Starter für Schokolade

Mikroben sollen Kakao gezielt verfeinern

Bakterien und Pilze entscheiden über den Geschmack von Schokolade. Von ihnen hängt es ab, ob sie mehr holzige und rauchige Aromen hat oder eher fruchtige und karamellartige. Denn damit Kakaobohnen ihre für Schokolade typischen Aromen entwickeln können, müssen sie fermentiert werden, bevor man sie trocknet, röstet und dann zu Schokolade weiterverarbeitet. Ohne die Fermentation bleiben sie bitter und hinterlassen ein pelziges Gefühl im Mund.

In der Kakaofrucht sind die Bohnen von einer weißen, zuckerhaltigen Masse umgeben, der Pulpe. Gemeinsam mit dieser Masse lagern die Kakaobohnen für die Fermentation mehrere Tage vor Ort auf der Plantage in Holzkisten, Körben oder in einer Grube mit Bananenblättern bedeckt. Anders als beispielsweise bei Wein oder Käse, denen man gezielt bestimmte Hefe- beziehungsweise Bakterienkulturen zusetzt, besiedeln die Mikroorganismen aus der jeweiligen Umwelt der Farm den Kakao, und die Fermentation setzt spontan ein. Zuerst wandeln Hefepilze den Zucker in der Pulpe in Ethanol um. Dann kommen Milchsäurebakterien hinzu, die aus Zucker Milchsäure herstellen. Im letzten Schritt verstoffwechseln Essigsäurebakterien den Ethanol zu Essigsäure. Sämtliche Fermentationsprodukte wandern in die Bohnen. Durch die Aktivität der Mikroben steigt die Temperatur, und der pH-Wert sinkt.

Welche Arten an Mikroorganismen genau beteiligt sind, haben nun Forscher um David Salt und Gabriel Castrillo von der Universität Nottingham in England herausgefunden. Die Variation der Aromen von Kakaobohnen verschiedener geographischer Herkunft konnten die Wissenschaftler auf die unterschiedlichen Gemeinschaften an Bakterien und Hefen am jeweiligen Ort zurückführen und haben sie in „Nature Microbiology“ beschrieben. Ihr Ziel: Starterkulturen für die Fermentation von Kakaobohnen entwickeln, um das Aroma von Schokolade besser steuern zu können.

Untersucht haben die Wissenschaftler die Mikroorganismen, die Fermentationsvorgänge und die Kakaobohnen während zwei Wachstumsperioden auf drei kolumbianischen Kakaofarmen: in Huila, Santander und Antioquia. Alle drei bauen genetisch ähnliche Kakaobäume an. Das bedeutet, dass unterschiedliche Pflanzensorten nicht der Grund für die Geschmacksnuancen sein konnten.

Der Fermentationsprozess verlief in Hulia und Santander weitgehend gleich, was am Verlauf von Temperatur und pH-Wert in Pulpe und Bohnen erkennbar war. So stieg deren Temperatur in Huila und Santander erst langsam und dann steil innerhalb von drei Tagen auf knapp 50 Grad und blieb weitere drei Tage auf diesem Niveau. In Antioquia verhielt es sich anders: Dort stieg die Temperatur von Pulpe und Bohnen innerhalb von drei Tagen auf etwa 50 Grad und fiel dann wieder ab. Der Grund dafür war ein anderes Keimspektrum in Antioquia, wie DNA-Analysen zeigten.

Die Aromen der fermentierten und gerösteten Kakaobohnen der drei Farmen verglichen Testesser mit einer Referenzsorte aus Madagaskar, die für einen besonders feinen Geschmack steht, sowie mit Sorten aus Ghana und der Elfenbeinküste, die weniger Aromanuancen mitbringen. Die Tester beschrieben die Bohnen aus Huila und Santander ähnlich wie die Produkte aus Madagaskar: Sie bemerkten unter anderem Beeren- und Zitrusnoten sowie den Geschmack von hellem Holz und Karamell. Der Kakao aus Antioquia hingegen enthielt Röst- und Tabakaromen wie Produkte aus der Elfenbeinküste und Ghana, bereichert um harzige, fruchtige und nussige Noten.

Im Labor gelang es den Wissenschaftlern, Bakterien und Pilze aus der gärenden Kakaobohnenmasse aus Huila und Santander zu isolieren. Neun Stämme wählten sie aus und beimpften damit frischen, noch unfermentierten Kakao. Die Aromen, die dann entstanden, entsprachen genau denen, die sie in den Sorten aus Santander, Huila und Madagaskar fanden. FRAUKE ZBIKOWSKI

Knuffiges Modell

Winzig und gebärfreudig: Mausmakis leben schnell. Soll der kleine Primat jetzt auch ins Labor?

Sie wiegen weniger als eine halbe Packung Gummibärchen, reifen schnell und können mit zweieinhalb Jahren schon für Nachwuchs sorgen: Die Mausmakis, eine in Madagaskar beheimatete Halbaffen-Gattung, sind in der Natur ein Erfolgsmodell. Kein anderer Primat und damit kein uns besonders nahe verwandtes Tier pflanzt sich so erfolgreich fort. Das weckt Begehrlichkeiten, auch in der Forschung. Im Gegensatz zu den ebenfalls schnelllebigen Nagetieren wie Mäusen und Ratten sind die Makis zwar selten in Laboren zu finden. Dennoch versprechen sich gerade Biomediziner durchaus etwas davon, die kleinen Halbaffen als Tiermodell zu züchten. In „Nature“ präsentierten US-Forscher der Stanford University School of Medicine jüngst eine umfassende Analyse von Hunderten Zelltypen aus 27 Organen und von Abertausenden Genen der Mausmakis. Ergebnis: In einer ganzen Reihe biologischer Merkmale sind die Makis dem Menschen viel näher als das Standardmodelltier Maus. Tatsächlich werden die Makis seit einiger Zeit schon in einigen Laboren etwa der neurologischen Forschung und insbesondere auch in der Alzheimerforschung genutzt. Anders als Mäuse nämlich, bei denen man die krankheitsbedingte Zerstörung des Hirns nur mit gentechnischen Eingriffen simulieren kann, können Makis in ihrem kurzen Primatenleben auch natürlich an der schweren Demenz erkranken. jom

Ein Mausmaki, Microcebus murinus: Auf Madagaskar gibt es mehr als zwei Dutzend Arten, einige sind gefährdet. Foto Picture Alliance

GASTBEITRAG

Tödlicher blinder Fleck

Neue Zahlen zur Sterblichkeit durch Sepsis zeigen: Das Gesundheitswesen in Deutschland hat aus den Erfolgen während der Pandemie noch zu wenig gelernt.

Von Konrad Reinhart, Stefan H. E. Kaufmann, Andreas Weyland

Sepsis, umgangssprachlich auch Blutvergiftung genannt, ist eine der schwerwiegendsten Komplikationen von Infektionskrankheiten und oft deren tödliche Endphase. Sie kann nicht nur durch Bakterien, sondern auch durch Viren (wie Influenza-, Corona- und Ebolaviren), Pilze und einzellige Erreger wie Malaria verursacht werden.

Getrieben durch die immensen Fortschritte in der Infektions- und Seuchenprävention zwischen Mitte des 19. und Mitte des 20. Jahrhunderts – etwa durch sanitäre Maßnahmen, Wasserchlorierung, Impfung und Antibiotikatherapie, wofür zahlreiche Nobelpreise vergeben wurden – sank die Zahl der Todesfälle infolge von Infektionskrankheiten in den aufstrebenden Industrienationen rapide. Beispielsweise ging in den USA zwischen 1900 und 1980 die Sterberate pro 100.000 Einwohner (Ew) von 797 kontinuierlich auf 36 Ew zurück. Dieser Abfall wurde nur durch die Grippepandemie von 1918 unterbrochen, die dort zu einem Anstieg auf über 950 Todesfälle pro 100.000 Ew führte.

Neue, aktuelle Schätzungen der Autoren des Global Burden of Disease Report vom Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME) der Washington University und der Oxford University zeigen jedoch einen alarmierenden Trend: Die Sterberate für Sepsis pro 100.000 Ew ist in den USA für das Jahr 2021 im Vergleich zu 1980 um fast das Siebenfache auf 243 Ew angestiegen. Weltweit gehen die Autoren für 2021 von 21,36 Millionen sepsisbedingten Todesfällen aus. Die Schätzungen für 2017 und 2019 lagen noch bei 11 beziehungsweise 13,7 Millionen. Der Anstieg um etwa 9,66 Millionen Todesfälle zwischen 2019 und 2021 erklärt sich primär durch Todesfälle infolge viraler Sepsis im Rahmen der Covid-19-Pandemie.

Die aktuelle Analyse ermöglicht erstmals internationale Vergleiche für den Zeitraum von 1990 bis 2021 auf Basis einer einheitlichen, multifaktoriellen Berechnungsmethode. Sie zeigt, dass auf Basis dieser Methode in Deutschland für 2021 von über 211.000 sepsisbedingten Todesfällen auszugehen ist, von denen etwa ein Drittel auf eine pandemiebedingte virale Sepsis zurückzuführen ist. Diese Schätzung steht völlig im Einklang mit den vom Deutschen Statistischen Bundesamt für dieses Jahr infolge der Corona-Pandemie dokumentierten 71.000 Todesfällen. Die Gesamtzahl von 211.000 Todesfällen stimmt auch mit den Ergebnissen einer krankenaktenbasierten Studie aus der Zeit vor der Corona-Pandemie überein, nach der jährlich mindestens 500.000 Menschen in Deutschland von Sepsis betroffen sind, von denen mindestens 140.000 bereits im Krankenhaus verstarben.

Etwa 211.000 Todesfälle bedeuten, dass Sepsis 2021 einen Anteil von fast 20 Prozent an der Gesamtzahl der jährlichen Todesfälle hatte. Die Analyse zeigt, dass die Rate der sepsisbedingten Todesfälle pro 100.000 Ew beispielsweise in Australien (109), Norwegen (148), Finnland (142), der Schweiz (162) und Dänemark (190) deutlich niedriger als in Deutschland mit fast 254 Sepsis-Toten pro 100.000 Ew ist. Auch bei der neonatalen und pädiatrischen Sepsis gibt es in Deutschland ein großes Verbesserungspotential: Nach der IHME-Erhebung verstarben 2021 in Deutschland etwa 16 Neugeborene, in Norwegen hingegen nur weniger als 8 pro 100.000 Geburten. Auffällig an der IHME-Analyse ist, dass in Deutschland die Sepsis-Sterberate seit 30 Jahren auf hohem Niveau stagniert, während sie global und in etlichen vergleichbaren Ländern für eine Reihe von Infektionssyndromen, die oft zu einer Sepsis führen, deutlich zurückging. So ist die Sterblichkeit infolge von Atemwegs- und Lungenentzündungen in Deutschland innerhalb von 30 Jahren um 10 Prozent gesunken, in der Schweiz hingegen um 44 Prozent. Die Wahrscheinlichkeit, an einer Sepsis aufgrund eines Harnwegsinfekts zu versterben, ist in Deutschland etwa 30 Prozent höher als in der Schweiz. Bei einer durch eine Infektion im Bauchraum ausgelösten Sepsis beträgt der Unterschied sogar 47 Prozent.

Vor diesem Hintergrund ist es umso bemerkenswerter, dass Deutschland 2013 das weltweit erste Land war, das auf Initiative der Sepsis-Stiftung mit einem von hochrangigen Politikern, wichtigen Institutionen und Fachgesellschaften unterstützten Memorandum einen Nationalen Sepsis-Plan forderte. Ab 2016 war die deutsche Bundesregierung die treibende Kraft für die im Jahr 2017 in Genf von der Weltgesundheitsversammlung verabschiedete WHO-Sepsis-Resolution „Verbesserung der Prävention, Diagnose und klinischen Behandlung von Sepsis“. Dafür hat sie international viel Anerkennung erhalten. Das gilt auch für die Verpflichtung der G-7-Staaten, sich weltweit für die Umsetzung dieser Resolution einzusetzen. Dies gelang im Rahmen der deutschen G-7-Präsidentschaft im Jahr 2022, mit der Aufnahme dieser Verpflichtung in das Kommuniqué der G-7-Gesundheitsminister. Eine Umsetzung dieser Forderungen gibt es in Deutschland jedoch nach wie vor nicht.

Die medizinischen und ökonomischen Folgen der fehlenden Priorisierung von Sepsis in der Gesundheitsstrategie sind enorm. Sepsis fordert nicht nur viele Todesopfer, sondern geht auch bei drei Vierteln der jährlich in Deutschland etwa 360.000 Überlebenden mit erheblichen Langzeitfolgen und den entsprechenden finanziellen Belastungen für unser Gesundheits- und Sozialsystem einher. Fast ein Drittel der 360.000 Überlebenden verstirbt innerhalb des ersten Jahres nach der Entlassung aus dem Krankenhaus, ein Drittel muss erstmals ambulante Pflege in Anspruch nehmen, und 13 Prozent müssen in ein Pflegeheim. Die durchschnittliche Überlebensdauer der jährlich etwa 270.000 Überlebenden mit Langzeitfolgen beträgt ungefähr vier Jahre. Dies bedeutet, dass zusätzlich zu den durch Long-Covid-Betroffenen in Deutschland ständig etwa 1,08 Millionen Menschen von erheblichen Langzeitfolgen infolge einer Sepsis betroffen sind. Dieses Post-Sepsis-Syndrom bedeutet oft Berufsunfähigkeit, eine erhebliche Einschränkung der Lebensqualität, eine dauerhafte Pflegebedürftigkeit und darüber hinaus auch erhebliche Auswirkungen für die Angehörigen. Die Gesamtausgaben infolge von Sepsis liegen bei schätzungsweise 32,7 Milliarden Euro. Dies entspricht einem Anteil von etwa 6,5 Prozent an den gesamten Gesundheitsausgaben in Deutschland.

Die mangelnde Berücksichtigung von Sepsis in der Gesundheitsstrategie zeigt sich beispielsweise daran, dass Sepsis seit Jahrzehnten nicht oder nicht adäquat in der Gesundheitsberichterstattung der Bundesregierung vorkommt. Aktuell werden auf der Website des Statistischen Bundesamtes (Destatis) als die drei häufigsten Todesursachen für das Jahr 2023 Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit 348.312 Todesfällen, Krebs mit 230.000 Todesfällen und Erkrankungen der Atemwege mit 72.502 Todesfällen genannt. In diesem Ranking wäre auch in Nichtpandemiezeiten Sepsis mit jährlich mindestens 140.000 Todesfällen auf Platz 3 der Haupttodesursachen zu nennen.

Das relativ gute Abschneiden Deutschlands bei der pandemiebedingten Übersterblichkeit belegt, dass Deutschland, selbst unter den besonderen Herausforderungen einer Pandemie, kein Ressourcen- und Wissensproblem für den Kampf gegen Infektionskrankheiten hat. Vielmehr bestehen grundlegende Struktur- und Steuerungsdefizite unseres Gesundheitssystems, die seit Jahrzehnten durch OECD-Rankings und Analysen der Bertelsmann-Stiftung auch für zahlreiche andere Krankheitsfelder bekannt sind. Dazu gehören beispielsweise eine überdurchschnittlich hohe Sterberate bei Herzinfarkt, die in Deutschland doppelt so hoch ist wie in etlichen anderen europäischen Ländern, und die überdurchschnittlich hohe Sterberate bei komplexen operativen Eingriffen. Für Letztere ist oft eine postoperativ nicht oder zu spät erkannte Sepsis die endgültige Todesursache.

Das starke Engagement der Politik während der Pandemie steht in vollem Einklang mit der im Grundgesetz verankerten Mitverantwortung der Politik für das körperliche und seelische Wohlbefinden der Bürgerinnen und Bürger. Politik und Entscheidungsträger im Gesundheitswesen haben jedoch bisher nicht adäquat darauf reagiert, dass es Jahr für Jahr, und auch während der Pandemie, etwa dreimal so viele Sepsis-Todesfälle aus nichtpandemiebedingten Ursachen gab beziehungsweise weiter geben wird, wenn nicht konsequent die Maßnahmen mit Unterstützung der Politik in Deutschland umgesetzt werden, die sich während der Pandemie als erfolgreich erwiesen haben.

Intensivmediziner **Konrad Reinhard** ist Vorstandsvorsitzender der Sepsis-Stiftung, Immunologe und Infektionsbiologe **Stefan H. E. Kaufmann** ist Botschafter der Sepsis-Stiftung für Impfung, Intensivmediziner **Andreas Weyland** koordiniert Forschung und Wissenschaft in der Sepsis-Stiftung.
Eine ausführliche Analyse und Einordnung der neuen Sepsis-Statistiken durch die drei Experten wird auf der Website www.faznet.de/wissen veröffentlicht.

Morgenröte des Mülls

Von Ulf von Rauchhaupt

Zu den Merkmalen, durch die wir Menschen uns von den Tieren unterscheiden, gehört das Anhäufen dauerhaften Abfalls. Zwar greifen auch unsere äffischen Verwandten zuweilen zu Stöckchen oder Steinchen, doch stets nur solchen, die ohnehin vor Ort sind. Für den Verzehr ungeeignete Stoffe zu sammeln, über größere Entfernungen zu transportieren, zu bearbeiten und nach Verwendung zu Müllhalden aufzutürmen, ist ein Charakteristikum von uns Zweibeinern, zu dessen eher unerwünschten Folgen auch jene gehört, deren Herr zu werden sich jüngst die UN-Plastikkonferenz wieder vergeblich bemühte. Aber wer hat damit angefangen? Tatsächlich wurde der Beginn des Müllzeitalters gerade noch einmal vordatiert. In „Science Advances“ veröffentlichten Forscher Funde von Steingerät am Victoriasee in Ostafrika, deren Material geologisch dort nicht hingehört. Vielmehr wurde es in mehr als zwölf Kilometer Entfernung gesammelt und zum Seeufer transportiert – und zwar schon vor rund 2,6 Millionen Jahren, 600.000 Jahre früher als bis dahin nachgewiesen. Die Identität der Verursacher lässt sich indes weniger eingrenzen denn je. Vormenschen der Gattung *Australopithecus afarensis*, zur der die berühmte Lucy zählt, verschwanden vor etwa drei Millionen Jahren von der Bildfläche. Vor 2,4 Millionen Jahren taucht nach bisherigen Daten unsere Gattung Homo auf. Allerdings vermeldete ebenfalls vergangene Woche ein anderes Forscherteam, diesmal in „Nature“, die Entdeckung von 13 Zähnen in Äthiopien, deren Besitzer vor 2,78 bis 2,59 Millionen Jahren lebten. Drei davon passen zu Vertretern unserer Gattung, die damals also schon aktiv war und daher für den frühen Materialferntransport zum Victoriasee verantwortlich gewesen sein könnte. Infrage käme allerdings auch ein etwas robusterer Zweibeiner namens Paranthropus oder die letzten Australopithecinen. Einer bislang unbekannten Art von Lucys Gattungsgenossen werden nämlich die übrigen zehn der neuentdeckten Zähne zugeordnet. Möglicherweise liegen die Anfänge der Müllproblematik also nicht einmal bei unserer Gattung, geschweige denn unserer Spezies. Aber ihr fällt es nun zu, damit klarzukommen.

Verblendeter US-Minister

Mit der Begründung, der zuständige wissenschaftliche Beraterstab in der Zulassungsbehörde FDA habe unlautere Interessenkonflikte und zu enge Verbindungen zu Impfstoffherstellern, hatte US-Gesundheitsminister Robert F. Kennedy Jr. vor einigen Wochen das gesamte Beraterpanel entlassen. Der Beraterstab „Advisory Committee on Immunization Practices“ (ACIP) wird neu mit zahlreichen Impfkritikern besetzt. Jetzt zeigt eine Veröffentlichung im Journal der amerikanischen Ärztegesellschaft „JAMA“: Die Impfberater in staatlichen Gesundheitsbehörden waren noch nie so unabhängig besetzt wie die letzten Jahre. In der Studie des Schaeffer Center an der University of Southern California wurden die finanziellen und wissenschaftlichen Verbindungen zwischen 2000 und 2024 untersucht. Auch die des nationalen Seuchenzentrums Center for Disease Control and Prevention, kurz CDC. Interessenkonflikte habe es vor mehr als zwanzig Jahren noch bei fast jedem zweiten Mitglied der zuständigen Impfberater gegeben. Seither seien die Verquickungen auf durchschnittlich unter sechs Prozent zurückgegangen. In seltenen Fällen handele es sich um private Honorare, meist jedoch um Projektmittel für eigene Forschungen, die in der Regel mit den jeweiligen Veröffentlichungen publik gemacht würden. jom

VULKANISMUS

Die Erde unter den Phlegräischen Feldern bebt immer wieder. Nun zeigen Modellierungen, dass ein Riss unter der Caldera dafür verantwortlich ist.

Seite N2

DIE ENTSTELLUNG DES POLITISCHEN BEI DEN AMERIKANERN

Der demokratische Wettbewerb wurde doch als Ersatz von Gewalt erdacht: Zwei Freunde lesen „Athen“ von Christian Meier im Zeitalter von Donald Trump.

Seite N3

DIE FARBE DER KÖNIGIN

Die Ägyptologie wird aus postkolonialer Perspektive als Herrschaftsdisziplin kritisiert. Nicht immer mit guten Argumenten.

Seite N4