solche Bakterien wichtige Signale, die für eine wirksame Immunabwehr Voraussetzung sind.

Allerdings steht unser Wissen zur gesundheitlichen Wirkung dieser Bakterien erst am Anfang. Neue wissenschaftliche Methoden ermöglichen es in Zukunft, die Rolle der Bakterien für die Förderung der Gesundheit besser zu verstehen. Studien am Menschen werden zeigen, welche Wirkungen fermentierte Lebensmittel und ihre Bakterien besitzen. Klar ist aber schon jetzt: nicht einzelne Bakterien in fermentierten Lebensmitteln sind entscheidend für die Gesundheit, sondern die gesamte Vielfalt, die sich in fermentierten Lebensmitteln findet.

Vorwiegend rechtsdrehend?

Optisch aktive Milchsäuren

Auf dem Joghurtbecher steht es manchmal: „mit überwiegend rechtsdrehenden Milchsäuren“. Rechtsdrehende Milchsäuren, linksdrehende Milchsäuren? Da kann einem schon mal schwindelig werden! Aber drehen sich die Milchsäuren wirklich? Milchsäure besteht aus drei Kohlenstoffatomen, sechs Wasserstoffatomen und drei Sauerstoffatomen. Chemiker fassen dies in der Summenformel $C_3H_6O_3$ zusammen. Diese Bausteine können allerdings in etwas unterschiedlicher Art miteinander verknüpft werden, ebenso wie unsere beiden Hände die jeweils zwar aus Mittelhand, Handwurzel, vier Fingern und einem Daumen bestehen, jedoch spiegelbildlich aufgebaut sind. Aus diesem Grunde spricht man hierbei auch von Chiralität, was „Händigkeit“ bedeutet.

Die beiden Varianten, die sogenannten „Enantiomere“ der Milchsäure zeigen durch ihren spiegelbildlichen Aufbau eine unterschiedliche optische Aktivität. Diese Eigenschaft führt dazu, dass linear polarisiertes Licht beim Durchtreten dieser Säuren unterschiedlich gedreht wird. Im Falle der linksdrehenden Milchsäure (auch S-Milchsäure von lat. sinister) eben nach links, im Falle der rechtsdrehenden Milchsäure (auch R-Milchsäure von lat. rectus) nach rechts. Es handelt sich also nicht – wie oben vermutet – um „Säuren, die sich drehen“ sondern „Säuren, die drehen“, und zwar die Polarisationsrichtung von Licht. Die „Drehung“ von Molekülen kann spürbare Unterschiede mit sich bringen: So etwa bei der Substanz „Carvon“, das in einer Form den Duft nach Kümmel erzeugt, in der isomeren, also der anderen Form aber den nach Minze.

Nicht nur das Licht wird durch die beiden Enantiomere unterschiedlich beeinflusst: unser Organismus kann die rechtsdrehende (S)-Milchsäure leichter aufnehmen und verstoffwechseln als die linksdrehende (R)-Milchsäure.

Fermentation in der Forschung

Die Wissenschaft hat festgestellt …

Das Max Rubner-Institut forscht in ganz verschiedenen Bereichen rund um das Thema Lebensmittelfermentation. Die Arbeiten in der biotechnologischen Forschung konzentrieren sich auf die Entwicklung von Starter-, Reife- und Schutzkulturen, die bei Lebensmittelfermentationen angewendet werden. Diese Kulturen werden unter praxisnahen Bedingungen für ihren Einsatz im Lebensmittel erprobt. An erster Stelle steht immer die gesundheitliche Unbedenklichkeit der Kulturen. Insbesondere dürfen sie weder selbst Krankheiten verursachen, noch gesundheitsschädliche Stoffe produzieren oder klinisch relevante Antibiotikaresistenzen aufweisen. Die Auswirkung des Einsatzes von Starter-, Reife- und Schutzkulturen auf die mikrobielle Diversität im Produkt, aber auch auf das Wachstum und Vorkommen von pathogenen Bakterien im Lebensmittel wird mit Hilfe von modernen genotypischen und taxonomischen Methoden untersucht. Auch die Sicherheit der Bakterienkulturen selbst ist ein Forschungsthema am Max Rubner-Institut. So können die Milchsäurebakterien-Starterkulturen von bakteriellen Viren, den Bakteriophagen, befallen werden. Dies ist die häufigste Ursache für Fermentationsstörungen in milchverarbeitenden Betrieben. Qualitätsverlust, Verzögerung des Prozesses bis hin zum Verlust einer kompletten Produktionscharge können die Folge sein.

Eine ganz andere Forschungsaufgabe besteht in der Unterstützung ostafrikanischer Wissenschaftler bei der Qualitätssicherung von Lebensmitteln. Afrikanisches Blattgemüse spielt eine wichtige Rolle in der Ernährungssicherung und Lebensmittelversorgung insbesondere auf dem Land. Zugleich ist gerade hier nicht immer eine zuverlässige Kühlung für die Vorratshaltung gesichert. Durch Fermentierung kann das Gemüse ohne großen Aufwand an Energie und Technik länger haltbar gemacht werden. Die Pflanze „Solanum scabrum“, auch Garten-Huckleberry genannt, entwickelt reichlich Blätter, die wertvolle sekundäre Pflanzenstoffe erhalten. Das Max Rubner-Institut erstellt zur Unterstützung der Wissenschaftler in Afrika, im Rahmen des Projekte HORTINLEA Nährstoffprofile von verschiedenen frischen, gelagerten und verarbeiteten Blattgemüsen, die im Gewächshaus und im Phytotron, einer speziellen Anzuchtkammer für Pflanzen, des Instituts angebaut werden.

Die Mehrheit gewinnt

Volkszählung für Bakterien

Ob Kraut sauer, Joghurt fest und Roggenbrot locker wird, das entscheidet nicht nur die schlichte Anwesenheit der richtigen Bakterien, sondern auch ihre Zahl. Einige wenige verderbniserregende Bakterien sind meistens unproblematisch, gefährlich wird es in der Regel erst dann, wenn ihre Zahl zu groß wird. Um beurteilen zu können, ob die Entwicklung der guten und der gefährlichen Bakterien in die richtige Richtung geht, wird im mikrobiologischen Labor die Anzahl von Bakterien in einer Probe bestimmt.

Bekanntermaßen sind Bakterien mit einer durchschnittlichen Länge von 1-10 Mikrometer, also etwa einem Zehntel des Durchmessers eines menschlichen Haares, sehr klein. Erst ein Lichtmikroskop macht sie für das menschliche Auge sichtbar. Besonders anspruchsvoll wird es, wenn man beim Zählen zudem nur die lebenden Bakterien erfassen möchte. Dazu wird im Labor zunächst eine Verdünnungsreihe angelegt. Hierbei werden feste Lebensmittelproben, wie Salzgurken, zerkleinert und mit einer wässrigen Lösung vermischt, um die Bakterien möglichst vollständig von den festen Bestandteilen des Lebensmittels zu trennen. Die enthaltenen sogenannten Suspensionen oder wässrige Proben werden dann genau definiert, in Zehnerpotenzen, verdünnt und diese Verdünnungen auf Nährböden „ausplattiert“. Das heißt, die verdünnten Bakteriensuspensionen werden auf speziellen Agarplatten ausgestrichen und die einzelnen Bakterien auf der Oberfläche verteilt. Dann werden diese Nährböden bei den für die zu untersuchenden Bakterien optimalen Temperaturen gelagert bzw. „inkubiert“. Innerhalb dieser Zeit teilen sich die einzelnen Bakterienzellen und bilden Bakterienkolonien, also Ansammlungen der gleichen Bakterienart. Diese Kolonien können mit dem bloßen Auge erfasst und gezählt werden. Durch Berechnung kann nun die Anzahl der ursprünglich in der Lebensmittelprobe enthaltenen Bakterien ermittelt werden. Doch bevor gezählt werden kann, muss zuerst klar sein, welche Bakterien überhaupt im Lebensmittel enthalten sind und welche Bedürfnisse diese haben. Wenn das Nährmedium nicht richtig gewählt ist, oder die Temperatur nicht stimmt, wachsen sonst eventuell genau die Bakterien nicht, die von Bedeutung für die Beurteilung des Lebensmittels wären.

MRI
Max Rubner-Institut

Das Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, hat die Aufgabe, das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) bei Entscheidungen mit wissenschaftlich begründeten Stellungnahmen zu unterstützen und zugleich die Erkenntnisse auf dem Gebiet der Ernährungs- und Lebensmittelforschung „zum Nutzen des Gemeinwohls“ zu erweitern. Eine wichtige - und wissenschaftlich gut belegte - Kernaussage ist, dass es grundsätzlich gut für die Gesundheit ist, sich ausgewogen zu ernähren. Das bedeutet, Lebensmittel aus allen Lebensmittelgruppen zu essen. Dabei ist es günstig, viel Obst und Gemüse – roh, aber auch gekocht – und nicht zu viel Fleisch – insbesondere verarbeitetes Fleisch – zu essen. Insgesamt muss das Verhältnis von Bewegung und sonstigem Energieverbrauch zur Energieaufnahme ausgeglichen sein.

Das Max Rubner-Institut mit seinen vier Standorten gehört zum Geschäftsbereich des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und ist im Rahmen seiner Aufgaben wissenschaftlich selbstständig.

Kontakt
Max Rubner-Institut
Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe
Telefon: +49 721 6625 0
E-Mail: kontakt@mri.bund.de
Internet: www.mri.bund.de
Twitter: @MRI_Aktuelles

Impressum
Redaktion: Dr. Iris Lehmann, MRI
Texte: MRI-Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
Gestaltung: Nicole Hillebrand, MRI
Bildquellen: © iStockphoto.com/ BlackJack3D, Creative-Family, CUTWORLD, ewastudio, fcafotodigital, flyparade, GreenArtPhotography, Herianus, istetiana, Jamesmcq24, ksass, Laboko, mashuk, pioneer111, Savushkin, stanzi11, vikif, Vladimir Kokorin, 4kodiak; Shutterstock.com/ casanisa; Pixabay; MRI/ Horst Neve, Birgit Hetzer