

Zeitschrift:	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber:	Bundesamt für Gesundheit
Band:	45 (1954)
Heft:	2
Artikel:	Reaktivierte Phosphatase in hochpasteurisiertem Schlagrahm und deren Nachweis
Autor:	Siegenthaler, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-984011

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: 27.01.2026

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

- ¹⁴⁾ Z. I. Kertesz, The Pectic Substances. New York 1951.
- ¹⁵⁾ A. Mehlitz, Süßmost. Braunschweig 1951.
- ¹⁶⁾ H. Morawetz und W. L. Hughes, J. Phys. Chem. **56**, 64 (1952).
- ¹⁷⁾ M. Rüdiger und E. Mayr, Kolloid-Z. **47**, 141 (1929).
- ¹⁸⁾ R. M. Smock und A. M. Neubert, Apples and Apple Products. New York 1950.
- ¹⁹⁾ H. Staudinger und H. v. Becker, Ber. dtsch. chem. Ges. **70**, 879 (1937).
- ²⁰⁾ D. K. Tressler, M. A. Joslyn und G. L. Marsh, Fruit and Vegetable Juices. New York 1939.
- ²¹⁾ Unveröffentlichte Untersuchungen am Agr.-chem. Institut, ETH, Zürich.
- ²²⁾ E. Vogt, Weinchemie und Weinanalyse. Stuttgart und Ludwigsburg 1953.

Reaktiviert Phosphatase in hochpasteurisiertem Schlagrahm und deren Nachweis

Von E. Siegenthaler

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Verbandsmolkerei Bern)

1. Einleitung

Die Phosphataseprobe wird zur Kontrolle der ordnungsgemässen Pasteurisation von Milch und Milchprodukten allgemein angewandt. Sie bietet gegenüber andern Methoden den grossen Vorteil, dass sie sich als Kontrollmethode für alle anerkannten Pasteurisationsstandards eignet. Ihre Resistenz gegenüber Wärmeeinflüssen liegt etwas über derjenigen der Tuberkelbazillen. Diese weisen unter den gewöhnlichen pathogenen Keimen, welche etwa in Rohmilch vorhanden sein können, die grösste Thermoresistenz auf. Der negative Ausfall der Phosphatasereaktion von Milch und Milchprodukten lässt deshalb den Schluss zu, dass eventuell vorhanden gewesene Krankheitserreger durch die stattgefundene Erhitzung mit Sicherheit abgetötet wurden. Dadurch kann die Phosphataseprobe auch zur Kontrolle nicht anerkannter Pasteurisationsmethoden herangezogen werden. In den lebensmittelgesetzlichen Erlassen zahlreicher Länder wird deshalb von pasteurisierter Milch und von pasteurisierten Milchprodukten verlangt, dass die Phosphatasereaktion negativ sein muss. Auch in der Schweizerischen Lebensmittelverordnung ist diese Forderung in den Artikeln 73 und 76 für pasteurisierte Milch und pasteurisierten Rahm niedergelegt.

Für die Pasteurisation des Schlagrahmes bedient man sich in der milchwirtschaftlichen Praxis entweder der Dauerpasteurisation oder einem modifizierten Erhitzungsprozess in einem Mehrzweckerhitzer, so wie der Kurzzeit- und Hocherhitzung in einem Plattenpasteur. Die erstenen Erhitzungsarten braucht man fast

ausschliesslich im Kleinbetrieb, während für die Erhitzung grösserer Rahmmengen die Dauerpasteurisation kaum mehr angewandt wird. Die Kurzzeit- oder Hocherhitzung in Plattenapparaten bietet hierfür die technisch zweckmässigere Lösung.

Von verschiedenen Forschern, in der Schweiz vor allem von *Ritter*¹⁾, wird nun darauf hingewiesen, dass in pasteurisiertem Rahm öfters, trotz einwandfreier Pasteurisation und anfänglich negativer Phosphatasereaktion, nach kürzerer oder längerer Lagerung, positive Phosphatasewerte gefunden werden. Diese Erscheinung wurde vor allem bei kurzzeit- oder hoherhitztem Rahm beobachtet, während bei dauerpasteurisiertem Rahm dieses nachträgliche Wiederansteigen des Phosphatasewertes nicht festgestellt wurde. Diese positiven Phenolwerte sind nicht etwa darauf zurückzuführen, dass durch die Pasteurisation bei hohen Temperaturen phenolähnliche Stoffe entstehen, denn die positive Reaktion ist an das Vorhandensein von Phenolphosphat im Substratpuffer gebunden. Auch um bakteriell gebildete Phosphatase scheint es sich nicht zu handeln. Einmal können die positiven Phenolwerte unter Umständen schon ausgelöst werden, indem eine pasteurisierte Rahmprobe während einiger Minuten auf 30—35° C erwärmt wird, während einer Zeitspanne also, welche die bakterielle Bildung von Phosphatasen ausschliesst. Ferner weist *Ritter*¹⁾ darauf hin, dass es sich bei Bakterienphosphatasen meist um saure Phosphatasen handelt (Wirkungsoptimum im sauren Bereich), welche demnach durch die üblichen Phosphataseproben in Milch überhaupt nicht erfasst werden. Bakteriell gebildete Phosphatasen sollen eine Erhitzung von 5 Minuten auf 70° C überleben und durch diesen Unterschied in der Wärmeresistenz als solche nachgewiesen werden können. Dieser Nachweis wurde durch eigene Untersuchungen in zahlreichen Rahmproben mit wieder angestiegenen Phosphatasewerten versucht, verlief aber in allen Fällen negativ. Die Annahme verschiedener Autoren¹⁾²⁾³⁾, dass es sich beim Wiederansteigen der Phosphatasewerte in ordnungsgemäss erhitztem Rahm, nach kürzerer oder längerer Aufbewahrung bei erhöhten Temperaturen, um eine Reaktivierung der ursprünglichen Phosphatase handeln müsse, scheint sich demnach zu bestätigen. *Posthumus*²⁾ erklärt diese Erscheinung dadurch, dass bei der Pasteurisation in modernen Plattenapparaten die in den Fettkügelchen eingeschlossene Phosphatase infolge der kurzen Einwirkungszeit der Wärme nicht vollständig inaktiviert werde. Nur die Phosphatase im Rahmserum erleide eine vollständige Zerstörung. Bei Erwärmung des Rahmes diffundiere dann die nicht vollständig inaktivierte Phosphatase in das Serum, was das Wiederansteigen der Phosphatasewerte zur Folge habe. Der Autor weist ferner darauf hin, dass mit zunehmendem Fettgehalt des Rahmes die Reaktivierung der Phosphatase nach erfolgter Pasteurisation schneller eintrete.

*Fuchs*³⁾ erwähnt, dass eine Reaktivierung der Phosphatase häufig auch bei uperisierter Milch beobachtet werde. Als optimale Reaktivierungstemperatur gibt er 34° C an. Diese Temperatur wurde durch eigene Versuche auch als Optimum für die Reaktivierung der Phosphatase in Rahm ermittelt (Tab. 1).

Zusätze von Natrium- oder Magnesiumchlorid fördern die Reaktivierung der Phosphatase in hohem Masse²⁾³⁾.

Im Hinblick auf die bereits erwähnten Artikel 73 und 76 der Schweizerischen Lebensmittelverordnung kommt diesen Beobachtungen grosse praktische Bedeutung zu, indem reaktiviert Phosphatase eine ungenügende Phosphatase vortäuschen kann. Sowohl für die milchwirtschaftliche Praxis als auch für die Lebensmittelkontrolle stellt sich deshalb das Problem, ob reaktiviert Phosphatase nicht als solche nachgewiesen werden könne.

2. Experimentelles

Schon von *Fuchs*³⁾ wurde erwähnt, dass die Widerstandsfähigkeit reaktivierter Phosphatase gegen Wärmeeinflüsse etwas unter der in Rohmilch vorhandenen Phosphatase liege. Es wurden deshalb in dieser Richtung systematische Untersuchungen durchgeführt.

a) Ermittlung des für die Phosphatasereaktivierung in Rahm günstigsten Temperaturbereiches

Um stets über Rahmproben mit reaktivierter Phosphatase verfügen zu können, wurde in einem ersten Versuche der für die Reaktivierung der Phosphatase in Rahm optimale Temperaturbereich ermittelt. Bei allen nachfolgend aufgeführten Versuchen wurden die Phosphataseproben nach der Methode *Sanders* und *Sager* durchgeführt.

Tabelle 1

Reaktivierung der Phosphatase in hochpasteurisierten Rahmproben nach 24stündiger Aufbewahrung bei verschiedenen Temperaturen

Aufbewahrungstemperatur	γ Phenol / cm ³ Rahm / h	
	Probe A	Probe B
61° C	2,2	0,8
55° C	0,2	0,2
50° C	0,6	0,6
44° C	4,0	3,8
38° C	29,4	30,0
34° C	54,4	56,0
25° C	28,2	30,0
17° C	5,4	5,4
5° C	1,2	2,0
/. 15° C	2,6	3,0
Phosphataseaktivität des Versuchsrahmes nach Past.	0,4	0,2

(* minus 15° C)

Auf Grund dieser Ergebnisse wurden für die weiteren Versuche die Rahmproben nach der Pasteurisation während 24 Stunden bei 34° C aufbewahrt. Die Pasteurisation des Rahmes erfolgte jeweils auf einem automatisch gesteuerten Alfa-Laval-Plattenpasteur mit 3000 Liter Stundenleistung bei 81° C. Eine Reaktivierung der Phosphatase trat bei allen Rahmproben ein. Wo mit andern als obenstehend angegebenen Reaktivierungstemperaturen gearbeitet wurde, ist dies ausdrücklich vermerkt.

b) Die Kontrollpasteurisation (Standard-Erhitzung)

Als Kontrollpasteurisation wurde eine Erhitzungsmethode gesucht, welche im Labor leicht und exakt durchgeführt werden kann. Nach verschiedenen Vorversuchen wurde eine Erhitzungszeit von 5 Minuten gewählt.

Etwa 5 cm³ Untersuchungsmaterial werden in ein dünnwandiges Reagenzglas gegeben. Das Reagenzglas kommt dann in ein Wasserbad, welches eine Temperatur aufweist, die ungefähr 10° C über der gewünschten Pasteurisationstemperatur liegen soll. Das Untersuchungsmaterial wird mit einem Kontrollthermometer gerührt, bis die gewünschte Pasteurisationstemperatur erreicht ist. Nun wird das Reagenzglas rasch in ein genau auf Pasteurisationstemperatur eingestelltes Wasserbad getaucht und verbleibt hier 5 Minuten. Die anschliessende Abkühlung erfolgt unter Bewegung in Eiswasser.

Genaue Einhaltung dieser Arbeitsvorschrift ist notwendig, um reproduzierbare Werte zu erhalten. Wird nicht genau gearbeitet, können die Ergebnisse durch die Aufheiz- und Abkühlzeiten beeinflusst werden.

c) Die Pasteurisationstemperatur

Es galt nun durch weitere Versuche abzuklären, ob und bei welcher Pasteurisationstemperatur der Unterschied in der Wärmeresistenz zwischen ursprünglicher und reaktivierter Phosphatase sicher nachweisbar sei.

Um wirklich vergleichbare Resultate zu erhalten, wurde die Phosphataseaktivität der Vergleichsproben aus Rohrahm durch Vermischen mit pasteurisiertem Rahm auf ungefähr gleiche Phenolwerte eingestellt, wie sie die reaktivierten Kontrollproben aufwiesen. Die Pasteurisation der Proben erfolgte wie beschrieben unter Abschnitt b. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt (siehe Tab. 2a und 2b).

Wie aus den Tabellen 2a und 2b hervorgeht, können in Rohrahm vorhandene ursprüngliche Phosphatase und sogenannte reaktivierte Phosphatase nach einer Pasteurisation der Rahmproben auf 55° C während 5 Minuten auf Grund der verschiedenen Wärmeresistenz voneinander unterschieden und nachgewiesen werden.

In Tabelle 3 sind weitere Resultate über die Inaktivierung reaktivierter und ursprünglicher Phosphatase nach der beschriebenen Standard-Erhitzung zusammengestellt.

Tabelle 2

Die Zerstörung ursprünglicher und reaktivierter Phosphatase bei verschieden hoher Erhitzung nach einer Standardmethode

a) Phosphataseaktivität der Rahmprobe mit reaktivierter Phosphatase $15,6 \text{ } \gamma/\text{cm}^3/\text{h}$ Phosphataseaktivität der Vergleichsprobe mit ursprünglicher Phosphatase $28,4 \text{ } \gamma/\text{cm}^3/\text{h}$						
Pasteuri-sations-temperatur	Rahmprobe mit ursprünglicher Phosphatase			Rahmprobe mit reaktivierter Phosphatase		
	Phenolwert nach Erhitzung	Zerstört		Phenolwert nach Erhitzung	Zerstört	
° C	$\gamma/\text{cm}^3/\text{h}$	γ	%	$\gamma/\text{cm}^3/\text{h}$	γ	%
45	27,2	1,2	4,2	13,7	1,9	12,2
50	25,9	2,4	8,6	12,4	3,2	20,5
55	18,6	6,7	23,7	1,2	14,4	92,4
60	4,6	23,8	83,8	1,2	14,4	92,4
65	1,6	27,8	94,6	0,8	14,8	95,0

b) Phosphataseaktivität der Rahmprobe mit reaktivierter Phosphatase $92,4 \text{ } \gamma/\text{cm}^3/\text{h}$ Phosphataseaktivität der Vergleichsprobe mit ursprünglicher Phosphatase $88,4 \text{ } \gamma/\text{cm}^3/\text{h}$						
Pasteuri-sations-temperatur	Rahmprobe mit ursprünglicher Phosphatase			Rahmprobe mit reaktivierter Phosphatase		
	Phenolwert nach Erhitzung	Zerstört		Phenolwert nach Erhitzung	Zerstört	
° C	$\gamma/\text{cm}^3/\text{h}$	γ	%	$\gamma/\text{cm}^3/\text{h}$	γ	%
45	87,4	0,95	1,75	80,4	12,0	13,0
50	83,1	5,3	6,0	72,6	19,8	21,5
55	72,5	15,9	18,0	7,4	85,0	92,2
60	15,0	73,4	82,9	7,0	85,4	92,5
65	3,4	85,0	96,0	2,4	90,0	97,4

Tabelle 3
Weitere Resultate über die Inaktivierung reaktivierter Phosphatase im Vergleich zu ursprünglicher Phosphatase nach der beschriebenen Standard-Erhitzung bei 55° C

Phosphataseaktivität nach Pasteurisation	Phosphataseaktivität nach Reaktivierung	Phosphataseaktivität nach Standard-Erhitzung	Zerstörung der Phosphataseaktivität
γ Phenol/cm ³ /h	γ Phenol/cm ³ /h	γ Phenol/cm ³ /h	in %
0,4	34,4	2,8	91,9
0,2	29,4	2,0	93,3
0,4	32,6	3,0	90,8
0,4	72,0	6,5	91,0
0,2	148,4	16,4	89,0
0,4	127,0	7,0	94,5
0,8	31,2	6,2	80,2
0,2	34,0	4,0	88,0

Vergleichsproben mit ursprünglicher, d. h. in Rohrahm vorhandener Phosphatase		
Phosphataseaktivität vor Standard-Erhitzung	Phosphataseaktivität nach Standard-Erhitzung	Zersetzung der Phosphataseaktivität
γ Phenol/cm ³ /h	γ Phenol/cm ³ /h	in %
47,2	36,0	23,3
48,0	37,0	22,5
85,0	68,0	20,0
161,0	129,8	19,4

Ursprüngliche Phosphatase wurde im Maximum zu 23,3 % zerstört, reaktivierte Phosphatase dagegen im Minimum zu 80,2 %.

d) Andere Einflüsse

Da die bisherigen Versuche ausschliesslich mit Rahmproben, welche zur Reaktivierung der Phosphatase während 24 Stunden bei 34° C aufbewahrt worden waren, zur Durchführung gelangten, galt es noch abzuklären, ob die Reaktivierungstemperatur eventuell einen Einfluss auf die Wärmeresistenz der regenerierten Phosphatase haben könnte. Die diesbezüglichen Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4
*Einfluss der Reaktivierungstemperatur auf die Thermoresistenz
 der reaktivierten Phosphatase*

Reaktivierungs-Temperatur	Reaktivierte Phosphatase	Phosphataseaktivität nach Standard-Erhitzung	Zerstörung der Phosphataseaktivität
° C	γ Phenol / cm ³ / h	γ Phenol / cm ³ / h	in %
38	29,4	1,2	96,0
34	54,4	4,4	92,0
25	28,2	6,2	78,1
17	5,4	0,5	92,6

Durch die Reaktivierungstemperatur wird die Thermoresistenz der reaktivierten Phosphatase nicht charakteristisch beeinflusst.

Tabelle 5
*Einfluss der Pasteurisationstemperatur des Schlagrahmes auf die Thermoresistenz
 der darin entstehenden reaktivierten Phosphatase*

Um diese Frage abzuklären, wurde Schlagrahm auf einem Plattenpasteur mit Heisshalter (Heisshaltezeit 20") bei 71° C und auf einem Apparat ohne Heisshalter bei 81° C und 85° C pasteurisiert.

Pasteuri-sations-temperatur	Phosphatase-aktivität nach Pasteurisation	Regenerierte Phosphatase nach 24 h bei 34° C	Phosphatase-aktivität nach Standard-Erhitzung	Zerstörung der Phosphatase-aktivität
° C	γ Phenol / cm ³ / h	γ Phenol / cm ³ / s	γ Phenol / cm ³ / h	in %
71	1,8	34,0	2,0	94,0
71	3,2	34,8	7,8	77,5
81	0,4	34,4	2,8	91,9
81	0,2	29,4	2,0	93,3
85	0,8	31,2	6,2	80,2
85	0,2	34,0	4,0	88,0

Durch die Temperaturhöhe der vorangegangenen Pasteurisation wird die Wärmeresistenz nach träge reaktivierter Phosphatase, welche durch eine Erhitzung auf 55° C während 5 Minuten ermittelt wird, nicht charakteristisch beeinflusst. Gewisse Schwankungen in der prozentualen Zerstörung der Phosphataseaktivität stehen zweifellos mit dem Gehalt der Proben an ursprünglicher Phosphatase in Beziehung, da letztere durch die Standard-Erhitzung nur unwesentlich inaktiviert wird.

Da bei den bisherigen Versuchen die Vergleichsproben aus Mischungen von unerhitztem und pasteurisiertem Rahm zusammengestellt wurden, war es not-

wendig, noch Versuche mit Rahm durchzuführen, welcher infolge ungenügender Erhitzung einen positiven Phosphatasewert aufwies. Um den Versuch möglichst praktischen Verhältnissen anzupassen, wurde Butterungsrahm auf einem Plattenpasteur mit Heißhalter bei nur 68° C pasteurisiert. Die mittlere Heißhaltezeit betrug 20 Sekunden. Der Rahm von Versuch A (Fettgehalt 25 %) wies eine Phosphataseaktivität von 57,2 γ/cm³/h auf und der Rahm von Versuch B (Fettgehalt 38 %) eine solche von 85,8 γ/cm³/h.

Tabelle 6
*Thermoresistenz der Phosphatase in ungenügend pasteurisiertem Butterungsrahm,
kontrolliert mittels der Standard-Erhitzung*

Phosphataseaktivität nach Pasteurisation auf Plattenpasteur bei 68° C		Phosphataseaktivität nach Standard-Erhitzung des ungenügend pasteurisierten Rahms	Zerstörung der Phosphataseaktivität
γ Phenol/cm ³ /h		γ Phenol/cm ³ /h	in %
A	57,2	55,2	3,5
	58,4	54,2	7,2
B	85,8	83,8	2,3
	85,8	82,6	3,7

Dieser Versuch bestätigt die bisherigen Ergebnisse, wonach ursprüngliche Phosphatase durch die Standard-Erhitzung um höchstens 1/4 zerstört wird.

3. Besprechung der Ergebnisse

Die durchgeföhrten Versuche zeigten eindeutig, dass durch die beschriebene Standard-Erhitzung (5' 55° C) der Rahmproben

- a) ursprüngliche Phosphatase (in Rohrahm vorhandene Phosphatase) um maximal 25 % inaktiviert wird,
- b) reaktivierte Phosphatase dagegen mit Sicherheit um über 75 %.

Die Thermoresistenz reaktivierter Phosphatase wird weder durch die vorangegangene Pasteurisationstemperatur noch durch die Reaktivierungstemperatur charakteristisch beeinflusst.

Es ist deshalb möglich, auf Grund der Phosphatasezerstörung durch die beschriebene Standard-Erhitzung zu entscheiden, ob es sich bei Rahmproben mit positiver Phosphatasereaktion um ursprüngliche oder reaktivierte Phosphatase handelt. Nur wenn ursprüngliche Phosphatase nachgewiesen werden kann, darf auf eine ungenügende Pasteurisation geschlossen werden.

Zusammenfassung

Einleitend wurde darauf hingewiesen, dass der Phosphatasereaktivierung in einwandfrei pasteurisiertem Rahm grosse praktische Bedeutung zukommt, da diese Erscheinung eine ungenügende Pasteurisation vortäuschen kann.

Im experimentellen Teil wurde eine Methode beschrieben, welche den Nachweis ursprünglicher oder reaktivierter Phosphatase als solcher gestattet. Die verdächtigen Rahmproben werden einer Standard-Erhitzung unterzogen, durch welche ursprüngliche Phosphatase höchstens um 25 %, reaktivierte Phosphatase dagegen mit Sicherheit um 75 % inaktiviert werden.

Die Durchführung der Standard-Erhitzung erfordert keine speziellen Einrichtungen. Die Phosphataseaktivität sollte aber quantitativ ermittelt werden können, was ein Photometer voraussetzt.

Résumé

On montre, dans l'introduction, que la réactivation de la phosphatase d'une crème pasteurisée de manière impeccable présente une grande importance pratique, car elle pourrait faire croire à une pasteurisation insuffisante. On décrit, dans la partie expérimentale, une méthode qui permet de distinguer la phosphatase réactivée de la phosphatase naturelle. Les échantillons de crème suspecte sont soumis à un chauffage standard qui a pour effet de désactiver la phosphatase dans la proportion d'au maximum 25 % pour la phosphatase naturelle et de 75 % — de façon certaine — pour la phosphatase réactivée.

Aucune installation spéciale n'est nécessaire pour la réalisation du chauffage standard. Toutefois l'activité phosphatasique devrait pouvoir être déterminée quantitativement, ce qui implique la possession d'un photomètre.

Summary

The reactivation of phosphatase in pasteurised cream presents a great practical importance, since it may make believe that the pasteurisation was unsufficient. Accordingly a method is described for distinguishing between reactivated and natural phosphatase. This method consists in a standard heating of the cream samples, the result of which is to destroy a maximum of 25 % of the phosphatase in the case of natural phosphatase, and 75 % of it in the case of reactivated phosphatase. No special equipment is required.

Literatur

- 1) W. Ritter, Milchwissenschaft 7/9 (1952); Schweizerische Milchzeitung 74/83 (1953).
- 2) G. Posthumus, Off. Organ F.N.Z. 44 (1952).
- 3) A. Fuchs, Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 44/2 (1953).