

Über die Bildung von Milchsäure in den Muskeln bei der Autolyse.¹⁾

Von

Dr. R. S. Frew aus Edinburg.

(Aus der chemischen Abteilung des pathologischen Instituts der Universität zu Berlin.)
(Der Redaktion zugegangen am 2. April 1909.)

Es ist bekannt, daß der Muskel bei seiner Tätigkeit Milchsäure bildet, andererseits aber wird auch meistens angenommen, daß bei der Ausbildung der Totenstarre Milchsäure entsteht. Die paradoxe Erscheinung, daß der Muskel einerseits bei der Tätigkeit, andererseits beim Absterben Milchsäure bildet, hat E. Salkowski dadurch zu erklären gesucht, daß er annimmt, es handele sich bei der Bildung von Milchsäure beim Absterben um ein Überlebensphänomen: in beiden Fällen sei die Milchsäurebildung als Lebensäußerung des Protoplasmas aufzufassen. Diese Ansicht stützt sich darauf, daß E. Salkowski²⁾ in frischen Hundemuskeln keine Milchsäure fand und ebensowenig eine Bildung derselben bei der antiseptischen Autolyse feststellen konnte. Zu einer sehr ähnlichen Ansicht gelangte auch A. Heffter³⁾ bei seinen Untersuchungen: er fand allerdings in Muskeln stets Milchsäure, aber keine Zunahme derselben bei der Totenstarre, weder der freien, noch der (sc. an Alkali) gebundenen.

Auch H. Schwiening⁴⁾ fand in frischen Hunde- und Kaninchenmuskeln Milchsäure, aber ihre Quantität nahm bei der antiseptischen Autolyse nicht zu.

Vor kurzem haben nun Inouye und Kōndo⁵⁾ diese Frage aufs neue aufgenommen und bei der antiseptischen Autolyse — z. T. sehr erhebliche — Milchsäurebildung festgestellt, andererseits aber auch konstatiert, daß die Milchsäure bei längerer Digestion wieder abnimmt, der Muskel also auch ein milch-

¹⁾ Die Drucklegung ist durch äußere Verhältnisse verzögert worden.

²⁾ Zeitschrift f. klin. Med., Bd. XVII, Suppl.-Band. S. 96.

³⁾ Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol., Bd. XXXI. S. 261.

⁴⁾ Virchows Arch., Bd. CXXXVI. S. 450.

⁵⁾ Diese Zeitschrift, Bd. LIV. S. 481.

säurezerstörendes Ferment enthält. Die Milchsäure erwies sich, soweit darauf untersucht wurde, als Fleischmilchsäure.

Auf Veranlassung vom Prof. E. Salkowski habe ich diese Frage einer Nachuntersuchung unterzogen. Der Gang der Untersuchung war im allgemeinen folgender.

Kaninchen, die frisch eingekauft resp. gut genährt waren, wurden durch Durchschneidung der Carotis getötet, möglichst schnell enthäutet und die Muskulatur, soweit dies ohne wesentlichen Zeitverlust ging, entnommen, gehackt, von dem Brei 3 gleiche Portionen abgewogen. Die eine Portion A wurde gleich auf Milchsäure verarbeitet, B und C in Glasstöpselflaschen gebracht und mit dem Zehnfachen gesättigten Chloroformwassers übergossen, gut durchgeschüttelt, dann in den auf 40° stehenden Thermostaten gebracht. In diesem verblieb B 72 Stunden, C 168 Stunden. Alsdann wurden die Mischungen aufgeköcht, durch Leinwand koliert und mit der Presse abgepreßt, der Preßrückstand nochmals gekocht und ebenso behandelt. Die gesammelten Auszüge wurden filtriert, nachgewaschen, dann auf etwa 200 cm eingedampft, mit Schwefelsäure stark angesäuert und im Zelmanowitzschen Extraktionsapparat 12 Stunden hindurch mit Äther extrahiert, die Ätherauszüge sorgfältig abgetrennt, auf ein kleines Volumen abdestilliert, schließlich der freiwilligen Verdunstung überlassen. Der Rückstand wurde unter Wasserzusatz zur Abscheidung etwa vorhandener Schwefelsäure, Bernsteinsäure und Fettsäuren mit einer Messerspitze Bleicarbonat gekocht bzw. auf dem Wasserbad eingedampft, nach dem Erkalten und einigem Stehenlassen (zur sicheren Abscheidung etwaiger Bernsteinsäure) mit Wasser versetzt, filtriert, das Filtrat mit Schwefelwasserstoff entbleit, das Filtrat vom Schwefelblei von Schwefelwasserstoff befreit, mit Zinkcarbonat gekocht, filtriert, eingedampft und der Krystallisation überlassen. Wenn dieselbe zögerte wurde etwas Alkohol hinzugesetzt. Die noch etwas feuchte Krystallmasse wurde auf Filtrierpapier gebracht, dann abgenommen und bis zur Gewichtskonstanz an der Luft stehen gelassen. Die Zahlenangaben beziehen sich auf die so getrocknete Substanz.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß dieses Ver-

fahren kein quantitatives im eigentlichen Wortsinn genannt werden kann, jedoch ist es zur Feststellung grober Unterschiede ausreichend. Wenn die erhaltene Quantität Zinksalz ausreichend erschien, wurde eine Krystallwasserbestimmung ausgeführt, um zu entscheiden, ob es sich um eine Fleischmilchsäure handele oder um ein Gemisch dieser mit Gärungsmilchsäure. Dies geschah mit Rücksicht auf die Angaben von Magnus-Levy¹⁾ über die gleichzeitige Bildung von inaktiver Milchsäure bei der Autolyse der Leber, namentlich der antiseptischen.

Eine Abweichung von diesem Verfahren fand nur in der 2. Versuchsreihe bezüglich der antiseptischen Flüssigkeit statt.

Die Resultate der 5 ersten Versuche sind in der nachstehenden Tabelle enthalten. Dabei bedeutet A: sofort untersucht, B: nach 72 stündiger, C: nach 168 stündiger Digestion bei 40° C. untersucht. Im Versuch IV, der bei extrem hoher Außentemperatur angestellt ist, war der Thermostat auf 42—43° gestiegen.

Tabelle I.

Nr. des Versuches	Angewendete Quantität Muskelsubstanz in g je	Erhaltenes Zinklactat in Grammen			Erhaltenes Zinklactat pro Mille		
		A frisch	B nach 72 Stund.	C nach 168 Stund.	A frisch	B nach 72 Stund.	C nach 168 Stund.
I	200	0,542	0,036	Spur	2,71	0,16	Spur
II	145	0,062	verloren	»	0,417	—	»
III	200	0,537 ²⁾	0,062	»	2,685	0,310	»
IV	250	0,245	0,7115 ³⁾	0,566 ⁴⁾	1,080	2,846	2,264
V	240	Spur	0	verloren	—	—	—
Mittel					1,594	0,829	0,564

Von dieser Versuchsreihe sind verwendbar: 5 Versuche von A, 4 Versuche von B und 4 Versuche von C.

Danach war nur in einem Versuch eine Bildung von Milch-

¹⁾ Hofmeisters Beiträge, Bd. II. S. 272.

²⁾ 0,537 g verloren bei 110° 0,068 g H₂O = 12,66°

³⁾ 0,7115 „ „ 110° 0,0925 „ = 13,0°

⁴⁾ 0,566 „ „ 110° 0,074 „ = 13,0°

säure bei der Autodigestion nachweisbar. In dieser lag die Temperatur des Thermostaten erheblich über Körpertemperatur, indessen ändert dieses nichts an der Tatsache, daß eine augenscheinlich fermentative Bildung von Milchsäure stattgefunden hat. In allen anderen Versuchen ist die Quantität der Milchsäure nach kurzer Autolyse erheblich geringer als im frischen Muskel. Bei langdauernder Autolyse ist in 3 Versuchen die Milchsäure bis auf Spuren verschwunden, nur in IV nicht, jedoch auch in diesem Fall geringer, als in B in Übereinstimmung mit den Angaben von Inouye und Kondo über die Abnahme der Milchsäure bei fortgesetzter Digestion.

Inouye und Kondo haben nun nur 2 Versuche unter Verwendung von Chloroformwasser in der 10 fachen Menge mit Kaninchenmuskeln angestellt, in zwei anderen Versuchen ist die Versuchsanordnung eine andere. Sie wendeten nicht Chloroformwasser an, sondern es wurde die gewogene Masse mit dem doppelten Volumen Wasser versetzt und unter Zusatz von Toluol und Chloroform in den Brutschrank gestellt.

Dementsprechend wurde in den 3 folgenden Versuchen das gehackte Muskelfleisch mit der doppelten Quantität (d. h. auf 100 g 200 ccm) Chloroformwasser versetzt und 5 ccm Toluol hinzugesetzt.

Tabelle II.

Nr. des Versuches	Quantität des Fleisches in g je	Erhaltenes Zinklactat in Grammen			Erhaltenes Zinklactat in pro Mille		
		A	B	C	A	B	C
VI	400	Spur	0,2536 ¹⁾	0,594	Spur	0,634	1,485
VII	275	>	0,2086 ²⁾	0,867 ³⁾	>	0,718	3,513
VIII	330	verloren	0,569 ⁴⁾	0,300 ⁵⁾	—	1,724	0,909
			Mittel		—	1,052	1,849

¹⁾ 0,2536 g verloren 0,0326 g H₂O = 12,86°

²⁾ 0,2086 > > 0,0256 > > = 12,27°

³⁾ 0,8679 > > 0,132 > > = 15,2°

⁴⁾ 0,569 > > 0,090 > > = 15,81°

⁵⁾ 0,3004 > > 0,0450 > < = 14,98°

In allen diesen Versuchen zeigten die Mischungen nach den Digestionen starken fauligen Geruch und die Quantität des Muskelbreies hatte mehr abgenommen wie in den früheren. Es ist daher zweifelhaft, ob man diese Versuche überhaupt gelten lassen soll. Ob in den entsprechenden Versuchen von Inouye und Kondo nicht auch Fäulnis eingetreten ist, ist nicht erwähnt. Nach den hiesigen Erfahrungen erscheint es ausgeschlossen, daß sich bei einem so engen Verhältnis zwischen Organ und antiseptischer Flüssigkeit Fäulnis mit Sicherheit verhüten läßt. Läßt man diesen Versuch überhaupt zu, so würde daraus folgen, daß in einem Fall die fortgesetzte Digestion eine Abnahme der Milchsäure ergab, in zwei anderen im Gegenteil eine Zunahme.

Zusammenfassung.

1. In lebensfrischen Kaninchenmuskeln ist bald Milchsäure vorhanden (4 Fälle), bald nicht (3 Fälle).

2. Bei kurzdauernder Digestion von Kaninchenmuskeln mit dem 10 fachen Chloroformwasser konnte nur in einem Fall eine Milchsäurebildung konstatiert werden, in 3 anderen Fällen war das Resultat entsprechend den früheren Angaben von E. Salkowski und Schwiening für Hunde- und Kaninchenmuskeln negativ.

3. Entsprechend den Angaben von Inouye und Kondo konnte in mehreren Versuchen eine Abnahme der Milchsäure bei längerer Digestion festgestellt werden, sodaß an der Existenz eines milchsäurezerstörenden Agens wohl nicht zu zweifeln ist. Nach den Versuchen der genannten Autoren muß man annehmen, daß dasselbe fermentativer Natur ist.

4. Nach dem Krystallwassergehalt der erhaltenen Zinksalze zu urteilen, ist die bei der Autolyse der Muskeln gebildete Milchsäure Rechtsmilchsäure (Inouye und Kondo und ein eigener Versuch), in den mit Fäulnis komplizierten Versuchen wurde dagegen mehrfach ein Gemisch erhalten.