

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 81 (1990)

Heft: 4

Artikel: Milchsäure- und Bernsteinsäurebildung durch verderbsspezifische Bakterien in pasteurisiertem Flüssig-Vollei bei 22 °C = Production of lactic acid and succinic acid by spoilage bacteria in liquid, pasteurized whole egg at 22 °C

Autor: Jäggi, N. / Edelmann, Ursula / Keller, Bärbel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-982620>

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: 25.01.2026

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

Milchsäure- und Bernsteinsäurebildung durch verderbsspezifische Bakterien in pasteurisiertem Flüssig-Vollei bei 22 °C

Production of Lactic Acid and Succinic Acid by Spoilage Bacteria in Liquid, Pasteurized Whole Egg at 22 °C

N. Jäggi, Ursula Edelmann, Bärbel Keller und H. R. Hunziker
Kantonales Laboratorium, St. Gallen

Einleitung

Bei der industriellen und gewerblichen Herstellung von Lebensmitteln werden zunehmend mehr Flüssigeiprodukte verwendet. Im Bewusstsein um die hygienische Anfälligkeit dieser Produkte gelangen diese fast ausnahmslos in pasteurisiertem Zustand in den Handel. Vor der Pasteurisation werden die Eier grösstenteils maschinell aufgeschlagen. Zusätzlich werden Brucheier auch direkt durch die Betreiber von Legebetrieben entschalt und in gefrorenem Zustand angeliefert. Die Qualität dieser Eier lässt manchmal zu wünschen übrig, sie werden deshalb zur Pasteurisation mit den frisch aufgeschlagenen Eiern vermischt.

Durch den Pasteurisationsprozess werden einerseits die pathogenen Mikroorganismen sowie der grösste Teil der Verderbsflora inaktiviert. Andererseits verflüchtigen sich jedoch auch die meisten sensorisch wahrnehmbaren, verderbsspezifischen Stoffwechselprodukte. Dadurch wird es schwierig, die ursprüngliche Eiqualität festzustellen. Für die hygienische Qualitätsüberwachung nach der Pasteurisation kann jedoch der Gehalt an Bernstein- und Milchsäure herangezogen werden (1–3).

Es ist bekannt, dass bei der Lagerung von Schaleneiern unter Ausschluss des mikrobiellen Verderbs der Gehalt an Bernsteinsäure bei 5 mg/kg Trockenmasse konstant bleibt, während der Milchsäuregehalt sich einem temperaturabhängigen Plateau von 500–700 mg/kg nähert (4). Daraus können für die Beurteilung für Produkte, die aus qualitativ gutem Ausgangsmaterial hergestellt worden sind, die Grenzwerte von 1000 mg Milchsäure und 25 mg Bernsteinsäure/kg Eitrockenmasse abgeleitet werden. Diese Beurteilungskriterien gelangten in der BRD und punktuell auch in der Schweiz bereits zur amtlichen Anwendung (5–7). Zur Bestimmung dieser verderbsspezifischen Säuren stehen gaschromatographische und enzymatische Methoden zur Wahl. Diese sind beispielsweise in der amtlichen Sammlung nach § 35 LMBG der BRD (8, 9) enthalten.

In Vorversuchen hatten sich die kommerziell erhältlichen Testkits zur enzymatischen Bestimmung nach Spontanverderb von pasteurisiertem und unpasteurisiertem Flüssigei insgesamt gut bewährt. Dabei fiel jedoch auf, dass die Säureproduktion teilweise schlecht mit der Anzahl Bakterien korrelierte und insbesondere kaum Bernsteinsäure gebildet wurde. Es stellte sich daher grundsätzlich die Frage, welche Verderbsorganismen in Ei unter welchen Bedingungen diese Säuren bilden und ob eventuelle artspezifische Unterschiede feststellbar sind. Dies sollte vorerst bei Raumtemperatur untersucht werden. Es wurden Reinkulturen spezifischer Verderbskeime in steriles Flüssigei inokuliert und deren Wachstum und Säureproduktion während sechs Tagen verfolgt.

Material und Methoden

Bakterien

Pseudomonas aeruginosa ATCC 9721
Pseudomonas fluorescens aus Rohei isoliert
Escherichia coli ATCC 11229
Escherichia coli aus past. Ei isoliert
Enterobacter cloacae ATCC 13047
Enterobacter agglomerans aus Rohei isoliert
Streptococcus pyogenes ATCC 10389
Streptococcus sp. aus Rohei isoliert
Staphylococcus aureus LMZ 172
Bacillus sp. aus past. Ei isoliert
Bacillus cereus aus Trockensuppe isoliert

Enzymatische Testkits

Boehringer Testkits zur enzymatischen Bestimmung von L(+)-Milchsäure (139084) und Bernsteinsäure (176281).

Pasteurisation von Flüssigei

Frische Eier der Klasse «extra» aus dem Detailhandel wurden während 2 min in 70% Ethanol gewaschen und anschliessend mit sterilem Wasser gespült. Darauf wurden die Eier unter der Sterilworkbench aufgeschlagen und je 6 Stück in einem Beutel 2 min im Stomacher homogenisiert. Die Eimasse wurde dann in einen grossen Plastikbeutel gefüllt und gut durchmischt, um für den ganzen Versuch eine grössere homogene Eimasse zur Verfügung zu haben. Je 400 ml wurden in 400-ml-Laborglasflaschen abgefüllt. Diese wurden während 30 min bei 65 °C im Wasserbad pasteurisiert. In Zeitabständen von 5 min wurde kräftig geschütt-

telt. Die pasteurisierte Eimasse wurde bis zum Gebrauch eingefroren. Vor jedem Versuch wurde 0,1 ml Eimasse auf Mikroorganismenwachstum geprüft, immer mit negativem Resultat. Zusätzlich wurde der natürliche Gehalt an Milchsäure und Bernsteinsäure in der Eimasse vor jedem zweiten Versuchsansatz insgesamt viermal bestimmt.

Inokulation

Die pasteurisierte Eimasse wurde im Kühlschrank aufgetaut und in sterile 200-ml-Laborglasflaschen abgefüllt. Ein ausgewählter Bakterienstamm wurde in BHI-Bouillon angezüchtet, abzentrifugiert und nach zweimaligem Waschen in steriler Kochsalzlösung in fünf Milliliter davon suspendiert. Anschliessend wurde die Trübung (Nephelometrische Streulichtmessung, LTP 5, Dr. Lange, BRD) gemessen. Mit Hilfe einer vorgängig erstellten Eichgeraden konnte die Bakterienzahl bestimmt und so eingestellt werden, dass 100 Bakterien/ml Eimasse beimpft wurden. Eine unmittelbar darauffolgende Koloniezahlbestimmung ergab Werte, die in jedem Fall zwischen 40 und 300 Kolonien/ml lagen.

Aufbereitung für die Säurenbestimmung

Die Aufbereitung der Eimasse erfolgte in Anlehnung an die Anleitung von Boehringer Mannheim, jedoch ohne Erhitzung der Probe: 10 g homogenisiertes Vollei wurden in einen 50-ml-Messkolben auf 0,01 g genau eingewogen, 2 ml 1 m NaOH dazugegeben und kurz geschüttelt. Nach Zugabe von 6 ml Carrez I wurde der Messkolben bis zu $\frac{3}{4}$ mit 0,1 m NaOH gefüllt und 5 min geschüttelt. Sodann wurde 6 ml Carrez II beigefügt und geschüttelt, bis die Probelösung sich leicht verflüssigt hatte. Mit 2 Tropfen Octanol wurde entschäumt, dann mit 0,1 m NaOH bis zur Marke aufgefüllt und gemischt. Die Probelösung wurde in einem Polyethylen-Zentrifugenbecher bei 3500 rpm 15 min zentrifugiert und die überstehende Lösung durch einen 0,45 μm Einwegfilter filtriert. Das Filtrat konnte, wenn nötig verdünnt, für die Bestimmung von L(+)-Milch- und Bernsteinsäure verwendet werden. Im Kühlschrank aufbewahrt, war die Probelösung mindestens 2 Tage haltbar. Bei der Aufbereitung kam es manchmal zu unlöslichen, flockigen Ausfällungen, die möglicherweise die Extraktion der Säuren behinderten. Grund dafür können einerseits die hohe Pasteurisationstemperatur, andererseits mikrobielle Stoffwechselprodukte gewesen sein.

Bestimmen der Wachstumskurve und Messen des L(+)-Milchsäure- und Bernsteinsäuregehalts

Die beimpfte Eimasse wurde im Brutschrank bei 22 °C bebrütet.

Anfänglich alle 8–16 Stunden, in der stationären Phase alle 1–2 Tage, wurde mit 1 ml Eimasse eine Verdünnungsreihe angelegt und die Gesamtkoloniezahl

bestimmt (Gussplattenverfahren, Standard Methods Agar BBL 11638, Bebrütung 3 Tage bei 30 °C). Unmittelbar danach gelangten 10 g für die Messung der Milchsäure und Bernsteinsäure zur Aufbereitung. Alle zwei Tage und am Schluss des Experiments wurde geprüft, ob wirklich nur der eingeimpfte Stamm in der Eimasse gewachsen war oder zusätzlich auch die produkteigene Flora. Hierzu wurden von einer gut bewachsenen Platte 3–4 Kolonien mikroskopisch betrachtet und mit weiteren einfachen mikrobiologischen Tests identifiziert. Angewandt wurden die UV-Fluoreszenz, die vereinfachte Gramfärbung mittels 3%iger KOH-Lösung sowie der Katalase-, Oxidase- und O/F-Test.

Resultate

Zu Beginn der Wachstumsversuche wurde der natürliche Gehalt an Milchsäure und Bernsteinsäure insgesamt viermal ermittelt. Die Werte waren äusserst gering und betragen im Durchschnitt für Milchsäure 19 mg/kg, für Bernsteinsäure 6 mg/kg.

Aus Abbildung 1 sind der Wachstumsverlauf wie auch die Bildung von L(+)-Milchsäure und Bernsteinsäure der vier untersuchten Enterobacteriaceen zu erkennen. Während der exponentiellen Wachstumsphase stieg der Bernsteinsäuregehalt bei allen vier Isolaten innerhalb von 24 bis 40 Stunden auf ungefähr 120–160 mg/kg Eitrockenmasse an. Danach war in jedem Fall eine teilweise massive Verringerung des Bernsteinsäuregehaltes zu erkennen, der ein erneuter Anstieg unterschiedlicher Stärke folgte. Hingegen stieg der Milchsäuregehalt in den mit Enterobacteriaceen beimpften Eimassen nicht an, die zwei abweichenden Messwerte nach zweieinhalb Tagen bei *E. cloacae* und nach sechs Tagen bei *E. agglomerans* können als Messfehler interpretiert werden.

In Abbildung 2 sind Wachstum und Säureproduktion von je zwei *Bacillus*- und *Pseudomonas*-Isolaten dargestellt. Es ist ersichtlich, dass bei *P. aeruginosa* und *B. cereus* das Experiment nach einem, beziehungsweise etwas mehr als drei Tagen abgebrochen werden musste, da die ursprüngliche Eiflora die inkulierten Keime überwuchert hatte. Wachstum und Säureproduktion bis zu diesem Zeitpunkt verliefen aber tendentiell gleich wie bei *P. fluorescens* und *Bacillus sp.*, bei denen der Versuch zu Ende geführt werden konnte. Die *Bacillus*-Stämme produzierten Milchsäure vor allem während der exponentiellen Wachstumsphase; Bernsteinsäure hingegen wurde verzögert während der stationären Phase nach zwei bis drei Tagen Lagerung gebildet. Der höchste Wert an Bernsteinsäure von 300 mg/kg wurde bei dem aus pasteurisiertem Ei isolierten *Bacillus*-Stamm gemessen. Die *Pseudomonaden* vermehrten sich zwar auch sehr gut im Flüssigei, sie bildeten jedoch erst nach fünf bis sechs Tagen kleine, unbedeutende Mengen Milch- und Bernsteinsäure.

Aus Abbildung 3 sind Wachstum und Säurebildung zweier *Streptococcus*- und eines *Staphylococcus aureus*-Stammes zu erkennen. *Streptococcus pyogenes* wuchs bei 22 °C erheblich langsamer als alle anderen Keime, da die optimale Wachs-

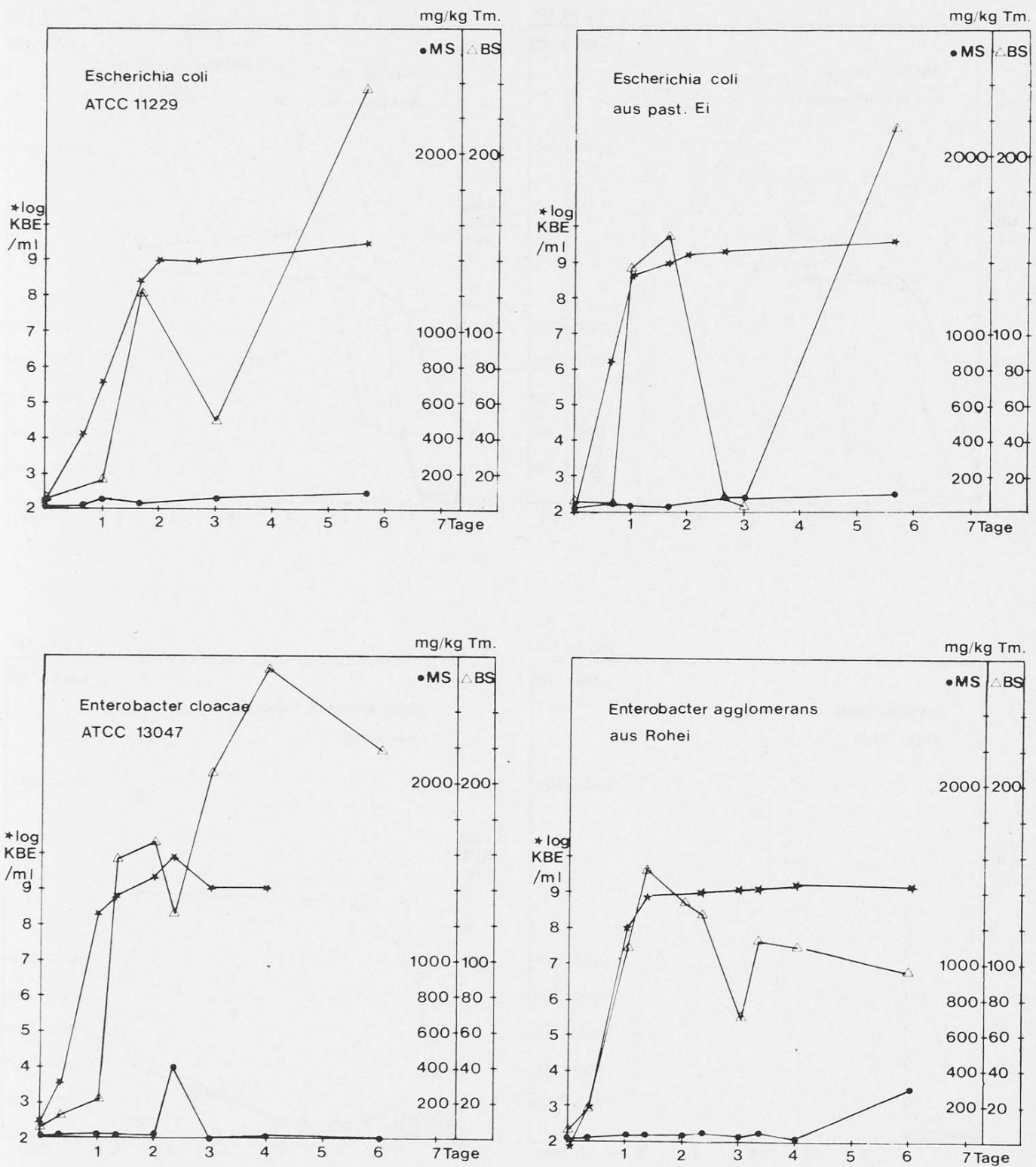


Abb. 1. Wachstumskurve (◆), Bildung von L(+)-Milchsäure (●) und Bernsteinsäure (△) durch *Escherichia coli* (ATCC 11229), *Escherichia coli* (aus past. Ei), *Enterobacter cloacae* (ATCC 13047) und *Enterobacter agglomerans* (aus Rohei) in pasteurisiertem Flüssig-Vollei

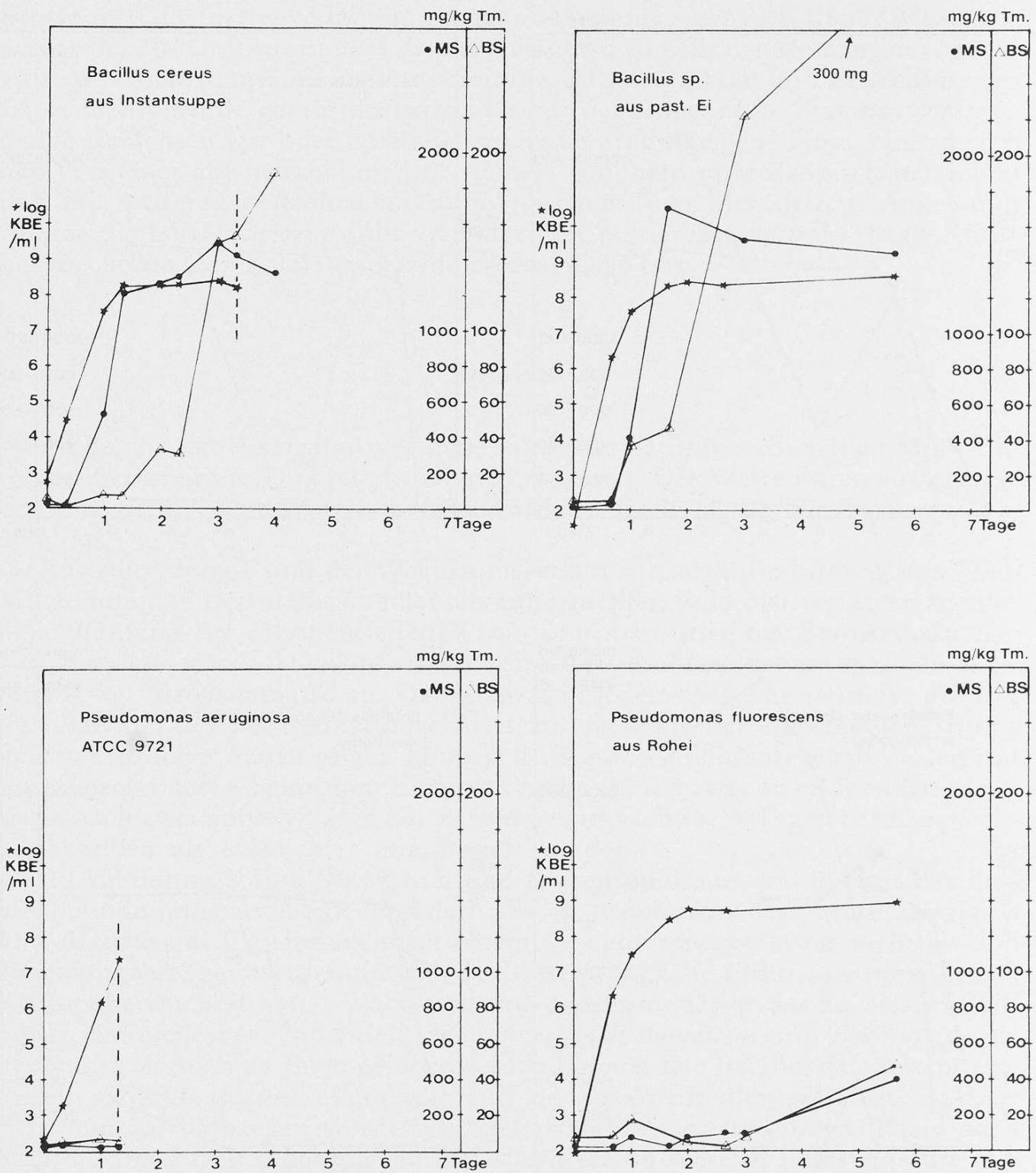


Abb. 2. Wachstumskurve (◆), Bildung von L(+)-Milchsäure (●) und Bernsteinsäure (△) durch *Bacillus cereus* (aus Instantuppe), *Bacillus sp.* (aus past. Ei), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9721) und *Pseudomonas fluorescens* (aus Rohei) in pasteurisiertem Flüssig-Vollei

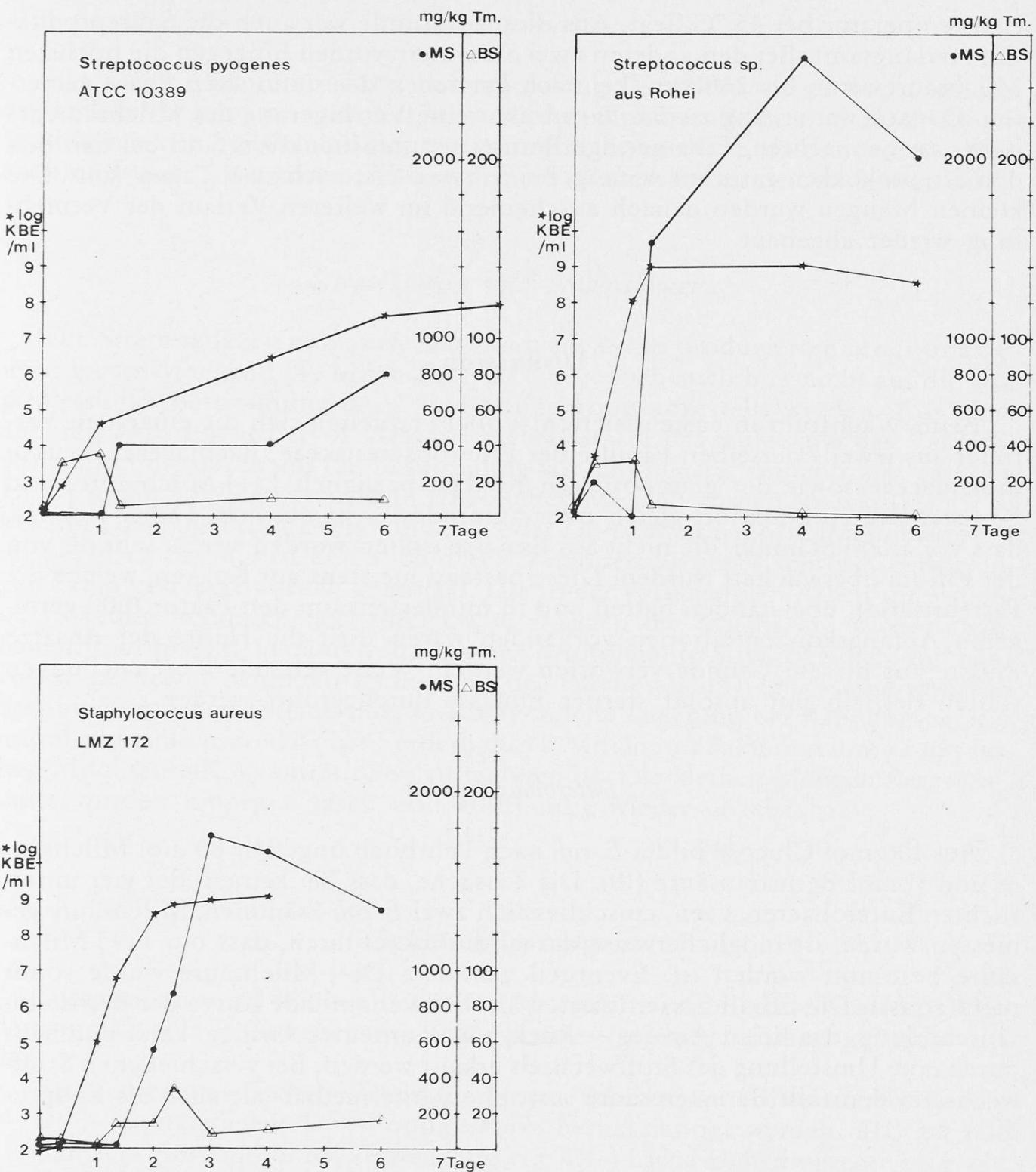


Abb. 3. Wachstumskurve (\blacklozenge), Bildung von L(+)-Milchsäure (\bullet) und Bernsteinsäure (\triangle) durch *Streptococcus pyogenes* (ATCC 10389), *Streptococcus sp.* (aus Rohei) und *Staphylococcus aureus* (LMZ 172) in pasteurisiertem Flüssig-Vollei

tumstemperatur bei 45 °C liegt. Aus diesem Grunde war auch die Säureproduktion verlangsamt. Bei den anderen zwei Stämmen wurden hingegen die höchsten Milchsäurewerte, bis 2600 mg/kg, nach Erreichen der stationären Phase gemessen. Danach war analog zu *Bacillus sp.* eher eine Verringerung des Milchsäuregehaltes zu beobachten. Eine geringe Bernsteinsäureproduktion fand bei den beiden Streptokokken ganz am Anfang, bei *S. aureus* erst nach zwei Tagen, statt. Die kleinen Mengen wurden danach anscheinend im weiteren Verlauf der Vermehrung wieder abgebaut.

Diskussion

Beim Wachstum in pasteurisiertem Vollei verhielten sich die einzelnen Vertreter aus jeweils derselben Familie der Enterobacteriaceae, Bacillaceae, Pseudomonadaceae sowie der grampositiven Kokken bezüglich L(+)-Milchsäure- und Bernsteinsäureproduktion gleich oder zumindest sehr ähnlich. Dabei fiel auf, dass vor allem Stämme, die nicht aus Eimasse isoliert worden waren, sehr oft von der Eiflora überwuchert wurden. Diese bestand meistens aus Kokken, welche die Pasteurisation überstanden hatten und in mindestens um den Faktor 1000 geringeren Anfangskonzentrationen vorhanden waren. Fast die Hälfte der Ansätze musste aus diesem Grunde verworfen werden. Weitergehende Untersuchungen sollten deshalb mit absolut steriler Eimasse durchgeführt werden.

Enterobacteriaceen

Aus 100 mol Glucose bildet *E. coli* nach Lehrbuch ungefähr 80 mol Milchsäure und 11 mol Bernsteinsäure (10). Die Tatsache, dass bei keinem der vier untersuchten Enterobacteriaceen, einschliesslich zwei *E. coli*-Stämmen, Milchsäure gemessen wurde, ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass nur L(+)-Milchsäure bestimmt worden ist. Eventuell gebildete D(-)-Milchsäure wurde somit nicht erfasst. Die bei allen vier Isolaten ähnlich verlaufende Kurve der Bernsteinsäurebildung, das heisst Anstieg – Rückgang – erneuter Anstieg, kann durchaus durch eine Umstellung des Stoffwechsels erklärt werden. Bei verschiedenen Stoffwechselzyklen fällt Bernsteinsäure sowohl als Intermediär- als auch als Endprodukt an (11).

Bazillen

Die zwei untersuchten *Bacillus*-Stämme bildeten als einzige sowohl Milchsäure als auch Bernsteinsäure in erheblichen Mengen. Milchsäure scheint nach ein bis zwei Tagen, das heisst bei Erreichen der stationären Phase, wieder abgebaut zu werden, während Bernsteinsäure offensichtlich nicht weiter metabolisiert wird.

Pseudomonaden

Ein durch Pseudomonaden hervorgerufener Verderb, wie er vor allem bei kühlgelagerter Eimasse auftreten kann, wird nachgewiesenermassen durch alleiniges Messen von Milch- und Bernsteinsäure nicht entdeckt, da die beiden untersuchten Isolate trotz gutem Wachstum in Vollei keine der beiden Säuren bildeten.

Streptokokken und Staphylococcus

Die Streptokokken und auch *Staphylococcus aureus* produzierten erwartungsgemäss grosse Mengen L(+)-Milchsäure. Es darf jedoch auch hier nicht auf die ausschliessliche Bestimmung der L(+)-Konfiguration abgestellt werden. Aus einer anderen Arbeit geht hervor, dass beispielsweise für das Aufzeigen des Verderbs von Aufschnittwaren nur die Bestimmung von D(-)-Lactat sinnvoll war, da L(+)-Lactat schon vor dem Verderb in erheblichen Mengen vorhanden war (12). Es ist bekannt, dass die Produktion von L(+) oder D(-)-Lactat bei Milchsäurebakterien artspezifisch bedingt ist und auch durch Veränderung der Wachstumsbedingungen kaum gesteuert werden kann (13). Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Stämme begannen nach drei bis vier Tagen die Milchsäure wieder abzubauen. Gottschalk (11) erläutert, dass einige aerotolerante Streptokokken durchaus Lactat zu Acetat oxidieren können. In der Praxis scheint jedoch eine während drei bis vier Tagen andauernde, missbräuchliche Lagerung bei Raumtemperatur unwahrscheinlich, so dass bei Verderb durch Milchsäurebakterien immer mit hohen Milchsäure-Konzentrationen zu rechnen ist. Die kleinen Mengen Bernsteinsäure wurden hingegen rasch und vollständig wieder abgebaut.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend können bezüglich Milchsäure und Bernsteinsäure als Verderbsindikatoren in hitzebehandeltem Flüssigei folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Bei der enzymatischen Bestimmung von Milchsäure sollte unbedingt die D(-)- zusätzlich zur L(+)-Konfiguration berücksichtigt werden. Dies ist mit geringem Aufwand unter Verwendung von D(-)-Lactat-Dehydrogenase möglich.
2. Nach Littmann (1) ist vor allem bei Mischungen von verdorbenem Flüssigei mit frischem Produkt die Bernsteinsäure der bessere Indikator. Die vorliegende Untersuchung bestätigt dies. Wird nämlich Bernsteinsäure gebildet, so liegen die Werte meistens um den Faktor 5–10 höher als der Grenzwert von 25 mg/kg Trockenmasse. Dagegen wurde Milchsäure in höherer Konzentration als 2000 mg/kg nur in einem Fall gemessen, was im Vergleich zum Grenzwert nur einem Faktor von zwei entspricht. Trotzdem sollte auf eine Bestim-

mung der Milchsäure nicht verzichtet werden, da Milchsäurebakterien und auch *Staphylococcus aureus* keine Bernsteinsäure bildeten.

3. Mit der Bestimmung der beiden organischen Säuren wird vor allem der Verderb durch grampositive Mikroorganismen angezeigt. Unter diesen Umständen drängt sich eine zusätzliche Bestimmung der Lipopolysaccharide der gramnegativen Verderbsflora mit dem Limulus-Test als Ergänzung geradezu auf (14, 15). Ein Verderb bei Kühltemperaturen würde aller Wahrscheinlichkeit nach durch psychrotrophe, gramnegative Bakterien verursacht. Ob unter diesen Bedingungen Milch- oder Bernsteinsäure gebildet werden, bleibt abzuklären.
4. Ob und inwieweit ein strikt anaerober Verderb, wie er in hermetisch verschlossenen Gebinden nach Aufbrauch des verbleibenden Sauerstoffs durchaus denkbar ist, angezeigt wird, muss in weitergehenden Untersuchungen ermittelt werden.

Zusammenfassung

Elf Bakterienstämme wurden in pasteurisiertes Flüssig-Vollei inkuliert. Wachstumsverhalten bei 22 °C sowie Bildung von L(+)-Milchsäure und Bernsteinsäure ließen folgende Schlüsse zu:

Die im Schrifttum vorgeschlagenen Grenzwerte für Milchsäure und Bernsteinsäure (1000 mg/kg Trockenmasse bzw. 25 mg/kg Trockenmasse) sind geeignet, um eine qualitätsvermindernde vorausgegangene Bakterienvermehrung anzudeuten. Eine Vermehrung von gramnegativen Pseudomonaden wurde jedoch nicht erfasst, sie könnte durch die Bestimmung von Lipopolysacchariden, beispielsweise mit einem Limulus-Test, entdeckt werden. Bei der enzymatischen Bestimmung sollte zusätzlich zu L(+)-Milchsäure auch D(-)-Milchsäure bestimmt werden, da sämtliche untersuchten Enterobacteriaceen keine L(+)-Milchsäure produzierten und auch die eigentlichen Milchsäurebakterien beide Konfigurationen bilden können.

Résumé

Onze souches bactériennes ont été inoculées dans de l'œuf entier liquide pasteurisé. Le comportement de croissance à 22 °C ainsi que la formation d'acide lactique L(+) et d'acide succinique permettent de tirer les conclusions suivantes:

Les limites pour l'acide lactique et pour l'acide succinique (respectivement 1000 mg/kg de mesure sèche et 25 mg/kg de mesure sèche) proposées dans la littérature sont aptes à indiquer une augmentation bactérienne antérieure. Pourtant, une croissance des pseudomonades à gram-négatif n'est pas montré. Elle pourrait être décelée par la quantité de lipopolysaccharides, par exemple grâce à un test limulus. En ce qui concerne la détermination enzymatique, l'acide lactique D(−) devrait être déterminé en plus de l'acide lactique L(+); en effet aucune des entérobacteriacées analysées n'a formé de l'acide lactique L(+) et les bactéries lactiques proprement dites sont en mesure de former les deux configurations.

Summary

Eleven strains of bacteria were inoculated into pasteurized liquid whole egg. Growth behaviour at 22 °C and the formation of L(+)-lactic acid and succinic acid lead to the following conclusions:

The limits suggested in the literature for lactic acid and succinic acid (1000 mg/kg dry weight and 25 mg/kg dry weight respectively) are suitable to indicate a preceding increase of bacteria. However, growth of gram-negative Pseudomonads will not be registered. It could be indicated for instance by determining the lipopolysaccharids by means of a Limulus test. When carrying out the enzymatic analysis, the D(-)-lactic acid should be determined in addition to the L(+)-lactic acid, because all examined Enterobacteriaceae did not form L(+)-lactic acid, and also because the actual lactic acid bacteria are able to produce both configurations.

Literatur

1. Littmann, S.: Zur chemisch-analytischen Untersuchung von Eiproducten und Beurteilung ihres hygienischen Zustandes an Hand des Gehaltes an verderbsspezifischen organischen Säuren. Deut. Lebensm. Rundschau **81**, 345–350 (1985).
2. Littmann, S. und Beutler, H.: Auswertung des Ringversuchs der Arbeitsgruppe «Ei-Analytik» zur Bestimmung von L(+)-Milchsäure, 3-Hydroxybuttersäure und Bernsteinsäure in Eiproducten. Deut. Lebensm. Rundschau **10**, 320–321 (1988).
3. Stijve, T. and Diserens, J. M.: Simplified method for the routine determination of organic acids in eggs and egg products. Deut. Lebensm. Rundschau **2**, 44–47 (1987).
4. Littmann, S., Acker, L. und Schulte, E.: Beurteilung des hygienischen Zustandes von Eiproducten vor der Pasteurisierung über das Muster der organischen Säuren. Z. Lebensm. Unters.-Forsch. **175**, 106–112 (1982).
5. Jahresbericht 1986 des chemischen Untersuchungsamtes der Stadt Hamm, BRD.
6. Jahresbericht 1987 des chemischen Untersuchungsamtes der Stadt Hamm, BRD.
7. Jahresbericht 1987 des Kantonalen Laboratoriums Basel-Land, CH.
8. Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG Methode 05.00/1: Bestimmung von L-Milchsäure, Bernsteinsäure und D-3-Hydroxybuttersäure in Ei und Eiproducten, Gaschromatographisches Verfahren. November 1987.
9. Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG Methode 05.00/2: Bestimmung von L-Milchsäure, Bernsteinsäure und D-3-Hydroxybuttersäure in Ei und Eiproducten, Enzymatisches Verfahren. November 1987.
10. Schlegel, H. G.: Allgemeine Mikrobiologie, 4. überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1976.
11. Gottschalk, G.: Bacterial metabolism, Second edition. Springer Verlag, New York 1986.
12. Schneider, W., Hildebrandt, G. und Sinell, H.-J.: D(-)-Lactat-Konzentration als Parameter für die Bewertung des Frischezustandes vorverpackter, hitzebehandelter Fleischerzeugnisse. Fleischwirtsch. **63**, 1198–1205 (1983).
13. Steffen, C., Nick, B. und Blanc, B. H.: Konfiguration der Milchsäure verschiedener Milchsäurebakterienstämme in Abhängigkeit fabrikationstechnischer Bedingungen. Schweiz. Milchw. Forsch. **2**, 37–52 (1973).

14. *Jülicher, B., Schütz, M. und Wiesner, H.-U.*: Bedeutung von Endotoxinen in Lebensmitteln — Charakterisierung und lebensmittelrechtliche Beurteilung —. Arch. Lebensmittelhyg. **4**, 79–83 (1989).
15. *Steffens, K. und Maier, T.*: Bestimmung des Endotoxin-Gehalts in Eiprodukten mit Hilfe eines miniaturisierten chromogenen Limulus-Tests. Z. Lebensm. Unters. -Forsch. **188**, 531–534 (1989).

Dr. N. Jäggi
Kantonales Laboratorium
Frohbergstrasse 3
CH-9000 St. Gallen