

(Aus dem physiologisch-chemischen Institute der Universität Budapest.
Director: Professor Dr. Franz Tangl.)

Zur Kenntniss der Pepsinsalzsäurelöslichkeit der Milch und der Caseïne.

Von

Dr. **Arthur Zaitschek.**

(Nach gemeinsam mit Dr. F. v. Szontagh ausgeführten Versuchen.)

I.

Mit den im Folgenden mitgetheilten Versuchen verfolgten wir den Zweck, vergleichende Untersuchungen über die Pepsinsalzsäure-Verdaulichkeit der Milch verschiedener Tierarten anzustellen. Gleichzeitig haben wir die aus den verschiedenen Milcharten rein dargestellten Caseïne auf ihre Löslichkeit in Pepsinsalzsäure geprüft.

Zu diesen Untersuchungen wurden mit Ausnahme der Schafmilch alle Milcharten herangezogen, welchen als menschlichen Nahrungsmitteln eine Wichtigkeit zugesprochen werden kann, und zwar die Frauen-, Kuh-, Esel-, Stuten-, Ziegen- und Büffelmilch. Letztere Milch zogen wir ebenfalls in den Kreis unserer Untersuchungen, weil diese in manchen Teilen Ungarns als Nahrungsmittel viel verwendet wird. Da wir vergleichbare Resultate erhalten wollten, so wurde der Versuch mit jeder Milch in ganz gleicher Weise ausgeführt: 50 ccm Milch wurden mit 200 ccm einer Pepsinsalzsäurelösung vermischt und unter öfterem Umrühren auf 72 Stunden in einen Thermostaten (38° C.) gestellt. Nach vollzogener Verdauung wurde der ungelöste Rest durch ein gewogenes Filter filtriert, mit warmem Wasser, Alkohol und Äther ausgewaschen, getrocknet und im Soxhlet'schen Extractionsapparat mit einem Gemenge von Äther und Petroleumäther extrahiert, bei 100° C. 4 Stunden getrocknet und gewogen. Dieser in Pepsinsalzsäure ungelöst bleibende Niederschlag soll der Kürze wegen im Weiteren mit Hammarsten¹⁾ als

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 19 S. 37. 1894.

Pseudonuclein bezeichnet werden, ohne damit über seine chemische Zusammensetzung etwas Bestimmtes aussagen zu wollen. Die Versuchszeit von 72 Stunden wurde immer genau eingehalten, nachdem wir uns überzeugt hatten, dass die Verdauung des Caseins eigentlich schon nach 48 Stunden vollendet ist.

Die Pepsinsalzsäure bereiteten wir aus dem käuflichen Witte'schen Pepsin, indem 10 g dieses Präparats nach Zusatz von 10 ccm conc. Salzsäure in 1 l destillierten Wassers gelöst worden waren. In einigen mit coaguliertem Hühnereiweiss ausgeführten Versuchen überzeugten wir uns, dass diese Lösung ausgezeichnet verdaute. In einem Teil der Versuche setzten wir der Verdauungsflüssigkeit als Antisepticum eine kleine Menge Toluol oder Thymol hinzu, das wir aber bei den weiteren Versuchen aus später zu erörternden Gründen wegliessen, was wir um so eher tun konnten, als die freie Salzsäure des Verdauungsgemisches ohnehin antiseptisch wirkte. Da sich weiter der Fettgehalt der Milch beim Filtrieren des Pseudonucleinrückstandes als sehr hinderlich erwies, so benutzten wir in einem Teil unserer Versuche Magermilch, deren Fettgehalt nur mehr ca. 0,05 % betrug. Den Caseingehalt der untersuchten Milcharten bestimmten wir in jedem Fall, wodurch die auf 1 g Casein entfallende Menge Pseudonuclein berechnet werden konnte, wie dies aus Tabelle I ersichtlich ist. Die Fällung des Caseins wurde in der mit der zehnfachen Menge Wasser verdünnten und auf 40° erwärmten Milch mit einigen Tropfen Essigsäure und Einleiten von Kohlensäure bewirkt; worauf der N-Gehalt des auf dem Filter gesammelten, mit Wasser, Alkohol und Äther ausgewaschenen Coagulum nach Kjeldahl bestimmt und durch Multiplication mit 6,37 auf Casein umgerechnet wurde. Da eine quantitative Fällung des Caseins in der frischen Frauen-, Esel- und Stutenmilch auf diese Weise nicht gelingt, so bedienten wir uns zur quantitativen Bestimmung des Caseins in diesen Milcharten der Schlossmann'schen Methode¹⁾.

Wie aus Tabelle I ersichtlich ist, ist der Pseudonucleingehalt der verschiedenen Milcharten ein sehr verschiedener. Die Unterschiede, welche der Pseudonucleingehalt ein und derselben Milchart aufweist, sind in erster Reihe den unvermeidlichen analytischen Fehlern zuzuschreiben, in weit grösserem Maasse aber dem Umstande, dass die Zusammensetzung der Milch, namentlich deren

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 22 S. 221. 1896.

Tabelle I.

Milchart	Nummer der Milch	Zum Verdauungsversuch wurde verwendet	100 ccm Milch enthalten		Auf 100 g Casein entfallen Pseudo-nuclein g
			Casein g	Pseudo-nuclein g	
Frauenmilch	1	Entrahmte Milch mit Toluol	0,57	0	0
Frauenmilch	2	Entrahmte Milch mit Toluol	0,76	0	0
Eselmilch	1	Entrahmte Milch ohne Zusatz	0,78	0	0
Eselmilch	2	Entrahmte Milch ohne Zusatz	0,89	0	0
Stutenmilch	1	Entrahmte Milch ohne Zusatz	0,83	0	0
Stutenmilch	2	Entrahmte Milch mit Toluol	1,02	0	0
Kuhmilch	1	Vollmilch mit Thymol	2,93	0,311	8,61
Kuhmilch	2	Entrahmte Milch ohne Zusatz	2,60	0,184	7,08
Kuhmilch	3	Vollmilch mit Toluol	2,46	0,217	8,81
Kuhmilch	4	Buttermilch mit Toluol	1,93	0,181	9,36
Ziegenmilch	2	Vollmilch ohne Zusatz	2,66	0,441	16,58
Ziegenmilch	3	Vollmilch mit Toluol	3,50	0,472	13,47
Ziegenmilch	4	Vollmilch mit Toluol	4,20	0,742	17,66
Ziegenmilch	5	Entrahmte Milch ohne Zusatz	2,55	0,388	15,21
Ziegenmilch	6	Entrahmte Milch ohne Zusatz	1,88	0,333	17,66
Büffelmilch	1	Vollmilch mit Toluol	3,59	0,456	12,69
Büffelmilch	2	Vollmilch mit Thymol	3,38	0,510	15,09
Büffelmilch	3	Vollmilch mit Thymol	3,69	0,567	15,36
Büffelmilch	4	Entrahmte Milch mit Toluol	3,85	0,607	15,76
Büffelmilch	5	Entrahmte Milch ohne Zusatz	3,42	0,386	11,29

Fettgehalt, sehr grosse Schwankungen zeigte, und wohl auch dem Umstande, dass teils mit, teils ohne Antisepticum verdaut wurde.

Aus den Versuchen ergeben sich die folgenden Mittelwerte:

Milchart	100 ccm Milch enthalten		Auf 100 g Casein entfallen Pseudo-nuclein
	Casein g	Pseudo-nuclein g	
Frauenmilch	0,66	0	0
Eselmilch	0,84	0	0
Stutenmilch	0,92	0	0
Kuhmilch	2,48	0,2230	8,46
Ziegenmilch	2,22	0,3605	16,44
Büffelmilch	3,59	0,5052	14,04

Diese Durchschnittswerte zeigen, dass die Frauen-, Esel- und Pferdemilch in Pepsinsalzsäure ohne einen wägbaren Rückstand löslich ist, was bezüglich der Frauen- und Eselmilch mit den Angaben Szontagh's¹⁾ bzw. Ellenberger's, Seelinger's und Klimmer's²⁾

1) Ungar. Arch. f. Med. Bd. I S. 201. 1893.

2) Arch. f. wiss. Tierheilk. Bd. 28 S. 20. 1902.

übereinstimmt. Nach unseren Untersuchungen gehört also ausser der Frauen- und Eselmilch auch die Stutenmilch in die Kategorie jener Milcharten, die in Pepsinsalzsäure ohne Rückstand gelöst werden. Auch der Verdauungsvorgang ist bei diesen drei Milcharten insofern ganz ähnlich, als in allen dreien das Casein feinflockig ausfällt und rasch aufgelöst wird. Dagegen liefert die Kuhmilch noch mehr, aber die Büffel- und Ziegenmilch einen ganz bedeutenden Pseudonuclein-Rückstand.

Die letzteren drei Milcharten unterscheiden sich von den ersteren auch dadurch, dass nicht nur ihr absoluter Caseingehalt ein bedeutend grösserer ist (Tabelle I, Columne 4), sondern dass auch ein bedeutend grösserer Teil der N-haltigen Substanzen auf das Casein entfällt. Wir haben dies durch die Bestimmung des gesammten N-Gehaltes der Milch und des N-Gehaltes des Caseinniederschlags feststellen können, wie dies die folgende Tabelle II (S. 554) zeigt.

Wie bereits erwähnt, setzten wir in einigen Versuchen der Verdauungsflüssigkeit Thymol oder Toluol hinzu, welchen Zusatz wir aber später ganz wegliessen, denn, wie später mitzuteilende Versuche beweisen, üben diese Antiseptica auf die peptische Verdauung einen hemmenden Einfluss aus.

II.

Im weiteren Verlaufe unserer Untersuchungen sind wir auch der Frage nähergetreten, ob man für den Pseudonucleingehalt der Milch dieselben Werte erhält, wenn man statt der Milch das aus ihr rein dargestellte Casein zu den Verdauungsversuchen verwendet. Diese Frage ist, wie das ja nicht weiter auseinandergesetzt zu werden braucht, bei Vergleichung von Versuchen nicht gleichgiltig. Zu diesem Zwecke stellten wir aus den untersuchten Milchproben durch Fällung mit Essigsäure, mehrmaliges Lösen in verdünnter Soda-lösung, Wiederfällung durch Essigsäure und Waschen mit Wasser, Alkohol und Äther grössere Mengen Casein dar und setzten es der Wirkung desselben Verdauungsgemisches aus, mit welchem wir die Milch verdauten. Das rein dargestellte Casein wurde immer in pulverförmigem¹⁾ Zustande verwendet, wobei noch bemerkt werden

1) Wir versuchten auch die Verdauung des quantitativ gefällten Casein-coagulums in noch feuchtem Zustande, aber da sich das gefällte Casein während

Tabelle II.

Milchart	Nummer der Milch	In 100 ccm Milch		Vom Gesamt-N entfallen auf Casein %
		Gesamt-N g	Casein-N g	
Frauenmilch	1	0,26	0,09	34,6
Frauenmilch	2	0,31	0,12	38,7
Frauenmilch	3	0,30	0,12	40,0
Mittel		0,29	0,11	37,8
Eselmilch	1	0,31	0,12	38,7
Eselmilch	2	0,33	0,14	42,4
Eselmilch	3	0,35	0,11	31,4
Eselmilch	4	0,34	0,10	29,4
Mittel		0,33	0,12	35,5
Stutenmilch.	1	0,32	0,13	40,6
Stutenmilch.	2	0,38	0,16	42,1
Stutenmilch.	3	0,36	0,15	41,7
Mittel		0,35	0,15	41,5
Kuhmilch.	1	0,55	0,47	85,7
Kuhmilch.	2	0,59	0,46	77,9
Kuhmilch.	3	0,54	0,47	86,4
Mittel		0,56	0,47	83,3
Ziegenmilch	1	0,55	0,46	83,6
Ziegenmilch	2	0,57	0,52	91,2
Ziegenmilch	3	0,54	0,43	79,6
Ziegenmilch	4	0,80	0,66	82,5
Ziegenmilch	5	1,04	0,78	75,0
Ziegenmilch	6	0,52	0,40	76,9
Mittel		0,67	0,54	81,5
Büffelmilch	1	0,74	0,56	75,7
Büffelmilch	2	0,70	0,53	75,7
Büffelmilch	3	0,72	0,58	80,6
Mittel		0,72	0,55	77,3

soll, dass das Trocknen des Caseins stets bei Zimmertemperatur im Vacuum erfolgte. Die Menge des Caseins und der Verdauungsflüssigkeit wählten wir so, dass auf ersteres ebenso viel Pepsin + Salzsäure fiel wie in den Milchversuchen. Da in diesen Versuchen 50 ccm Milch mit 200 ccm Pepsinsalzsäure versetzt wurden,

des Filtrierens oft zu zusammenhängenden Massen zusammenballte und hierdurch das Eindringen der Verdauungsflüssigkeit verhinderte, war der Verdauungsrückstand in diesen Versuchen viel grösser (2—3 mal so gross) wie in den mit pulverförmigem Casein ausgeführten Versuchen.

so haben wir mit derselben Menge Pepsinsalzsäure so viel rein dargestelltes Casein versetzt, welches in 50 ccm Milch enthalten war. Um diese Caseinmenge genau abwägen zu können, berechneten wir dieselbe nach dem N-Gehalt ($N \times 6,37$) der rein dargestellten, lufttrockenen und von Fett durch Extraction befreiten Caseine. Auf diese Weise erhielten wir Resultate, die mit denen der oben beschriebenen Milchversuche ohne Weiteres direct verglichen werden konnten, da wir in letzteren die Caseine und die Pseudonucleinmenge in derselben Weise bestimmten bzw. berechneten. Die mit Milch und mit dem entsprechenden Casein ausgeführten Verdauungsversuche wurden im Übrigen sowohl die Verdauungszeit wie Antiseptica und die Behandlung des Pseudonucleinrückstands betreffend in ganz gleicher Weise ausgeführt und der erhaltene Pseudonucleinrückstand auf 100 g Casein umgerechnet.

Tabelle III.

Milchart	Nummer der Milch	Pseudonuclein- gehalt der Milch auf 100 g Casein berechnet g	Pseudonuclein- gehalt von 100 g rein dargestell- ten Caseins g	Differenz %
Frauenmilch.	1	0	0	0
Frauenmilch.	2	0	0	0
Eselmilch.	1	0	0	0
Eselmilch.	2	0	0	0
Stutenmilch.	1	0	0	0
Stutenmilch.	2	0	0	0
Kuhmilch.	1	8,61	5,46	3,15
Kuhmilch.	2	7,08	5,01	2,07
Kuhmilch.	3	8,81	5,74	3,07
Ziegenmilch.	2	16,58	13,41	3,17
Ziegenmilch.	6	17,66	14,57	3,09
Büffelmilch.	1	12,69	10,50	2,19
Büffelmilch.	5	11,29	8,52	2,47

Aus diesen Zahlen erhalten wir folgende Mittelwerte:

Milchart	Pseudonuclein- gehalt der Milch auf 100 g Casein berechnet g	Pseudonuclein- gehalt von 100 g rein dargestell- ten Caseins g	Differenz g
Frauenmilch.	0	0	0
Eselmilch.	0	0	0
Stutenmilch.	0	0	0
Kuhmilch.	8,17	5,40	2,76
Ziegenmilch.	16,44	13,99	2,45
Büffelmilch.	11,99	9,66	2,66

Es geht aus diesen Daten zweifellos hervor, dass man bei der Verdauung des rein dargestellten Caseins einen geringeren Pseudonucleingehalt erhält als bei der Verdauung der dieselbe Caseinmenge enthaltenden Milch. Eine Ausnahme bilden nur jene Milcharten, die bei der Pepsinverdauung überhaupt keinen ungelösten Rest zurücklassen. Ebenso zeigt die peptische Verdauung des reinen Caseins, dass die verschiedenen Caseine unter ganz gleichen Bedingungen (gleiche Temperatur, gleicher Gehalt der Verdauungsflüssigkeit an Pepsin und Salzsäure, gleiche Zeitdauer) eine bedeutend verschiedene Menge Pseudonuclein liefern.

Dieses verschiedene Verhalten der Caseine gegen Pepsinsalzsäure kann entweder durch die physikalischen oder durch die chemischen Unterschiede des Caseinniederschlages bedingt sein. Tatsächlich fallen die Caseine der Frauen-¹⁾, Esel-²⁾ und Stutenmilch in äusserst feinen Flocken aus; diese lösen sich auch — selbst ohne weitere Reinigung — im bei Zimmertemperatur getrockneten Zustande oft vor den Augen des Beobachters in kaum einer halben Stunde ohne Rückstand auf. Dagegen gaben die Kuh-, Ziegen- und Büffelmilch grobe, grossflockige Caseinniederschläge, die alle einen Pseudonucleinrückstand hinterliessen. Ob diese Rückstände durch länger (mehrere Tage, Wochen) fortgesetzte Verdauung oder durch Vermehrung der Verdauungsflüssigkeit nicht doch gelöst werden, bleibt unentschieden. Das Casein aus Kuhmilch ist nämlich nach E. Salkowsky nach lang fortgesetzter Einwirkung³⁾, oder wenn die Verdauungsflüssigkeiten das 500fache des durch Lösen in Natronlauge von schwer angreifbaren Teilen befreiten Caseins ist⁴⁾, ohne Pseudonuclein löslich.

So gering auch der Unterschied im Pseudonucleingehalt der Milch und des entsprechenden rein dargestellten Caseins ist, so muss er doch bei vergleichenden Untersuchungen verschiedener Milcharten berücksichtigt werden. Was die Ursache dieses Unterschiedes betrifft, so dürfte dabei den Salzen und den übrigen gelösten Sub-

1) Szontagh, l. c.

2) Ellenberger, l. c.

3) Centralbl. f. med. Wissensch. 1893 Nr. 23 S. 386 u. 468.

4) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 421. 1896.

stanzen der Milch eine Rolle zukommen, was aber erst durch weitere Versuche festgestellt werden müsste. Hier seien die Untersuchungen von M. Arthus¹⁾ erwähnt, nach welchen die Caseine in Alkalien, alkalischen Erden, in den Phosphaten der Alkalien und der alkalischen Erden, in Fluornatrium, in Kalium- und Ammoniumoxalat löslich sind.

III.

Im Zusammenhange mit den besprochenen Verdauungsversuchen haben wir noch einige Untersuchungen 1. über den Einfluss der Concentration, der Einwirkungsdauer und der Temperatur des Verdauungsgemisches, 2. über den Zusatz von Antiseptica zum Verdauungsgemische und 3. über den Einfluss des Trocknens des Caseins auf seine Löslichkeit ausgeführt.

1. Den Einfluss der Concentration, der Einwirkungsdauer und der Temperatur zeigen die folgenden Versuche der Tabelle IV.

Tabelle IV.

Nr. des Vers.	Casein aus	Zum Versuche wurden angesetzt		Zum Verdaunungs- gemisch wurden noch zuge- setzt Wasser ccm	Temp. ° C.	Einwir- kungs- dauer Std.	Pseudonuclein wurde erhalten	
		Casein	Pepsin- salz- säure ccm				abge- wogene Menge mg	auf 100 g Casein berechn. mg
		g	ccm					
Versuchsreihe I.								
1	Kuh- milch Nr. 5	0,75	100	100	38	72	43,4	5,78
2		0,75	100	150	38	72	37,6	5,01
3		0,75	100	100	38	72	36,0	4,80
4		0,75	100	200	38	72	29,6	3,95
5	Kuh- milch Nr. 5	1,000	100	0	38	72	75,0	7,5
6		1,000	100	25	38	72	72,8	7,28
7		1,000	100	50	38	72	62,8	6,28
Versuchsreihe II.								
8	Büffel- milch Nr. 3	1,441	200	200	38	72	160,5	8,82
9		1,820	200	200	38	72	107,0	7,43
10	Kuh- milch Nr. 4	1,441	200	200	38	72	72,4	5,01
11		2,261	200	200	38	72	180,0	7,96
Versuchsreihe III.								
12	Kuh- milch Nr. 6	1,000	200	200	38	24	76,8	7,68
13		1,000	200	200	38	48	63,4	6,34
14		1,000	200	200	38	72	67,0	6,70
15		1,000	200	200	20	72	78,2	7,82
16	Kuh- milch Nr. 6	1,000	200	200	38	3	109,8	10,98
17		1,000	200	200	38	24	65,2	6,52
18		1,000	200	200	20	24	109,0	10,90
19		1,000	200	200	20	48	81,0	8,10

1) Compt. rend. soc. biol. t. 45 p. 327. 1893.

In Versuchsreihe I wurde das Versuchsgemisch in verschiedenem Verhältnis mit destilliertem Wasser versetzt, wobei also die Concentration der Pepsinsalzsäure und des Caseïns in verschiedenem Maasse herabgesetzt, doch das Verhältnis zwischen Caseïn und Pepsinsäure nicht geändert wurde. In Versuchsreihe II liessen wir dieselbe Menge Pepsinsäure auf verschiedene Mengen Caseïn einwirken. In Versuchsreihe III wurde die Dauer der Verdauungsversuche zwischen 3 und 72 Stunden variiert und in einigen Versuchen auch die Temperatur geändert.

Diese Daten beweisen, dass bei geringerer Concentration des Verdauungsgemisches der Verdauungsrückstand kleiner ausfällt (Versuchsreihe I), ebenso auch in dem Fall, wenn eine grössere Menge der Verdauungsflüssigkeit auf die Gewichtseinheit des Caseïns entfällt (Versuchsreihe II). Übrigens hat schon Moraczewsky¹⁾ einen entscheidenden Einfluss sowohl der Dauer der Verdauung als besonders der Verdünnung der Verdauungsflüssigkeit auf das Nucleïn verzeichnet. Bei einer sehr verdünnten Lösung fand er die Nucleïnmenge sehr gering und sehr phosphorreich, während aus sehr concentrirten Lösungen das Nucleïn in sehr grossen Mengen ausfällt und bei der Verdauung wenig Phosphor verliert. Auch steht dieses Resultat mit den Untersuchungen von E. Salkowsky und Hahn²⁾ in Übereinstimmung, die bei ungünstigem Verhältnis zwischen Caseïn und Pepsinsalzsäure 18,5—21,05 %, bei günstigem aber nur 6,8 % Pseudonucleïn erhielten. Aus der Versuchsreihe III ist weiterhin ersichtlich, dass bei unserer Versuchsanordnung der Verdauungsrückstand des Caseïns nach 48stündiger Verdauung nicht mehr abnahm, und endlich noch, dass die Peptonisierung des Caseïns auch bei Zimmertemperatur, wenn auch natürlich langsamer, aber immerhin ziemlich rasch vor sich geht.

2. Bei den Versuchen über den Einfluss des Zusatzes von Conservierungsmitteln zum Verdauungsgemisch auf die erhaltene Menge des Pseudonucleïns haben wir ausser jenen Conservierungsmitteln, welche wir in den Milchversuchen benutzten, nämlich Thymol und Toluol, auch noch die Wirkung von Chloroform untersucht, indem zu 100—200 ccm der Verdauungsflüssigkeit 2—6 ccm bzw. 2—6 g dieser Substanzen zugesetzt wurden. Diese Versuche führten

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 20 S. 48. 1895.

2) Pflüger's Arch. Bd. 59 S. 236. 1895.

wir sowohl mit Milch wie auch mit den aus Milch dargestellten Caseinen aus. In einem Teil der Versuche wurden offene bzw. mit Glasplatten bedeckte Bechergläser, im anderen Teil mit Kautschukpfropfen gut verschlossene Erlenmeyer-Kölbchen benutzt, oder aber es wurde der Pfropfen nach 48stündiger Einwirkung aus dem weithalsigen Kolben entfernt. Wir wollten nämlich auch entscheiden, ob die Antiseptica die Wirkung der Pepsinsalzsäure aufheben oder nur verzögern. Aus den offenen Bechergläsern verflüchtigen sich Toluol und Chloroform ziemlich rasch; längstens in 24 Stunden kann der charakteristische Geruch nicht mehr wahrgenommen werden, so dass also der Verdauungsrückstand, wenn die Verdauungsfähigkeit der Pepsinsalzsäure nicht vernichtet wird, in offenen Gefässen mit und ohne Zusatz von Antiseptica nach Verlauf von wenigstens 72 Stunden der gleiche sein musste. Bei diesen Versuchen erhielten wir die in Tabelle V und VI (S. 560 u. 561) zusammengestellten Daten.

Aus den mitgeteilten Versuchsergebnissen ist ersichtlich, dass schon ein Zusatz von 2 ccm Toluol oder Chloroform im gut verschlossenen Erlenmeyer-Kolben zu 200 ccm Pepsinsalzsäure den Verdauungsrückstand der Milch oder der Caseine nicht unwesentlich erhöht. Mit einer vermehrten Zugabe von Toluol bzw. Chloroform ist eine weitere Zunahme des Verdauungsrückstandes verbunden. Eine Zugabe von Thymol erhöht auch schon bei Anwendung von nur 1—2 g den Verdauungsrückstand in noch viel grösserem Maasse wie Toluol; dem Verdauungsgemisch in grösseren Quantitäten zugesetzt verhindert es aber fast gänzlich die Verdauung. Wird Toluol in offenen Gefässen dem Verdauungsgemisch zugesetzt, und wird die Verdauung so lange fortgesetzt, dass zur Verflüchtigung des Toluols und zur Vollendung der Verdauung ohne Toluol noch genügende Zeit — 48 Stunden — vorhanden ist, so erfolgt die Verdauung in normaler Weise, woraus ersichtlich ist, dass das Toluol die Pepsinwirkung nur hindert, aber die Wirksamkeit des Pepsins nicht zerstört, wenigstens nicht innerhalb der beobachteten Zeitdauer, denn nach dem Verflüchtigen tritt diese mit unverminderter Intensität auf. Dasselbe gilt auch für das Chloroform und dürfte auch in Bezug auf Thymol gültig sein; nur verflüchtigt sich das Thymol aus dem Verdauungsgemisch sehr langsam, so dass eine vollständige Verflüchtigung des Thymols nicht abgewartet werden konnte, ansonsten auch die Pepsinsalzsäure grosse Konzentrationsänderungen erlitten hätte.

Tabelle V.

Nummer des Versuches	Zum Versuch wurden angesetzt			Casein- gehalt der Milch g in 100 ccm	Dauer der Ver- dauung in Stunden	Das Verdauungsgemisch befand sich in	Pseudonuclein wurde erhalten	
	Milch	Pepsin- salz- säure	Antisepticum				abgewogene Menge mg	auf 100 g Casein berechnet g
1	50 ccm ab- gerahmter Kuh- milch Nr. 7	200	0	2,60	72	offenem Becherglas	114,4	8,80
2		200	2 ccm Toluol	2,60	72	offenem Becherglas	113,4	8,73
3		200	6 ccm Toluol	2,60	72	offenem Becherglas	120,4	9,26
4	50 ccm abge- rahmter Büffel- milch Nr. 4	200	0	3,46	96	offenem Becherglas	168,4	9,73
5		200	0	3,46	96	offenem Becherglas	169,0	9,71
6		200	2 ccm Toluol	3,46	96	geschlossenem Erl.-Kolben	189,8	10,97
7		200	4 ccm Toluol	3,46	96	geschlossenem Erl.-Kolben	212,2	12,25
8		200	6 ccm Toluol	3,46	96	geschlossenem Erl.-Kolben	223,9	12,94
9		200	6 g Thymol	3,46	96	geschlossenem Erl.-Kolben	627,9	36,29
10	50 ccm ab- gerahmter Kuh- milch Nr. 8	200	0	2,42	72	offenem Becherglas	94,0	7,77
11		200	2 ccm Toluol	2,42	72	geschlossenem Erl.-Kolben	102,2	8,43
12		200	4 ccm Toluol	2,42	72	geschlossenem Erl.-Kolben	117,4	9,70
13		200	6 ccm Toluol	2,42	72	geschlossenem Erl.-Kolben	116,9	9,66
14		200	2 g Thymol	2,42	72	geschlossenem Erl.-Kolben	225,4	18,56
15		200	4 g Thymol	2,42	72	geschlossenem Erl.-Kolben	262,0	21,65
16	50 ccm ab- gerahmter Kuh- milch Nr. 9	200	4 g Thymol	2,42	72	geschlossenem Erl.-Kolben	257,4	21,20
17		200	0	2,42	144	offenem Becherglas	78,8	6,52
18		200	6 ccm Toluol	2,42	144	offenem Becherglas	82,8	6,84
19		200	2 g Thymol	2,42	144	offenem Becherglas	224,0	15,51
20		200	0	2,09	108	geschlossenem Erl.-Kolben	58,7	5,62
21		200	1 ccm Chloroform	2,09	108	geschlossenem Erl.-Kolben	128,0	12,25
22	50 ccm ab- gerahmter Kuh- milch Nr. 10	200	2 ccm Chloroform	2,09	108	geschlossenem Erl.-Kolben	136,8	13,09
23		200	4 ccm Chloroform	2,09	108	geschlossenem Erl.-Kolben	152,0	14,54
24		200	4 ccm Chloroform	2,09	108	geschlossenem Erl.-Kolben	152,4	14,58
25		200	6 ccm Chloroform	2,09	108	geschlossenem Erl.-Kolben	167,4	16,02
26		100	0	2,60	72	offenem Becherglas	183,2	14,09
27		100	2 ccm Chloroform	2,60	72	offenem Becherglas	195,4	15,03
28	50 ccm ab- gerahmter Kuh- milch Nr. 10	100	2 ccm Chloroform	2,60	72	offenem Becherglas	202,2	15,55
29		100	2 ccm Chloroform	2,60	72	geschlossenem Erl.-Kolben	235,0	18,07

In den Versuchen Nr. 3, 27, 28 ist der Verdauungsrückstand trotz Benutzung eines offenen Becherglases bei Zusatz eines Antisepticums etwas grösser als ohne Antisepticum, was aber nur dem Umstande zuzuschreiben ist, dass zur Beendigung der Verdauung nach Verflüchtigung des in grösserer Menge zugesetzten Antisepticums nicht genügende Zeit übrig blieb.

Tabelle VI.

Nummer des Versuchs	Casein aus	Zum Versuche wurden angesetzt			Dauer der Ver- daunung in Stunden	Das Verdauungsgemisch befand sich in	Pseudonuclein wurde erhalten	
		Casein g	Pepsin- salzsäure ccm	mit Antisepticum			abgewogene Menge mg	auf 100 g Casein berechnet g
1	Kuhmilch Nr. 7	1,000	100	0	48	offenem Becherglas	71,5	7,15
2		1,000	100	0	48	offenem Becherglas	69,0	6,90
3		1,000	100	1 ccm Toluol	48	offenem Becherglas	79,9	7,99
4		1,000	100	2 ccm Toluol	48	offenem Becherglas	84,2	8,42
5		1,000	100	1 g Thymol	48	offenem Becherglas	179,4	17,94
6		1,000	100	2 g Thymol	48	offenem Becherglas	251,6	25,16
7	Ziegenmilch Nr. 4	1,000	100	0	72	offenem Becherglas	130,0	13,00
8		1,000	100	1 ccm Toluol	72	geschlossenen Kolben	135,0	13,50
9		1,000	100	2 ccm Toluol	72	offenem Becherglas	130,8	13,00
10		1,000	100	1 g Thymol	72	offenem Becherglas	349,2	34,92
11	Kuhmilch Nr. 8	1,000	100	0	72	offenem Becherglas	53,2	5,32
12		1,000	100	1 g Thymol	72	offenem Becherglas	235,4	23,54
13	Büffelmilch Nr. 4	0,500	50	0	48	offenem Becherglas	28,8	5,76
14		0,500	50	2 ccm Toluol	48	offenem Becherglas	33,0	6,60
15	Kuhmilch Nr. 9	0,500	50	0	48	offenem Becherglas	28,4	5,68
16		0,500	50	1 ccm Toluol	48	geschlossenen Kolben	30,0	6,00

3. Den Einfluss des Trocknens bei 110° C. auf die Verdaulichkeit des Caseins zeigen die Daten der Tabelle VII.

Tabelle VII.

Nr. des Vers.	Casein aus	Zum Versuche wurden angesetzt		Dauer in Stunden der		Pseudonuclein wurde erhalten	
		Casein g	Pepsinsalzsäure ccm	Verdauung	Trocknung des Caseins bei 110° C.	abgewogene Menge mg	auf 100 g Casein berechn. g
1	Kuhmilch Nr. 7	0,7374	150	72	0 ¹⁾	21,3	2,89
2		0,7374	150	72	24	39,3	5,33
3		0,7374	150	72	48	43,0	5,83
4		0,7374	150	72	72	45,2	6,13
5	Kuhmilch Nr. 8	1,0000	100	48	0 ¹⁾	53,2	5,32
6		1,0000	100	48	36	61,2	6,12
7	Büffelmilch Nr. 4	0,5000	50	48	0 ¹⁾	26,0	5,20
8		0,5000	50	48	24	28,8	5,76
9		0,5000	50	48	48	37,2	7,44
10	Kuhmilch Nr. 9	0,5000	50	48	0 ¹⁾	24,2	4,84
11		0,5000	50	48	24	28,4	5,68
12		0,5000	50	48	48	31,8	6,36
13	Kuhmilch Nr. 10	1,5000	150	72	0 ¹⁾	98,0	6,53
14		1,5000	150	72	24	126,1	8,41
15		1,5000	150	72	48	158,8	10,59
16		1,5000	150	72	72	175,2	11,68
17	Ziegenmilch Nr. 5	1,5000	150	72	0 ¹⁾	257,6	17,17
18		1,5000	150	72	48	494,0	32,93

Aus diesen Daten der Tabelle VII ist zur Genüge ersichtlich, dass länger andauernde Trocknung des Caseins dessen Verdauungsrückstand bedeutend erhöht. Hieraus können wir auch die praktisch wichtige Folgerung ziehen, dass auch für die verschiedenen als Nahrungsmittel dienenden Caseinpräparate ein längeres Trocknen bei höherer Temperatur nicht vorteilhaft ist. Hierzu sei bemerkt, dass bereits E. Laqueur und O. Sackur²⁾ nachgewiesen haben, dass die Caseine beim Trocknen eine tiefgreifende Veränderung erleiden.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen fassen wir in Folgendem zusammen:

1. Durch mit Pepsinsalzsäure ausgeführte Verdauungsversuche stellten wir fest, dass die Frauen-, Esel- und Stutenmilch ganz verdaulich ist, während das Casein in der Kuh-, Büffel- und Ziegen-

1) Lufttrocken.

2) Hofmeister's Beitr. zur chem. Physiol. u. Pathol. Bd. 3 S. 206. 1902.

milch unter den gleichen Versuchsbedingungen (Temperatur 38 ° C., Zeitdauer 72 Stunden) nur bis auf 8 resp. 14 und 15 % löslich ist.

2. Jene Milcharten, welche in Pepsinsalzsäure nicht ohne Rückstand löslich sind, liefern nicht die gleiche Pseudonucleinmenge wie die aus ihnen dargestellten Caseine. Letztere ergeben ohne Ausnahme einen um 2—3 % kleineren Pseudonucleinrückstand wie die dieselbe Caseinmenge enthaltende Milch. Das aus Frauen-, Esel- und Stutenmilch gefällte Casein ist ebenso vollständig löslich wie die Milch selbst.

3. Die Frauen-, Esel- und Stutenmilch besitzt nicht nur einen absolut geringeren Caseingehalt als die Kuh-, Ziegen und Büffelmilch, sondern es entfällt auch ein relativ geringerer Teil des Gesamt-N auf das Casein.

4. Bei gleicher Versuchsordnung gibt die Verdauung der verschiedenen rein dargestellten Caseine verschiedene Mengen Pseudonuclein (0—15 %).

5. Der Zusatz von Thymol, Toluol und Chloroform hindert die caseinlösende Wirkung. Die hindernde Wirkung wächst mit dem Gehalt des Verdauungsgemisches an diesen Zusätzen.

6. Auf die Löslichkeit des Caseins in Pepsinsalzsäure haben sowohl die Concentrationsverhältnisse wie auch die Einwirkungsdauer der Pepsinsalzsäure einen bedeutenden Einfluss.

7. Das Trocknen des Caseins bei 110 ° C. setzt dessen Löslichkeit in Pepsinsalzsäure bedeutend herab.

Diese Untersuchungen wurden nach Angaben und unter Leitung des Herrn Prof. F. Tangl ausgeführt.
