

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Gesundheit
<b>Band:</b>	43 (1952)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Über die Entstehung von Diacetyl in fadenziehendem Brot
<b>Autor:</b>	Staub, M. / Reid, G.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-982637">https://doi.org/10.5169/seals-982637</a>

### 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:** 29.01.2026

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

# Über die Entstehung von Diacetyl in fadenziehendem Brot

Von M. Staub und G. Reid

(Mitteilung aus dem kantonalen Laboratorium Zürich)

Als wir ein fadenziehendes Diabetikerbrot bei  $103^{\circ}$  trockneten, entwickelte sich ein starker Geruch nach Diacetyl. Auch bei einem anderen, aus dunklem Mehl hergestellten fadenziehenden Brot trat dieselbe Erscheinung auf. Zur Erhärtung dieses Befundes unternahmen wir zunächst folgende orientierenden Versuche \*).

1. 130 g des dunklen, fadenziehenden Brotes wurden nach dem Zerkleinern mit  $50 \text{ cm}^3$  Wasser übergossen, im Ölbad langsam auf  $100^{\circ}$  erhitzt und während einiger Minuten auf dieser Temperatur gehalten. Dann destillierte man 5 Portionen zu  $2-3 \text{ cm}^3$  in je eine eisgekühlte Vorlage, enthaltend  $0,1 \text{ cm}^3$  Hydroxylaminchlorhydrat (20 %),  $0,3 \text{ cm}^3$  Nickelchlorür (10 %),  $0,25 \text{ cm}^3$  Ammoniumchlorid (20 %) und  $1 \text{ cm}^3$  Wasser. Nachdem die Vorlagen mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht worden waren, fielen in der zweiten Vorlage nach einigem Stehen rote Nadeln von Nickeldimethylglyoxim aus, womit die Anwesenheit von Diacetyl bewiesen war.

2. Weitere 130 g des Brotes von Versuch 1 wurden zuerst bei  $103^{\circ}$  während  $\frac{1}{4}$  Stunde gehalten, d.h. so lange, bis der Geruch nach Diacetyl deutlich auftrat. Letzteres konnte aber chemisch nicht mehr identifiziert werden.

3. Zum Vergleich trockneten wir 150 g eines dunklen Brotes von normaler Beschaffenheit bei  $103^{\circ}$  C. Diacetyl konnte auch spurenweise nicht wahrgenommen werden. Auch bei der Destillation einer wässrigen Aufschwemmung trat kein Geruch nach Diacetyl auf.

4. Normales Weissmehlgebäck lieferte weder beim Trocknen noch nach der Destillation Diacetyl.

5. Impfversuche: Etwa 150 g dunkles Brot von normaler Beschaffenheit wurden mit geringen Anteilen des fadenziehenden Brotes geimpft, etwas befeuchtet und bei  $35^{\circ}$  ca. 24 Stunden lang bebrütet. Nach dieser Zeit war das Brot vollständig fadenziehend geworden. Nach Zusatz von  $30 \text{ cm}^3$  Wasser wurde es der Destillation unterworfen und lieferte dabei Nickeldimethylglyoxim; es hatte sich somit wieder Diacetyl gebildet.

6. Der Versuch, ein anderes dunkles Brot nach Impfung mit fadenziehendem Brot ebenfalls fadenziehend zu machen, verlief negativ, trotz 72stündiger Bebrütung bei  $35^{\circ}$ .

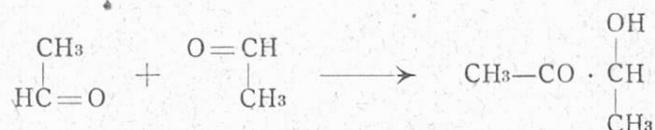
\* ) Diese ersten Versuche mit fadenziehendem Brot wurden von Fr. Dr. R. Widmer ausgeführt. Herrn Dr. O. Thomann verdanken wir seine wertvolle Mitarbeit bei den bakteriologischen Versuchen.

NB. Beim Aufbewahren des fadenziehenden Brotes im Eisschrank bildete sich ebenfalls Geruch nach Diacetyl.

Auf Grund dieser orientierenden Versuche liess sich vermuten, dass die Bildung von Diacetyl in Brot irgendwie mit dem Auftreten der Brotkrankheit in Zusammenhang stehen muss. Andererseits deutete Versuch 6 darauf hin, dass die Diacetylbildung offenbar nur beim Zusammentreffen ganz bestimmter Faktoren eintritt. Wir versuchten deshalb, den ganzen bakteriologischen Mechanismus bei der Brotkrankheit experimentell zu erfassen, besonders da wir in der Literatur keinen Hinweis auf Diacetylbildung bei der Brotkrankheit finden konnten. Diese Tatsache ist uns dann ziemlich klar geworden, weil es sehr schwierig ist, Diacetyl auf steriles Nährsubstrat experimentell zu erhalten.

Schon im Jahre 1886 stellte *Vogel*<sup>1)</sup> fest, dass *B. mesentericus* Brot fadenziehend machen kann. Er beobachtete, dass von 26 untersuchten Stämmen nur deren 9 imstande waren, eigentliche Fäden zu erzeugen. *Kerckhoff*<sup>2)</sup> fand bei systematischen Versuchen, dass die *Mesentericus*-Gruppe eine grosse Variationsbreite besitzt und daher beim Weiterzüchten die Eigenschaften wesentlich verändern kann. Dem *B. mesentericus* in seinen Eigenschaften ähnlich ist das *B. subtilis*<sup>3)</sup>. Verschiedene Forscher weisen darauf hin, dass sowohl *B. mesentericus* wie auch *B. subtilis* Acetoin durch Abbau von Kohlenhydraten erzeugen können, *Desmots*<sup>4)</sup>, *Keyser* und *Delaval*<sup>5)</sup>, *Horrowitz-Wlassowa*<sup>6)</sup>. Die beiden letzterwähnten Autoren beobachteten, dass die Fermente von *B. subtilis* 2,3-Butandiol leicht zu Acetoin oxydieren können. Nach ihren Angaben sollen alte Kartoffelkulturen Diacetyl enthalten. Diacetyl als Doppelketon kann somit als Endprodukt einer vollständigen Oxydation von 2,3-Butandiol betrachtet werden, wobei Acetoin als Zwischenprodukt auftritt. Japanische Forscher bestätigen, dass in einem mit *B. mesentericus* infizierten Nährsubstrat aus Glucose, Pepton und Kochsalz nach 14-tägiger Bebrütung kleine Mengen Diacetyl nachgewiesen werden konnten<sup>7)</sup>. *Burri*<sup>8)</sup> vermutet, dass die Bildung von Diacetyl aus Acetoin nicht ein rein chemischer Oxydationsvorgang, sondern möglicherweise von biologisch-katalytischer Natur sei. Da uns hier die Diacetylbildung besonders interessiert, weisen wir auf die Beobachtung von *Brewer*, *Michaelian* und *Werkmann*<sup>9)</sup> hin, wonach der Diacetylgehalt einer Maische, die Zitronensäure vergärende Streptokokken enthält, vervielfacht werden kann, wenn Luft unter Druck durchgepumpt wird.

Es ist bekannt, dass bei fermentativen Vorgängen mehr oder weniger 2,3-Butandiol entsteht. Dieses kann dann zu Acetoin weiter oxydiert werden. Bei der alkoholischen Gärung entsteht Acetyldehyd als Zwischenprodukt. Nach *Neuberg* und *Reinfurth*<sup>10)</sup> treten 2 Moleküle Acetaldehyd unter Mitwirkung von Carboli-gase zu Acetoin zusammen:



Grant, Stahlby und Werkmann<sup>11)</sup> haben beobachtet, dass während der Gärung von Glucose das Redoxpotential sinkt, bis der grösste Teil des Zuckers vergoren ist. Bei den niedrigen Redoxpotentialwerten entsteht viel 2,3-Butandiol, d.h. die Reduktion von Acetoin zu 2,3-Butandiol wird gefördert. Erreicht das Redoxpotential aber hohe Werte, dann tritt der umgekehrte Vorgang auf, d.h. Oxydation von 2,3-Butandiol zu Acetoin. Die Autoren betrachten deshalb den Vorgang Acetoin  $\rightleftharpoons$  2,3-Butandiol als reversibles Redoxsystem. Eine weitere interessante Beobachtung machten Mohler und Hämerle<sup>12)</sup> bei der Essiggärung. Nach ihren Versuchen bleibt während der Gärung der 2,3-Butandiolgehalt ziemlich konstant, während mit abnehmendem Alkoholgehalt die Acetoinwerte stetig ansteigen.

### Versuchsteil

Wir versuchten zunächst, fadenziehendes Brot experimentell zu erhalten, indem wir einerseits von *B. mesentericus*, andererseits von *B. subtilis* ausgingen.

Als Ausgangsmaterial für *B. mesentericus* benutzten wir Kartoffeln. Von diesen wurden Scheibchen bei 37° über etwas Wasser bebrütet. Von den auf der Oberfläche wachsenden Bakterien wurden Abstriche auf Mischzucker-Agarplatten geimpft und bebrütet. Man impfte dann weiter, bis man reine Kulturen von Mesentericus ähnlichen Bakterien erhielt. Vier dieser Kulturen wurden auf Schrägagar gezüchtet. Ferner stellte uns das landwirtschaftliche Institut der ETH in verdankenswerter Weise je einen Mesentericus- und Subtilisstamm zur Verfügung.

0,5 cm dicke Brotscheiben von etwa 5 g Gewicht wurden in Petrischalen während 30 Minuten bei 120° sterilisiert. Die Beimpfung mit den einzelnen Stämmen erfolgte durch Zugabe von 9 cm<sup>3</sup> sterilisiertem destilliertem Wasser, das mittels Öse infiziert worden war. Die Bebrütung erfolgte stets bei 37° während 48 Stunden. Es zeigte sich, dass es mit den von Kartoffeln gezüchteten Mesentericuskulturen nicht gelang, das Brot fadenziehend zu machen, auch mit dem Mesentericus- und Subtilisstamm der ETH nicht. Dieses Ergebnis steht in Beziehung zu den Beobachtungen von Vogel<sup>1)</sup>, der feststellte, dass von 26 verschiedenen Mesentericusstämmen nur deren 9 fadenziehende Eigenschaften besaßen.

Die Untersuchung von 3 infizierten Proben zeigte folgende Abbauprodukte:

*Tabelle 1*

Infiziert mit	Acetoin	2,3-Butandiol	Ammoniak
Mesentericus von Kartoffeln	0,3 mg/g	1,17 mg/g*	starker Geruch
Mesentericus ETH	1,38 »	10,9 »	kein Ammoniak
Subtilis ETH	3,98 »	32,4 »	kein Ammoniak

Da jedes Backmehl mit mehr oder weniger Mesentericus verunreinigt ist, deren Sporen die Backtemperatur überdauern können, bebrüteten wir ein frisches Brot bei 37° unter Zugabe von etwas Wasser. Erst bei Verwendung eines milchhaltigen Weissgebäckes konnten Fäden erhalten werden. Vermutlich wirken gewisse Milchbestandteile puffernd, wodurch ein zu starkes Ansteigen des Säuregrades infolge Bildung von Essig-, Milch- und Propionsäure, eventuell auch Buttersäure verhindert wird. Säurezusatz ist ja das bekannteste Mittel, um die Brotkrankheit zu verhüten. Die in dem Weissbrot entwickelten Bakterien wurden auf Mischzuckerplatten weiter gezüchtet, bis man Reinkulturen von Mesentericus erhielt. Mit diesen Kulturen beimpften wir sterilisierte Kartoffelscheiben, die dann bebrütet wurden. Dabei beobachteten wir, dass auch Kartoffeln fadenziehend werden können, wenn eine partielle Verflüssigung der Substanz stattfindet. 12 dieser Kulturen wurden zuerst auf Schrägagar und dann auf steriles weisses Brot übergeimpft und bebrütet. Die Resultate sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2

Kultur Nr.	Verhalten der Kartoffel	Verhalten des Brotes	Acetoin + Diacetyl im Brot mg/g
1	fadenziehend	nicht fadenziehend	4,3
2	fadenziehend	nicht fadenziehend	6,3
3	nicht fadenziehend	nicht fadenziehend	4,8
4	fadenziehend	nicht fadenziehend	6,5
5	nicht fadenziehend	nicht fadenziehend	5,1
6	nicht fadenziehend	nicht fadenziehend	9,2
7	wenig fadenziehend	nicht fadenziehend	4,3
8	fadenziehend	fadenziehend	2,4
9	fadenziehend	fadenziehend	1,7
10	sirupöse Verflüssigung	fadenziehend	2,5
11	fadenziehend	fadenziehend	2,8
12	fadenziehend	fadenziehend	2,6

NB. Die Werte in der Kolonne Acetoin+Diacetyl wurden so erhalten, dass das Acetoin mittels FeSO<sub>4</sub> und FeCl<sub>3</sub> in Gegenwart von Schwefelsäure zu Diacetyl oxydiert wurde. Diese Zahlen würden somit allfällig vorhandenes Diacetyl nicht erkennen lassen. Das ursprüngliche Brot enthielt kein Acetoin. Anschliessend wurden dieselben Brotproben auf Diacetyl geprüft, indem man wässrige Auszüge im Kohlensäurestrom destillierte. In keiner Probe konnten wir Diacetyl nachweisen.

*Ergebnis:* Die aus demselben fadenziehenden Weissbrot weitergezüchteten *B. mesentericus* verhalten sich auf Kartoffeln und Brot von Kultur zu Kultur verschieden. Entweder handelt es sich um Varietäten oder dann werden die Unterschiede durch Verschiedenheiten der Nährsubstrate bedingt. Auffällig ist, dass beim fadenziehenden Brot (Proben 8—12) die Acetoinwerte durchwegs niedriger sind als bei den übrigen 7 Proben.

Um uns ein Bild über die Reproduzierbarkeit zu machen, wurde der Versuch mit 8 Kulturen auf Brot wiederholt, wobei auch 2,3-Butandiol bestimmt wurde. Über das Ergebnis gibt Tabelle 3 Aufschluss.

Tabelle 3

Kultur Nr.	Verhalten des Brotes	Acetoin mg/g	2,3-Butandiol mg/g
1	nicht fadenziehend	2,67	2,04
2	nicht fadenziehend	4,20	5,16
3	nicht fadenziehend	9,30	1,47
6	fadenziehend	12,10	11,25
9	nicht fadenziehend	10,30	6,84
10	fadenziehend	2,83	1,79
11	fadenziehend	1,70	1,95
12	fadenziehend	2,18	0,85

NB. Bei Kultur Nr. 9 fanden wir 0,14 mg Diacetyl pro 1 g Substanz, aber erst nach 11 Tagen Bebrütung bei 20°.

*Ergebnis:* Diesmal wurde auch Kultur 6 fadenziehend, dafür 9 nicht. Auch die vermutete Beziehung zwischen Acetoingehalt und der Erscheinung des Fadenziehendwerdens ist nicht mehr so eindeutig (siehe Tabelle 2).

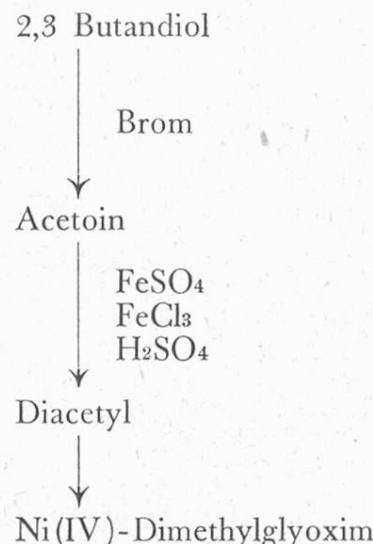
Veränderung des pH-Wertes während der Bebrütung:

Die Messung des pH erfolgte so, dass man die Spitze einer Glaselektrode in das angefeuchtete Brot an 3 verschiedenen Stellen drückte und den Durchschnittswert berechnete. Das anfängliche pH von ca. 5,5 stieg nach 24 Stunden auf maximal 7,60. Bei zwei von Kartoffeln weitergezüchteten Kulturen, die Ammoniak lieferten, stieg es auf 9,20.

Zum Schlusse setzten wir noch einen Versuch mit *B. subtilis* auf einer Kartoffel an, um die Behauptung von *Horrowitz-Ulassowa*<sup>6)</sup> nachzuprüfen, wonach die Fermente von *B. subtilis* 2,3-Butandiol leicht zu Acetoin zu oxydieren vermögen. Wir fanden 1,91 mg/g Acetoin und 20,7 mg/g 2,3-Butandiol. Ohne diesem einzigen Versuch grosse Beweiskraft beizumessen, ist doch ersichtlich, dass man bei der Beurteilung des Einflusses von Redoxpotentialen bei bakteriologischen Vorgängen sehr vorsichtig sein muss.

## Die Methodik der kolorimetrischen 2,3-Butandiol-, Acetoin- und Diacetylbestimmung

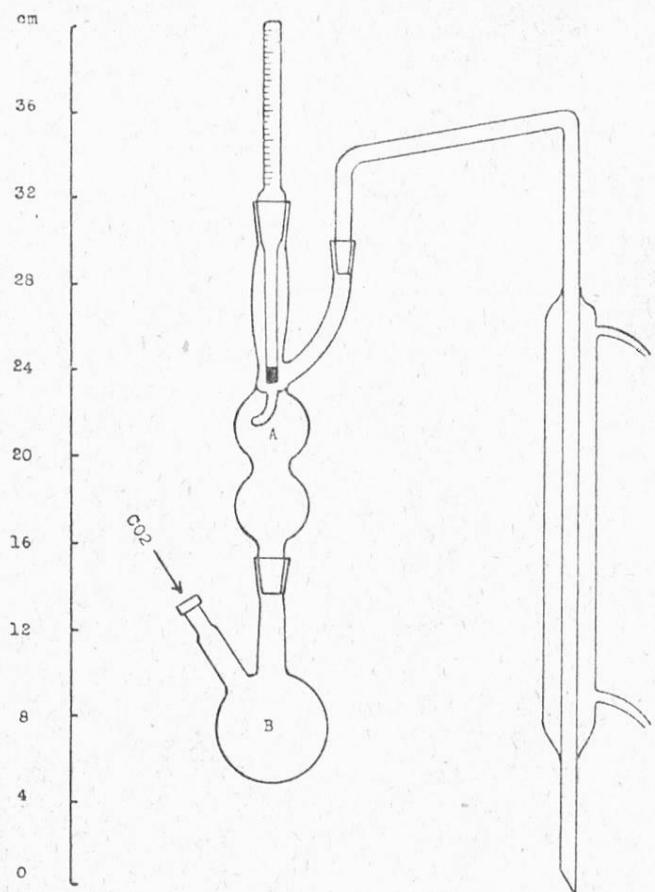
Die Bestimmung von 2,3-Butandiol, Acetoin und Diacetyl erfolgte nach der Methode von Hooreman<sup>13)</sup> nach folgendem Prinzip:



Hat man ein Gemisch aller drei Substanzen, muss zunächst das Diacetyl durch Destillation abgetrennt und als Ni (IV)-Dimethylglyoxim bestimmt werden. Dann unterwirft man in einer weiteren Probe das Acetoin der Oxydation zu Diacetyl und bestimmt letzteres wieder. Nachher muss in einer letzten Probe das 2,3-Butandiol über Acetoin zu Diacetyl oxydiert und als solches bestimmt werden. So kann man die drei Verbindungen nebeneinander quantitativ bestimmen. Die ganze Methode beruht also letzten Endes auf einer Diacetylbestimmung.

In unserem Falle gingen wir so vor, dass etwa 6 g der infizierten Brotscheiben nach der Bebrütung mit 100 cm<sup>3</sup> destilliertem Wasser ausgeschüttelt wurden. 0,1—1,0 cm<sup>3</sup> dieser Aufschwemmung wurden dann dem oben beschriebenen Verfahren unterworfen. Diese Methode ist mit verschiedenen Schwierigkeiten behaftet. Die Bildung des Ni (IV)-Dimethylglyoxims ist sehr empfindlich gegenüber dem Redoxpotential der Lösung. Wenn die zu untersuchende Lösung über 10 mg Acetoin enthält, besteht die Gefahr, dass bei der Destillation des Diacetyls ein Teil des Acetoin entsteht, und Ni (IV) zu Ni (II) reduziert. Man setzt den Versuch in diesem Falle mit weniger als 10 mg Acetoin an und destilliert so lange, bis das bei 88—90° siedende Diacetyl gerade hinübergegangen ist, das bei 141° siedende Acetoin aber noch keine Zeit dazu hatte. Um eine Art fraktionierter Destillation zu ermöglichen, haben wir den Destillationsapparat von Hooreman folgendermassen abgeändert (siehe Figur).

Bei A befindet sich eine kleine Springfalle. Wenn die Flüssigkeit im Kolben B zu sieden beginnt, kondensieren sich die Dämpfe zuerst an den Wänden des kugelförmigen Aufsatzes. Es entsteht hier ein teilweiser Fraktionierungseffekt. Bei der weiteren Destillation steigen die Dämpfe durch die Falle A und konden-



sieren sich auf der oberen Seite, wodurch ein kleiner Flüssigkeitsabschluss entsteht. Das Thermometer wird gerade über diese Flüssigkeitsschicht angebracht, um deren Temperatur zu messen. Wir destillierten nun so, dass die Temperatur nie über  $100^{\circ}$  stieg. Diese behelfsmässige Fraktionierung ist notwendig, da bei ungünstigem Verhältnis des Acetoin zu Diacetyl (z.B. 400 : 1) eine Diacetylbestimmung gar nicht mehr möglich ist. 25 γ Diacetyl sind die eben noch kolorimetrisch erfassbare Menge. Bei diesem Verhältnis hätten wir aber mehr als 10 mg Acetoin. Letzteres müsste also zunächst selektiv zerstört werden.

Für den Mechanismus Acetoin  $\rightarrow$  Diacetyl in unseren Brotproben war noch abzuklären, ob Acetoin an Luft leicht zu Diacetyl oxydiert wird. Von den letzten Spuren Diacetyl befreites Acetoin wurde während 12 Stunden bei  $20^{\circ}$  und während 14 Stunden bei  $65^{\circ}$  belüftet, indem Luft durch die Lösung gesogen wurde. Diacetyl konnte nicht nachgewiesen werden. Bei einem zweiten Versuche wurden 0,05 % Diacetyl gefunden. Die Destillation im Kohlensäurestrom bei der Diacetyldestillation von Acetoin enthaltenden Lösungen ist deshalb nicht nötig.

Schlussbemerkung: Über die Reproduzierbarkeit der 2,3-Butandiol-, Acetoin- und Diacetylbestimmung haben wir noch keine genauen Unterlagen; wir haben uns vorläufig weitgehend an die Arbeit von Hooreman (loc. cit.) gehalten. Es handelte sich für uns zunächst darum, die relativen Beziehungen zwischen den drei Verbindungen zu finden.

## Diskussion der Ergebnisse

1. In fadenziehendem Brot kann sich unter Umständen Diacetyl bilden. Modellversuche mit reinen Mesentericuskulturen zeigten, dass die Bildung von Diacetyl vermutlich erst in alten Kulturen eintritt und offenbar von verschiedenen Faktoren abhängig ist, wie Beschaffenheit des Nährsubstrates und Art des Mesentericusstammes. Deshalb konnten wir nur in einem Versuch mit beimpftem Brot Diacetyl nachweisen. Auch muss vermutlich bei nicht sterilen Nährsubstraten noch mit anderen Bakterien gerechnet werden.
2. Nicht alle Kulturen (Stämme) von *B. mesentericus* besitzen die gleiche Fähigkeit, Acetoin und 2,3-Butandiol aus Kohlenhydraten abzubauen. So zeigten zwei von Kartoffeln weitergezüchtete Kulturen die Fähigkeit, Ammoniak zu bilden, aber nur sehr wenig Acetoin. Hier handelte es sich vielleicht nur um *Mesentericus* ähnliche Bakterien.
3. Von Kartoffeln weitergezüchtete Mesentericuskulturen erzeugten auf Brot keine Fäden. Dies gelang erst mit Kulturen, die von einem zum Fadenziehen gebrachten Weissbrot stammten. Aber auch mit diesen Kulturen wurden bei der Wiederholung z.T. andere Ergebnisse erhalten. Die von Kerckhoff<sup>2)</sup> beobachtete Variabilität des *B. mesentericus* scheint eine beachtliche Rolle zu spielen. Hingegen entwickelten diese Bakterien kein Ammoniak.
4. Bei den fadenziehenden Brotproben sinkt der 2,3-Butandiol- und Acetoingehalt in der Mehrzahl der Fälle auf ungefähr die Hälfte im Vergleich zu den nicht fadenziehenden Proben. Weitere Versuche haben abzuklären, ob während der Vermehrung von *B. mesentericus* auf Brot der Acetoingehalt ansteigt, d.h. ob eine gewisse Analogie zur Acetoinbildung bei der Essiggärung besteht (siehe Mohler und Hämmerle<sup>12)</sup>). Man muss aber berücksichtigen, dass bei der Essiggärung Acetoin aus 2 Molekülen Acetaldehyd entstehen könnte. Von Interesse ist vor allem die Aufklärung des Mechanismus 2,3-Butandiol → Acetoin → Diacetyl. Was entsteht zuerst und woraus; von welchem Einfluss sind das Redoxpotential und das Nährsubstrat usf.? Die Untersuchung der fadenbildenden Substanz selbst erlaubt vielleicht, weitere Einblicke zu erlangen.
5. Mit *B. subtilis* erhielten wir auf Brot eine Höchstausbeute von 32,4 mg/g 2,3-Butandiol. Technische Verfahren steigerten die Ausbeute bis auf 83 mg/g.
6. Oxydationsversuche mit reinem Acetoin zeigen, dass das zuerst in fadenziehenden Broten beobachtete Auftreten von Diacetyl nicht auf die Erhitzung im Trockenschrank zurückzuführen ist; es kann sich auch beim Aufbewahren von fadenziehendem Brot im Eisschrank Diacetyl entwickeln.

## Zusammenfassung

Beim Trocknen von fadenziehendem Brot wurde ein starker Geruch nach Diacetyl festgestellt, das als solches identifiziert werden konnte. Anhand von Modellversuchen konnte gezeigt werden, dass nur Mesentericusstämme, die aus einem fadenziehenden Brot weitergezüchtet waren, Brot wieder fadenziehend machen können. Diacetyl konnte nur in einem Versuch bei der Beimpfung steriler Nährsubstrate nachgewiesen werden. Die bei diesem bakteriellen Abbau von Kohlenhydraten auftretenden Stoffe 2,3-Butandiol und Acetoin konnten quantitativ als Nickeldimethylglyoxim bestimmt werden. Die Oxydation von Acetoin zu Diacetyl mittels Belüftung geht nur schwer vor sich. Vielleicht lässt sich mit Hilfe der 2,3-Butandiol- und Acetoinbestimmung eine Diagnose über den Gesundheitszustand eines Brotes stellen.

## Résumé

Lors du séchage d'un pain filant on a constaté une forte odeur de diacétyle et l'on a pu établir que l'on avait effectivement affaire à cette substance. On a pu montrer, au moyen d'essais-témoins, que seules des souches mésentériques, isolées d'un pain filant et cultivées, peuvent rendre de nouveau le pain filant. La présence de diacétyle n'a pu être démontrée que dans un seul essai, par l'inoculation d'un milieu de culture stérile. Le 2,3-butane-diol et l'acétoine, composés formés au cours de cette dégradation bactérienne des hydrates de carbone, ont pu être dosés quantitativement sous forme de nickel-diméthylglyoxine. L'oxydation de l'acétoine en diacétyle par l'air n'a lieu que très difficilement. Peut-être est-il possible de se prononcer sur l'état de santé d'un pain en y dosant le 2,3-butane-diol et l'acétoine.

## Literatur

- <sup>1)</sup> Z. f. Hygiene **26**, 398 (1886).
- <sup>2)</sup> Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten **72**, 353 (1927).
- <sup>3)</sup> Bergey's manual of determinative Bacteriology,
- <sup>4)</sup> Comptes rendus **138**, 582 (1904).
- <sup>5)</sup> Comptes rendus **153**, 577.
- <sup>6)</sup> C. 1933, I, 2831.
- <sup>7)</sup> J. Ag. chem. soc. Japan, **12**, 1020.
- <sup>8)</sup> Diese Mitt. **25**, 1 (1934).
- <sup>9)</sup> Chem. abstracts **31**, 2696.
- <sup>10)</sup> Bioch. Z. **143**, 553 (1923).
- <sup>11)</sup> Chem. abstract **37**, 1426.
- <sup>12)</sup> Diese Mitt. **29**, 53 (1938).
- <sup>13)</sup> Anal. chim. acta **3**, 606 (1949).