

12) On peut attribuer au caecum une fonction de réglage car il retient la nourriture jusqu'à 30 heures et davantage.

### *Literatur*

1. BARNES, R., G. FIALA et al., J. Nutr. **63**, 489 (1957). — 2. BARNES, R. and G. FIALA, J. Nutr. **65**, 103 (1958). — 3. BARNES, R., E. KWONG and G. FIALA, J. Nutr. **65**, 251 (1958). — 4. BARNES, R., E. KWONG and G. FIALA, J. Nutr. **67**, 599 (1958). — 5. BARNES, R., S. TUTHILL et al., J. Nutr. **68**, 121 (1959). — 6. BARNES, R. and G. FIALA, J. Nutr. **68**, 603 (1959). — 7. BARNES, R., G. FIALA and E. KWONG, Fed. Proc. **22**, 125 (1963). — 8. BERGE, E. and M. WESTHUS, Tierärztliche Operationslehre (Berlin u. Hamburg 1961). — 9. FITZGERALD, R. et al., J. Nutr. **84**, 155 (1964). — 10. FRANK, I. et al., Pflügers Archiv **253**, 173 (1951). — 11. HARDER, W., Verh. dtsh. zool. Ges. **43**, 95 (1943). — 12. KELLNER, W., Z. Morph. u. Oekol. Tiere **44**, 518 (1956). — 13. KUNZ, E. und M. REIFF, Rev. Suisse Zool. **71**, 603 (1964). — 14. REIFF, M., Acta Trop. **13**, 289 (1956). — 15. REIFF, M., Rev. Suisse Zool. **72**, 666 (1965).

Anschrift des Verfassers:

Dr. ERICH KUNZ, CH 4107 Ettingen/BL, Gempenstraße 4

*Aus dem Physiologisch-chemischen Institut der Universität Mainz*

## **Der Einfluß polymerer Kieselsäuren auf die renale SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung beim Menschen**

Von H. LANGENDORF und K. LANG

Mit 2 Tabellen

(Eingegangen am 5. Oktober 1966)

Eine Reihe von Substanzen verschiedenster chemischer Provenienz ist geeignet, die technologischen Eigenschaften mancher Lebensmittel zu verbessern. Zu ihnen gehören auch hydrophile polymere Kieselsäuren mit großer Oberfläche, die etwa zur Stabilisierung von Emulsionen, als Anti-Absetzmittel für Kakao in Mischgetränken, zur Streufähighaltung von Pulversubstanzen und schließlich als Bierklärmittel Verwendung finden können.

Es war zu prüfen, ob die orale Verabreichung solcher Präparate die renale SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung beim Menschen beeinflusst. Als Testsubstanzen standen die Präparate Aerosil® und FK700 der Degussa zur Verfügung.

Aerosil ist ein sehr reines, koaguliertes und röntgenamorphes SiO<sub>2</sub>-Aerosol mit einer Teilchengröße zwischen 10 und 40 nm und einer Oberfläche von 175 m<sup>2</sup>/g. Der SiO<sub>2</sub>-Gehalt der wasserfreien Substanz liegt über 99,8%. Die Oberfläche ist porenfrei und enthält neben Siloxan- noch Silanol-Gruppen (5–6 µMol OH-Gruppen/m<sup>2</sup>) und ist damit zur Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen befähigt. 1 g Aerosil vermag rund 400 mg Wasser durch Mehrschicht-Adsorption aufzunehmen, ohne die Eigenschaft eines trockenen Pulvers zu verlieren. Davon sind etwa 9 mg durch Wasserstoffbrückenbindung an der Oberfläche fixiert. (Näheres s. bei WAGNER und BRÜNNER.) Das Bierklärmittel FK 700 ist eine reine, hydratisierte Kieselsäure und enthält neben Spuren anderer Metalloxyde 86,65% SiO<sub>2</sub>. Es verliert beim Trocknen (105 °C) 7,34% und beim Glühen (1000 °C) 13,00% seines Gewichtes. Der wasserlösliche Anteil (Membran-Filtration) beträgt 0,65% SiO<sub>2</sub>.

### Methodik

Versuchspersonen waren 10 gesunde Männer und 2 Frauen im Alter zwischen 22 und 28 Jahren. Die Präparate wurden ihnen in handelsüblichem Apfelsaft suspendiert (Konzentration 5 g/l) am 4. Tag einer 7-tägigen Versuchsperiode verabfolgt, und zwar morgens und mittags je 250 ml mit insgesamt 2,5 g eines der beiden Präparate. An allen 7 Tagen, beginnend mit dem Morgenharn des 1. Tages, sammelten die Vpn. ihren gesamten Harn in Polyäthylenflaschen und lieferten ihn vormittags im Laboratorium ab. Im übrigen gingen sie ihrer gewohnten Beschäftigung nach, und sie hatten auch freie Nahrungswahl.

Von jedem Tagesharn wurde nach gründlicher Durchmischung eine Probe von 100 ml einbehalten und bis zur Analyse auf den  $\text{SiO}_2$ -Gehalt eingefroren. Die  $\text{SiO}_2$ -Bestimmung erfolgte nach der von BAUMANN (1) angegebenen direkten Methode, mit der das molybdat-aktive, also monomere  $\text{SiO}_2$  erfaßt wird. Die Fehndung nach dem Vorhandensein polymerer  $\text{SiO}_2$  ( $\text{SiO}_2$ -Bestimmung nach alkalischer Hydrolyse) blieb insofern ohne Ergebnis, als in der Regel zwar etwas höhere Werte gefunden wurden, die Differenzen jedoch in die an sich schon nicht geringe und durch die zusätzliche Manipulation noch vergrößerte Fehlerbreite der Methode fielen [Ansteigen des Blindwertes, s. dazu auch BAUMANN (1)]. Zur Kontrolle der Vollständigkeit der abgelieferten Tagesharn wurde ferner die Kreatinin-Ausscheidung mit der Pikrat-Methode (Standard methods of clinical chemistry, s. HINSBERG-LANG) bestimmt. Es ergaben sich keine Anhaltspunkte für eine grob unvollständige Ablieferung.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse sind in den Tab. 1 und 2 zusammengefaßt. Bereits in der Vorperiode weist die  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung starke interindividuelle Unterschiede auf, aber auch beträchtliche Schwankungen bei den einzelnen Vpn. von Tag zu Tag, in einigen Fällen von über 50% des vorangegangenen Tageswertes oder, in absoluten Zahlen, bis zu 64 mg (Vpn 2, 2. und 3. Tag). Die höchste  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung beträgt 119,8 mg (Vpn 2, 2. Tag), die niedrigste 14,5 mg (Vpn 7, 3. Tag). Als höchste  $\text{SiO}_2$ -Konzentration in einem Tagesharn imponieren die 86  $\mu\text{g/ml}$  bei Vpn 3 am 2. Tag. Die gemittelten  $\text{SiO}_2$ -Konzentrationen (vorletzte Reihe der Tabellen) liegen zwischen 11 und 70  $\mu\text{g/ml}$ , die gemittelten Tagesausscheidungen zwischen 15,1 und 86,9 mg  $\text{SiO}_2$ . Nach Verabreichung von 2,5 g Aerosil verändert sich die  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung nicht eindeutig. Vergleicht man die Ausscheidungen am 3. und 4. Tag (Tab. 1), so ist bei den Vpn. 1, 11 und 12 eine mehr oder minder deutliche Abnahme zu bemerken, bei den übrigen eine Zunahme. Die durchschnittliche tägliche  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung in der Nachperiode (s. letzte Reihe der Tabelle) ist im Vergleich zur Vorperiode bei den Vpn. 1 und 3 praktisch unverändert, bei Vpn. 2 deutlich geringer und bei den anderen ebenso deutlich erhöht, allerdings weder in bezug auf die Konzentrationen noch auf die  $\text{SiO}_2$ -Tagesausscheidungen in einem gegenüber der Vorperiode auffälligen Maße.

Etwas anders liegen die Verhältnisse nach Verabreichung von 2,5 g FK 700 (= 2,15 g  $\text{SiO}_2$ ). Hier nimmt die  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung bei allen Vpn. am 4. Tag zu, mit Ausnahme von Vpn. 6, bei der eine Abnahme um 26 mg zu verzeichnen ist. Die Zunahmen bewegen sich zwischen +7 und +23 mg. Auch die mittlere tägliche  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung ist bei 5 Vpn. im Vergleich zur Vorperiode zwischen +4 und +20 mg erhöht, nur bei Vpn. 9 geringfügig vermindert. In die Nachperiode dieses Versuches fallen die höchste beobachtete  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung (Vpn. 6, 142,3 mg am 5. Tag) und die höchste beobachtete  $\text{SiO}_2$ -Konzentration (ebenfalls Vpn. 6, 91  $\mu\text{g/ml}$  am 6. Tag). Hier ist allerdings anzumerken, daß die

Tab. 1. Präparat Aerosil®

Tag	Vpn.-Nr.																	
	1			2			3			10			11			12		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,80	26,2	33	1,78	85,1	48	0,93	64,7	67	2,01	51,6	26	1,05	14,0	13	1,39	34,8	25
2	0,77	28,1	36	1,84	119,8	65	1,07	92,0	86	1,62	23,6	15	0,76	24,6	32	0,75	32,5	43
3	0,98	49,3	50	1,20	55,7	46	1,28	31,7	25	1,13	45,9	41	0,75	37,3	50	1,08	41,2	38
4	0,73	30,0	41	1,91	75,2	39	0,81	61,9	76	1,69	83,9	49	0,89	35,7	40	1,05	39,9	38
5	0,69	50,0	72	1,50	56,0	37	2,40	101,5	42	1,65	66,1	40	1,21	49,1	41	1,63	65,3	40
6	0,63	23,6	37	1,15	47,7	41	0,97	34,6	36	0,82	35,1	43	0,67	57,5	86	0,83	41,5	50
7	0,54	25,7	48	2,27	78,9	35	0,72	47,0	65	1,57	58,1	37	1,00	35,5	36	1,14	64,8	57
1.-3.	2,55	103,6		4,82	260,6		3,28	188,4		4,76	121,1		2,56	75,9		3,22	108,5	
4.-7.	2,59	129,3		6,83	257,8		4,90	245,0		5,73	243,2		3,77	177,8		4,65	211,5	
Mittelwert 1.-3.	0,85	34,5	41	1,61	86,9	54	1,09	62,8	57	1,59	40,4	25	0,85	25,3	29	1,07	36,2	34
Mittelwert 4.-7.	0,65	32,3	49	1,71	64,5	37	1,23	61,3	50	1,43	60,8	42	0,94	44,5	47	1,16	52,9	45

Spalte 1: Harnvolumen, Liter; Spalte 2: tägliche  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung in mg.

Spalte 3: SiO<sub>2</sub>-Konzentration in  $\mu\text{g/ml}$ .

Tab. 2. Präparat FK 700

Tag	Vpn.-Nr.	4			5			6			7			8			9		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1		0,94	46,4	49	0,95	34,3	36	1,01	66,6	66	1,43	17,6	12	1,07	33,0	31	0,75	33,7	45
2		0,76	50,8	67	0,72	33,9	47	0,94	73,1	78	1,28	16,2	13	1,32	49,1	37	0,85	27,4	32
3		0,74	30,0	40	1,33	42,2	32	1,10	74,6	68	1,46	14,5	10	1,63	37,7	23	0,55	21,0	38
4		0,85	53,3	63	1,81	55,8	31	1,20	48,9	41	1,77	24,6	14	1,45	44,7	31	0,96	28,8	30
5		0,90	62,7	70	1,77	61,8	35	2,58	142,3	55	0,87	19,5	22	0,81	45,6	56	0,68	26,6	39
6		0,72	50,7	70	0,90	75,2	84	0,83	75,7	91	1,20	20,6	17	0,93	44,0	47	0,60	11,7	19
7		0,98	42,0	43	1,08	35,1	33	0,86	58,2	68	1,46	17,0	12	1,55	98,8	64	0,53	19,9	38
1.-3.		2,44	127,2		3,00	110,4		3,05	214,3		4,17	48,3		4,02	119,8		2,15	82,1	
4.-7.		3,45	208,7		5,56	227,9		5,47	325,1		5,30	81,7		4,74	233,1		2,77	87,0	
Mittelwert 1.-3.		0,81	42,4	52	1,00	36,8	37	1,02	71,4	70	1,39	16,1	11	1,34	39,9	30	0,72	27,4	38
Mittelwert 4.-7.		0,86	52,2	60	1,39	57,0	41	1,37	81,3	59	1,33	20,4	15	1,19	58,3	49	0,69	21,8	31

Spalte 1: Harnvolumen, Liter; Spalte 2: tägliche  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung in mg.Spalte 3:  $\text{SiO}_2$ -Konzentration in  $\mu\text{g}/\text{ml}$ .

Vpn. 6 (ebenfalls Vpn. 3) am Abend des 4. Tages ein Sommerfest besucht und dort dem Biere kräftig zugesprochen hat. Damit ist auch das auffallende Harnvolumen von 2,58 l am 5. Tag ausreichend erklärt. Im Bier liegt die SiO<sub>2</sub>-Konzentration mit 131 µg/ml an der Sättigungsgrenze (BAUMANN (2)). Im übrigen sind auch in dieser Gruppe die SiO<sub>2</sub>-Konzentrationen und -Tagesausscheidungen nicht bemerkenswert gegenüber der Vorperiode verändert. Für beide Gruppen gilt, daß nicht nur die Mehrausscheidung in den entsprechenden Fällen, sondern die gesamte SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung in den vier Tagen der Nachperiode in gar keinem Verhältnis steht zu den verabreichten Mengen von 2,5 bzw. 2,15 g SiO<sub>2</sub>.

Von BAUMANN (2, 3) wurde gezeigt, daß oral verabreichte monomere Kieselsäure recht schnell resorbiert wird und daß bereits nach 1–2 Stunden das Maximum der renalen SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung eintritt. Monomere Kieselsäure ist bis zu einer Konzentration von 120 µg/ml in Wasser stabil gelöst, bei höheren Konzentrationen beginnt die Polymerisation (THOMAS). BAUMANN (2, 3) fand polymere Kieselsäure im Harn erst bei sehr hohen Konzentrationen an monomerer SiO<sub>2</sub> (600 µg/ml und mehr) und bei ausreichend langer Verweildauer (Harnentnahme alle 2 Stunden). Die Ausbildung polymerer und die Harnwege schädigender SiO<sub>2</sub> ist somit konzentrations- und zeitabhängig. Die in diesen Versuchen gefundenen SiO<sub>2</sub>-Konzentrationen sind noch weit von dem gefährlichen Bereich entfernt.

Wenn die in dem hier mitgeteilten Versuch verabreichten SiO<sub>2</sub>-Präparate in stärkerem Maße resorbiert worden wären – was die vorherige Depolymerisation während der Magen-Darm-Passage voraussetzen würde – dann hätte bereits am 4. Tage, den Befunden BAUMANNs zufolge, eine deutliche Zunahme der renalen SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung eintreten müssen. Die beobachteten Veränderungen lagen aber durchaus in dem in der Vorperiode abgesteckten Rahmen.

In Versuchen an Katzen haben KING und McGEORGE den Einfluß verschiedener polymerer Kieselsäuren und natürlicher Silikate auf die renale SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung nach oraler Applikation untersucht. Die einzelnen Präparate bewirkten eine geringe, aber unterschiedliche Erhöhung der SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung. Den stärksten Effekt hatte amorphes Kalziumsilikat, das, nach Applikation von 5 g, in 120 Stunden zu einer Mehrausscheidung von 30 mg SiO<sub>2</sub> führte. Bei den übrigen Präparaten lagen die Mehrausscheidungen in der gleichen Zeitspanne unter 10 mg. Die mit der Standard-Diät gefütterten Katzen schieden pro Tag zwischen 1,6 und 1,8 mg SiO<sub>2</sub> aus, in 5 Tagen 8,6 mg. Aus den Versuchen geht hervor, daß geringe Mengen einiger polymerer Silikate – im Falle des Kalziumsilikates nicht ganz 1% – in den Darmsäften depolymerisiert werden und in Lösung gehen.

In Anbetracht der starken spontanen Schwankungen der SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung hatte Aerosil keinen eindeutigen und FK 700 einen recht zweifelhaften Effekt auf die renale SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung im Sinne einer Erhöhung. Demnach wird Aerosil überhaupt nicht und FK 700 nur zu einem Bruchteil resorbiert.

### *Zusammenfassung*

Es war die Frage zu prüfen, ob die orale Zufuhr polymerer SiO<sub>2</sub>-Präparate die renale SiO<sub>2</sub>-Ausscheidung beim Menschen verändert. Die Präparate Aerosil® und FK 700 wurden als 0,5% ige Suspension in 500 ml Apfelsaft an 12 gesunde Versuchspersonen verabreicht. Nach Aerosil trat keine eindeutige Veränderung und nach FK 700 eine an-

gesichts der spontanen Schwankungen der  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung zweifelhafte Zunahme der renalen  $\text{SiO}_2$ -Ausscheidung auf.

### Literatur

1. BAUMANN, H., Hoppe-Seylers Z. physiol. Chemie **319**, 38 (1960). — 2. BAUMANN, H., Hoppe-Seylers Z. physiol. Chemie **320**, 11 (1960). — 3. BAUMANN, H., Beitr. Silikose-Forsch. S-Bd Grundfragen Silikoseforsch. **4**, 19 (1960). — 4. HINSBERG, K. und K. LANG, Medizinische Chemie. 3. Aufl., S. 662 (München 1957). — 5. KING, E. J. and M. McGEORGE, Biochem. J. **32**, 426 (1938). — 6. THOMAS, K., Dtsch. Z. Verdauungs- u. Stoffwechselkrankheiten **25**, 260 (1965). — 7. WAGNER, E. und H. BRÜNNER, Angew. Chemie **72**, 744 (1960).

Anschrift der Verfasser:

Dr. H. LANGENDORF, Physiologisch-chemisches Institut der Universität, 65 Mainz, und Prof. Dr. Dr. K. LANG, 7869 Todtnauberg

*Aus dem Institut für Ernährungswissenschaft, Budapest (Ungarn)  
(Direktor: Prof. Dr. R. Tarján)*

## Die Wirkung einiger Nahrungsfaktoren auf den Fettstoffwechsel \*)

VON R. TARJÁN, MAGDALENE KRÁMER, KATALIN SZŐKE-SZOTYORI  
und A. A. HAFIEZ

Mit 8 Abbildungen

(Eingegangen am 1. November 1966)

In der Entstehung der Atherosklerose wird von den Nahrungsfaktoren von einigen Forschern dem Fett, von anderen den einfachen Kohlenhydraten eine krankheitserregende Rolle zugesprochen. Die Wirkung dieser Nährstoffe, in erster Linie auf den Serumcholesterinspiegel, wurde von zahlreichen Verfassern untersucht. Über Untersuchungen hinsichtlich der Wirkung der Nahrungsfette gibt C. CARROL eine umfassende Zusammenfassung (1) und die neuesten Forschungsergebnisse bezüglich der Rolle der Kohlenhydrate im Lipidstoffwechsel werden von HODGES und KREHL (2) beschrieben.

Auf Grund dieser Literaturhinweise schien es notwendig, die Wirkung verschiedener in Ungarn verwendeter Nahrungsfette auf die Fettsäurezusammensetzung des Serums und gewisser Gewebe zu untersuchen. Es war auch angezeigt den Einfluß einiger mit der Nahrung zugeführter Kohlenhydrate auf die Fettsynthese, bzw. auf die Fettsäurezusammensetzung des synthetisierten Fettes, ferner auf die Verwertung der Fettsäuren des Nahrungsfettes zu bestimmen.

### Methodik

Die Wirkung der verschiedenen Nahrungsfette wurde an abgesetzten männlichen Ratten untersucht. Das Futter enthielt 60% Stärke, 20% Kasein und 20% Fett. In Gruppe I wurde das Fett in Form von Schweineschmalz, in Gruppe II in Form von

---

\*) Vortrag gehalten auf dem VIII. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Fettwissenschaft, Budapest 10.-16. Oktober 1966.