

| | |
|---------------------|--|
| Zeitschrift: | Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène |
| Herausgeber: | Bundesamt für Gesundheit |
| Band: | 46 (1955) |
| Heft: | 4 |
| Artikel: | Über die Erreger der "Brotkrankheit". II. Mitteilung, Spezifische Eigenschaften und Erreger |
| Autor: | Streuli, H. / Staub, M. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-983099 |

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: 03.01.2026

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

Über die Erreger der „Brotkrankheit“

II. Mitteilung

Spezifische Eigenschaften und Erreger^{*)}

Von *H. Streuli* und *M. Staub*

(Mitteilung aus dem Kantonalen Laboratorium Zürich)

1. Problem

Besitzen die Erreger (gemeinsame) Eigenschaften, welche sie von andern Bakterien derselben Species abgrenzen?

2. Versuche

Vorgehen

Ziel: Feststellung allfälliger Unterschiede

I. Zwischen den Gästen kranken Brotes (sog. «Fadenziehern», vgl. Terminologie) und artgleichen brotfremden Bakterien,

II. Zwischen echten Fadenziehern und artgleichen Nicht-Fadenziehern.
Folgende Stämme wurden untersucht und verglichen:

a) aus krankem Brot isoliert

Sämtliche von uns isolierten Stämme (siehe I. Mitteilung³⁾)

B. panis 2594

National Collection of Type Cultures, London

BB. subtilis X. 43 und X. 52

Sammlung Dr. Berthe Delaporte, Paris

B. licheniformis X. 53

Sammlung Dr. Berthe Delaporte,

B. licheniformis B, gelb pigmentiert; erhalten

als *B. mesentericus*, typischer Fadenzieher

B. megaterium «pain filant»

Dr. P. Weyland, Ingelheim
Sammlung Dr. Berthe Delaporte,

b) anderer Herkunft

BB. subtilis 2b-2d

Frisch aus Taka-Protease isoliert

BB. subtilis 43 A 1 und 43 B 1; zeichnen sich aus durch verhältnismässig schleimiges

Wachstum

B. subtilis 2587, «var. viscosus»

Sammlung Dr. Berthe Delaporte,
National Collection of Type Cultures

*) Ausschnitt aus der Dissertation von *H. Streuli*: Zur Kenntnis der «Brotkrankheit» (Universität Zürich 1955).

| | |
|---|-----------------------------------|
| <i>B. subtilis</i> 18a; junge Kolonien auf Agar stark schleimig | Frisch aus Erde isoliert |
| <i>B. licheniformis</i> 18b; junge Kolonien auf Agar stark schleimig | Frisch aus Erde isoliert |
| <i>B. licheniformis</i> 2a, gelb pigmentiert | Frisch aus Taka-Protease isoliert |
| <i>B. cereus</i> A5; 1939 von <i>Second</i> aus Malz isoliert; war für einen bestimmten Fall von Brotkrankheit verantwortlich | |
| <i>B. megaterium</i> 5222 | Sammlung Institut Pasteur, Paris |
| <i>BB. polymyxa</i> 5278, <i>macerans</i> 5282, <i>circulans</i> 5121, <i>alvei</i> 529, <i>brevis</i> A32 | Sammlung Institut Pasteur |
| | Sammlung Institut Pasteur |

Kritik

Es können etliche trifftige Argumente dafür vorgebracht werden, dass unsere Untersuchungsobjekte, die Bakterien, nicht repräsentativ sind für die normale Flora fadenziehenden Brotes. –

Entgegnung:

Wir arbeiteten mit drei Gruppen von Bakterien: 1) aus Sammlungen, 2) aus erzwungenen fadenziehenden bzw. zersetzen Broten und Brotscheiben, 3) aus spontan entstandenem fadenziehendem Brot. Die Stämme der ersten Gruppe, deren Eigenschaften durch die lange Aufbewahrung und Weiterzüchtung verändert sein könnten (eine Möglichkeit, wofür wir nicht die geringste Stütze fanden), sind nur für untergeordnete Vergleiche beigezogen worden. Die zweite Gruppe, mag sie allenfalls nicht repräsentativ sein, gehört gewiss auch in praxi zur potentiellen Brotflora. Die dritte kleine Gruppe nun umfasst genuine Fadenzieher. Für sich allein betrachtet zeigen diese keinerlei Sonderstellung. Für die zweite Gruppe bedeutet dies wiederum, dass sich jene kaum allzuweit von der Norm entfernen. – Dies zur Brotflora.

Geht es aber um die Beziehung zwischen echtem Fadenziehen und andern Eigenschaften, so spielt die Herkunft der Organismen keine Rolle.

Ergebnisse

A. Taxonomische Merkmale

Eigenschaften, welche für taxonomische Zwecke von Bedeutung sind, haben wir im vorstehenden Abschnitt («Identifikation») aufgeführt.

B. Morphologie

Nichts Besonderes. – Nur der Stamm 15b besitzt eine Kapsel; neben bekapselten Individuen finden sich aber vielfach (bei 30–50 % aller Stäbchen im Präparat) auch kapsellose Formen. Bei andern Stämmen sind nicht selten vereinzelte

Stäbchen im Schleim eingewickelt; bei sorgfältiger Beobachtung ist jedoch eine Verwechslung der diffusen, unregelmässigen Schleimhülle mit einer Kapsel kaum möglich.

C. Kolonieform

Für einen jeden gegebenen Stamm ist die Kolonie- und Rasenform auf Agar ceteris paribus konstant; dasselbe gilt von der Fältelung und der Beschaffenheit der Haut auf flüssigem Substrat, Kleiebouillon, wo sich die einzelnen Stämme bei aller Ähnlichkeit doch deutlich unterscheiden. (Streuung innerhalb der Stämme kleiner als die Streuung zwischen den Stämmen). Auf Agar trifft man bei jungen Kolonien besonders häufig einen Papillen-typus an; die Papille ist teils prall mit Schleim gefüllt, teils eingedellt, erschlafft aber nach wenigen Tagen und schrumpft endlich gänzlich zusammen. Andere Stämme zeigen anfänglich becherflechtenartige oder sternförmig gefältete Gebilde, wagenradförmig aufgeworfene Wülste oder flache Kolonien mit konzentrisch angeordneten Kreisringen und einem Zipfelchen in der Mitte, alle von einer verhältnismässig derben Haut überzogen. Von diesen bekannten *Subtilis*-formen heben sich ab die kreisrunden, glatten, rahmtropfen-gleichen Kolonien der Stämme 9b, 12c, 16a und 17b.

Durchgehende Regelmässigkeiten in der Form oder in der Beschaffenheit der Kolonien waren nicht zu erkennen.

Alle rot pigmentierten *Licheniformis*-Kulturen fressen sich in den Agar ein und lassen sich nur mit Mühe ablösen; darin unterscheiden sich deutlich die ebenfalls rot pigmentierten *BB. subtilis* 6d und *cereus* 9a, deren Rasen leicht ablösbar sind.

D. Schleimbildung

Trotz des eingangs vermerkten Unterschiedes zwischen Schleim- und Brotfäden sind Zusammenhänge der Ursachen oder der chemischen Natur nicht ausgeschlossen.

Wir prüften die Schleimbildung reiner Stämme auf Agar, Kartoffeln und in verschiedenen flüssigen Nährböden.

Prüfung auf Schleimbildung in flüssigen Substraten:

Proben des Substrates vor und nach Bebrütung werden durch Glaswatte filtriert und in hochtouriger Zentrifuge scharf ausgeschleudert. Dekantiere die überstehende klare bis schwach opaleszierende Flüssigkeit, prüfe durch Betupfen mit Glasstab auf Fadenziehen, bestimme die Viskosität bei 20° im Ostwald-Viskosimeter und vergleiche.

Man unterscheide scharf zwischen Schleimbildung auf Flüssigkeiten und Schleimbildung in Flüssigkeiten, zwischen dem Schleim des Bakterienrasens und dem Schleim, wie er durch unsere Untersuchungsmethode gefasst wird! Die «Haut» ist nicht selten stark schleimig – was sich besonders bei der Filtration durch Glaswatte zeigt – seltsamerweise ohne dass Schleim in Lösung nachgewiesen werden könnte.

a) auf Agar

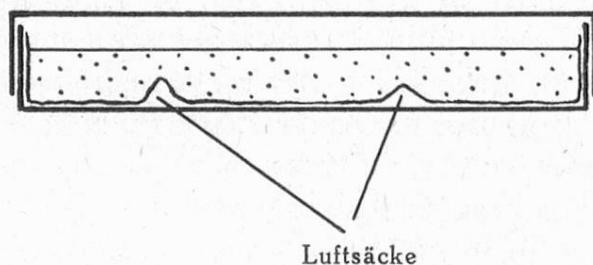
Auf den schleimigen Inhalt vieler Kolonien haben wir schon oben hingewiesen. Oft lassen sich mit der Nadel daraus lange, feuchte, kontraktile Fäden ziehen. Ein Merkmal der echten Fadenzieher kann darin nicht erblickt werden; beispielsweise ist der schleimig wachsende Stamm 43 A 1 nicht in der Lage, auf Brot oder in Semmeln Fadenzieher zu erzeugen. Wir erinnern auch daran, dass Kolonien auf dünn besiedelten Platten schleimiger sind als auf dichten Platten, junge Kolonien schleimiger als ältere, Bohnenagar-kulturen schleimiger als Fleischagar-kulturen. Mit fortschreitender Entwicklung verschwindet der Schleim wieder ganz oder grossenteils (Gegensatz zu den zähschleimigen Kolonien von *B. megaterium*, *B. polymyxa* u.a.).

Wegen schleimigen Wachstums besondere Erwähnung verdient einzig der *B. subtilis* 2b, wenn auch heute diese Eigenschaft nicht mehr so stark zutage tritt wie zur Zeit seiner Isolierung. Bei diesem Stamm fehlt die übliche derbe Hülle der Kolonien.

b) unter Agar

Zufällig beobachteten wir, dass bei Plattenaussaaten von *B. subtilis* am Rande und an der Unterseite des Agars (allgemeiner: an der Grenzfläche Agar/Petri-schale) häufig fadenziehender Schleim angesammelt ist, und zwar selbst dann noch, wenn der Bakterienrasen auf der Oberfläche des Agars längst eingetrocknet ist. Diese Erscheinung, welche u.W. hier erstmals verzeichnet ist, steht nicht etwa mit der Luftfeuchtigkeit in Beziehung, wie Versuche in Feuchtkammern, Petri-schalen-Deckel mit feuchtem Filterpapier ausgekleidet, lehrten. Dagegen scheint ein gewisser Luftabschluss (geringer O₂-druck?) von Bedeutung.

V e r s u c h : Beimpfe den Boden einer sterilen Petrischale und breite mittels flambierten Pinzetten ein mit Hilfe des Schalendeckels als Schablone kreisförmig ausgeschnittenes, feucht sterilisiertes Zellophan-blatt darauf solchermassen aus, dass das Zellophan nicht überall glatt aufliegt. Übergiesse auf kühler Grundlage mit Agar von 40–45°, beimpfe die Oberfläche zwecks Kontrolle und bebrüte bei 30°. Nach kräftiger Entwicklung auf der Oberfläche der Platte lüfte den Agar langsam an einem Zipfel des Zellophans und beobachte.



Figur 1
Petrischale mit Cellophaneinlage und Agar

Befund: Wo das Cellophan dem Glas glatt aufliegt, hat sich fädiger Schleim gebildet; in den Luftsäcken des Agars (Figur 1) findet sich dagegen nur trockener

Bakterienrasen, ähnlich demjenigen auf der Oberfläche der Platte, wenn auch dünner und nicht gefältelt. Einmal an der Luft trocknet der Schleim rasch aus.

Von untersuchten 19 *Subtilis*-Stämmen mangelte dreien dieser Unter-Agar-Schleim, drei weitere zeigten nur spärlich «kurzen», dünnen Schleim, die übrigen alle fadenziehenden Schleim – Stamm 12a z.B. mit bis 50 cm langen «echten» Fäden.

Kein Schleim bildete sich bei Beimpfung mit *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. circulans*, *S. marcescens* und *Pseudomonas*, wenig atypischer «kurzer», zäher Schleim bei *B. polymyxa*.

Nach unsrern bisherigen Resultaten besteht keine Korrelation zwischen Fadenziehen in Semmeln und Unter-Agar-Schleim.

c) auf Kartoffeln

Nur vereinzelt geprüft. Kontrolle nach 1,5 und 18 Tagen. Im ganzen mögen die Stämme auf Kartoffeln etwas schleimiger wachsen als auf Agar und auch für längere Zeit schleimig bleiben. Einige der Kulturen liessen Fäden ziehen, andere waren blass dickflüssig, schmierig.

Die Beobachtung von Kartoffelkulturen lohnt sich u.E. nicht.

d) in flüssigem Substrat

Aus Gründen, die an anderer Stelle dargelegt werden, erschien es wünschenswert, eine Schleim- (bzw. Faden-) bildung nicht in Brot, sondern in flüssigem Substrat zu erzwingen. In der (wohl irrgen) Annahme, dass Schleimbildung nur eine Frage des richtigen Nährbodens sei, prüften wir mit Hilfe der verlässlichen echten Fadenzieher 2b und 5, vereinzelt auch andern Stämmen unzählige Nährböden: sterilen festen und halbfesten Brotbrei, Brotsuspensionen, Brotextrakte, künstliche (stets saccharosefreie!) Nährböden bei unterschiedlichen pH-Werten, C:N – Verhältnissen, Belüftungsbedingungen usw., durchwegs mit Misserfolg: nirgends Schleimbildung. Schleimiger Bodensatz findet sich zwar gelegentlich nach übermäßig langer Bebrütung (> 2 Wochen), dieser Schleim ist aber auf Autolyse zurückzuführen und hat mit unserem Thema nichts zu tun.

Erst bei systematischer Prüfung sämtlicher Stämme auf Kleiebouillon fanden wir Fadenziehen (reproduzierbar nur bei drei von fünf Stämmen) und erhöhte Viskosität (Tabelle 1, III. Mitteilung). Trotz der schlechten Reproduzierbarkeit des Fadenziehens, deren Ursache wir leider nicht mehr nachgehen konnten, verdient dieses Resultat festgehalten zu werden. Alle früheren Versuche nämlich, mit Fadenzieher-Organismen bzw. *Subtilis*-Stämmen (saccharosefreie!) Flüssigkeiten fadenziehend zu machen, waren fehlgeschlagen.

3. Diskussion der Ergebnisse

Der *B. megaterium* «pain filant» unterscheidet sich heute (eigene Untersuchungen) und schon im Zeitpunkt der Isolierung (private Mitteilung von Prof. M. Lemoigne) in keiner Weise von andern Stämmen dieser Art. Gleches gilt

vom *B. cereus* A5. Wir beschränken uns daher auf eine Diskussion der *BB. subtilis* und *licheniformes*.

a) Kapseln?

Soweit uns bekannt, sind bisher in fadenziehendem Brot erst viermal bekapselte Bazillen aufgefunden worden, nämlich einmal von *Watkins* (1906), einmal von *A. Williams* (1912), einmal von *Laubach* (zitiert nach *Smith et al.*¹⁹) – der betreffende *Subtilis*-Stamm hat seine Kapsel nach wenigen Überimpfungen verloren – das viertemal von uns – der *B. licheniformis* 15b, welcher z.Zt. seine Kapsel noch besitzt. Alle andern bisher isolierten Fadenzieher waren kapsellos; ein Zusammenhang zwischen Fadenziehen und Kapselbildung besteht also nicht. Immerhin ist von Interesse, dass der *B. licheniformis* 15b (Kapsel!) der einzige *Licheniformis*-Stamm ist, welcher das Muttersubstrat, woraus er isoliert wurde, fadenziehend gemacht hat.

b) Kolonieform?

Durchgehende Regelmässigkeiten in der Form oder in der Beschaffenheit der Kolonien waren nicht aufzufinden. Die Ansicht von *Amos* und *Kent-Jones* (1931), dass sich Fadenzieher von Nicht-Fadenziehern an ihrem Wachstum auf Agar unterscheiden lassen, können wir daher nicht teilen.

c) Thermotoleranz?

Havanto (1939) vermerkt, dass die von ihm untersuchten Stämme ein hohes Wachstumstemperatur-Maximum (55° bzw. 63°) besessen. Ein Charakteristikum der Fadenzieher können wir jedoch darin nicht erblicken, wuchsen doch die von uns aus fadenziehendem Brot isolierten Stämme sowie echte Fadenzieher anderer Herkunft nur vereinzelt oberhalb 50° und niemals oberhalb 55° , liegen damit also im Rahmen der von *Smith et al.*^{2b)} für *Subtilis*-Stämme aufgestellten Normen. (Siehe Tabelle 1.)

Als Temperatuoptima wurden bestimmt: $26\text{--}28^{\circ}$ (*König*, 1902), 33° (*Kayser* und *Delaval*, 1911), $33\text{--}34^{\circ}$ (*Laurent*, 1885), $35\text{--}37^{\circ}$ und $40\text{--}42^{\circ}$ (*Vogel*, 1927), 37° (*D. Jordan Lloyd et al.*, 1921), 38° (*Cohn et al.*, 1918), um 40° (*Neumann* und *O. Knischewsky*, 1911).

d) Thermoresistenz?

Sind auch Fälle bekannt, da sporenlose, wenig widerstandsfähige Organismen Backtemperaturen zu überstehen vermochten, so gilt doch im allgemeinen Fall und ceteris paribus, dass höhere Thermoresistenz der im Teig anwesenden Organismen auch höhere Gefährdung des Brotes bedeutet.

Thermal-Death-Time-Kurven von Fadenziehern wären von erheblichem theoretischen und praktischen Interesse; solche sind uns jedoch nicht bekannt.

Neben der Thermoresistenz der Erreger sind auch bestimmte Eigenschaften des Substrates für das Überleben verantwortlich. Brot als Substrat scheint eine gewisse protektive Wirkung auszuüben; wir erinnern daran, dass nach *Kiermeier* und *Coduro*¹⁾ selbst Enzyme den Backprozess überstehen können.

Tabelle 1
Wachstumstemperatur-Maxima aus fadenziehendem Brot
isolierter Bacillus-Arten

| Art | Zahl der unt'sucht. Stämme | Wachstum bei | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------|--------|---|-------------------------|
| | | 60° | 55° | 50° | < 50° |
| B. subtilis | 32 | — | 16b | 3a, 3b, 3c, 4a, 4c 4d, 4g, 6b, 6c, 6d 7a, 7c, 7d, 9b, 9e, 10, 11b, 11c, 12b, 12c, 13a, 16a, 17a X. 43. X. 52, 2594 | 4e, 5, 14b, 15a, 16c |
| B. subtilis var. aterrimus | 1 | — | | 3e | |
| B. licheniformis | 4 | — | 11a, B | 6a, 14a | |
| B. cereus | 1 | — | | | 9a |
| B. subtilis aus Taka-Protease | 2 | — | | 2b, 2e | |

e) Amylasen?

Entgegen früheren Befunden muss nach unseren Untersuchungen eine umkehrbar eindeutige Beziehung zwischen gewissen Amylase-arten und der Flora fadenziehenden Brotes verneint werden, wie wir in einer besonderen Mitteilung ausführen werden.

f) Schleim- bzw. Fadenbildung?

Smith et al. ^{2a)} folgerten aus ihren Untersuchungen an Fadenziehern, dass diese schleimbildende Varianten mit oder ohne Kapsel sind, welche nicht als Varietät, noch weniger als eigene Art betrachtet werden dürfen. (Diese Bemerkung ist in der zweiten Auflage der Publikation nicht mehr enthalten). Prinzipiell teilen wir diese Auffassung, müssen jedoch einen Vorbehalt anbringen:

Es ist keineswegs selbstverständlich, dass der «Schleim» des fadenziehenden Brotes identisch ist mit dem Schleim z.B. von Agar-Kulturen. Auf den Unterschied zwischen Schleimfäden und Brotfäden haben wir schon eingangs hingewiesen. Auch Stämme, welche auf Agar rauh und trocken wachsen, können Fadenziehen induzieren; andererseits gibt es Agar-Schleimvarianten, welche Brot nicht fadenziehend machen konnten (*Kerckhoff, Streuli*), von anderen schleimbildenden Arten, z.B. *B. polymyxa*, ganz abgesehen. Eine Verknüpfung von

Schleimbildung und Fadenziehen ist also wenig wahrscheinlich. Unsere virulenten Varianten müssten präzisiert werden als «Varianten, welche in Brot unter gegebenen Bedingungen „Schleim“ bilden» oder schärfer: «(Echte) Fadenzieher sind Varianten, welche Brot fadenziehend machen». Richtig, aber ohne weitere Charakterisierung von geringem Wert.

Wir haben unsere Fadenzieher auf Schleimbildung in flüssigem Substrat untersucht und es ist uns gelungen, mit vereinzelten Stämmen Fadenziehen zu erzeugen in derjenigen Erscheinungsform, wie wir sie von fadenziehender Milch oder fadenziehendem Wein her kennen. Die Fadenbildung in Brot präjudiziert aber keineswegs eine Fadenbildung in Flüssigkeiten; letztere Fähigkeit geht den (echten!) Fadenziehern im Gegenteil mehrheitlich ab!

Auch ein Zusammenhang der von uns erstmals festgestellten an sich sehr bemerkenswerten Schleimbildung unter Agar (Abschnitt 2 D, b) und der Fadenbildung in Brot scheint uns wenig wahrscheinlich.

Zusammenfassung

Die Erreger der Brotkrankheit lassen vorläufig gemeinsame spezifische Eigenschaften vermissen. Insbesondere sind sie entgegen früheren Angaben nicht thermophil und sie besitzen mehrheitlich keine Kapsel.

Résumé

On n'a pas trouvé, pour le moment, de propriétés spécifiques communes chez les agents qui sont responsables du pain filant. Contrairement aux indications de la littérature ces agents ne sont pas thermophiles et la majorité d'entre eux n'a pas de capsule.

Summary

The agents causing the ropiness of bread have been found to be not thermophilic and most of them have no capsule.

Literatur

- ¹⁾ Kiermeier F. und Coduro E. Z. Untersuch. Lebensm. **96**, 405 (1953)
- ²⁾ Smith N. R., Gordon R(uth) E. und Clark F. Aerobic Mesophilic Sporeforming Bacteria. Misc. Publ. No. 559, U. S. Dept. of Agric. a) 1946 b) 2. Aufl. 1953.
- ³⁾ Streuli H. und Staub M., diese Mitt., s. S. 312 hievor.