

Aus dem Max-Planck-Institut für Ernährungsphysiologie, Dortmund
(Direktor: Professor Dr. B. Hess)

Über den Einfluß von linolsäurereicher Margarine auf den Serumcholesterinspiegel älterer Menschen¹⁾

Von K. Bramkamp und W. Wirths

Mit 6 Abbildungen und 6 Tabellen

(Eingegangen am 1. November 1973)

Bei epidemiologischen Untersuchungen über die Nährstoffzufuhr von Altenheiminsassen war es möglich, einen Einfluß durch die Zufuhr von Butter und Margarine auf die Serumcholesterinwerte nachzuweisen. An Hand der gefundenen Ergebnisse konnte im ernährungsphysiologischen Aspekt eine eindeutige Präferenz für eines der genannten Produkte aufgezeigt werden.

Methodik

Über 49 Wochen (Erhebungswochennummer entspricht der Jahreswoche), wurden in 5 Altenheimen in den Städten Bochum (0100), Castrop-Rauxel (0200), Dortmund (0300), Herne (0400) und Wanne-Eickel (0500) Erhebungen über den Verbrauch an Lebensmitteln und über die Nährstoffzufuhr nach einer Modifikation der „Inventarmethode“ nach Wirths (20, 21, 22) an 63 Probanden beiderlei Geschlechts durchgeführt (4). Die aufgenommene Menge an Nährstoffen wurde nach der Nährwerttabelle von Souci, Fachmann, Kraut (17) auf der Datenverarbeitungsanlage IBM 360/44 des Max-Planck-Instituts für Ernährungsphysiologie Dortmund berechnet. Während der Erhebungszeit wurde bei jeder Versuchsperson dreimal zu verschiedenen Zeiten eine photometrische Bestimmung des Serumcholesterins (3) mit den Biochemica-Test-Kombinationen (Boehringer) vorgenommen. Neben dem Gesamtcholesterin wurde auch freies und verestertes Cholesterin (durch Berechnung aus der Differenz von Gesamt- und freiem Cholesterin) bestimmt.

Ergebnisse

Die Serumcholesterinwerte und durchschnittlichen täglichen Zufuhren an Nahrungscholesterin und Linolsäure in den Kollektiven werden nachfolgend im einzelnen wiedergegeben.

Der durchschnittliche Gesamtcholesterinspiegel betrug in der 11. Woche 269 mg% (s ± 66,90) in der 35. Woche 235 mg% (s ± 57,22) und in der 48. Woche 192 mg% (s ± 38,14) (Tab. 1).

Im Kollektiv 0100 ist eine deutliche Senkung der Serumcholesterinwerte zu erkennen (Abb. 1). Die Durchschnittswerte waren um 12 % bei der zweiten und um 28 % niedriger bei der dritten Blutentnahme. Das Ab-

¹⁾ Durchgeführt mit Unterstützung des Bundesministeriums für Jugend, Familie und Gesundheit, Bonn-Bad Godesberg

Tab. 1. Serumcholesterinwerte im Kollektiv 0100

Vpn Nr.	11. Woche			35. Woche			48. Woche		
				Cholesterin mg %					
	Gesamt-	freies	ver- estertes	Gesamt-	freies	ver- estertes	Gesamt-	freies	ver- estertes
101	272	75	197	236	60	176	200	49	151
102	239	58	181	209	34	155	158	40	118
103	215	55	160	172	29	143	136	28	108
104	178	51	127	195	39	156	157	37	120
105	262	75	187	202	50	152	-	-	-
106	298	82	216	268	43	225	227	57	170
107	248	68	180	240	41	240	202	46	156
108	328	100	228	281	57	224	226	45	181
109	230	51	179	197	32	165	160	43	117
110	384	122	262	379	69	310	267	65	202
111	239	68	171	192	36	156	197	47	150
112	192	56	136	148	33	115	-	-	-
113	226	68	158	234	47	187	177	40	137
114	417	119	298	277	45	232	-	-	-
115	333	96	237	290	58	232	223	61	162
116	206	70	136	186	28	158	145	84	61
117	305	92	213	290	42	248	220	58	162

sinken der Serumcholesterinwerte wurde nach Substitution der in der Heimverpflegung angebotenen Butter durch Delikatessmargarine erwirkt. Die Margarine, ein handelsübliches Produkt, hat einen Linolsäuregehalt von 31,8 %. Bis einschließlich der 30. Erhebungswoche betrug der durchschnittliche Verbrauch an Streichfetten in Produktgewicht 41 g Butter ($s \pm 21,58$) und 8 g Delikatessmargarine ($s \pm 4,79$) pro Person und Tag. Ab 31. Erhebungswoche lag der durchschnittliche Verbrauch bei 9 g Butter ($s \pm 6,24$) und 62 g Margarine ($s \pm 7,51$) pro Person und Tag. Dadurch verringerte sich von diesem Zeitpunkt an der prozentuale Anteil tierischen Fettes an der Gesamtfettzufuhr von 73 % ($s \pm 10,33$) auf 45 %

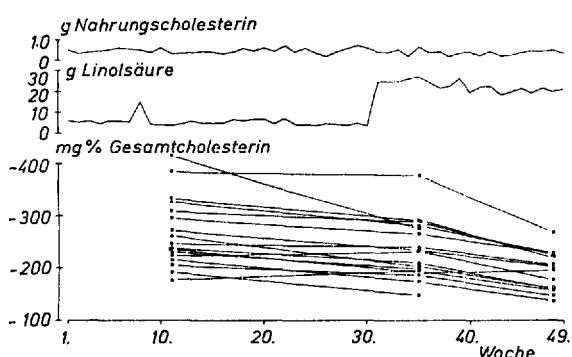


Abb. 1. Serumcholesterinspiegel der Vpn. und durchschnittlich tägliche Zufuhr/Woche an Nahrungscholesterin und Linolsäure im Altenheim 0100.

Tab. 2. Serumcholesterinwerte im Kollektiv 0200

Vpn Nr.	11. Woche			34. Woche			49. Woche		
				Cholesterin mg %					
	Gesamt-	freies	ver- estertes	Gesamt-	freies	ver- estertes	Gesamt-	freies	ver- estertes
201	190	47	143	—	—	—	223	45	178
202	170	34	136	172	28	144	228	52	176
203	247	93	154	—	—	—	—	—	—
204	208	45	163	204	34	170	187	45	142
205	357	97	260	281	50	231	271	66	205
206	320	58	262	351	28	323	339	74	265
207	262	45	217	277	56	221	265	71	194
208	159	27	132	—	—	—	259	42	217
209	207	58	149	196	16	180	195	47	148
210	257	75	182	263	21	242	247	62	185
211	323	86	237	268	38	230	266	125	141
212	371	106	265	306	54	252	337	79	258

($s \pm 7,51$). Vor Verwendung der Margarine in der Heimverpflegung betrug die durchschnittliche Linolsäurezufuhr 4,57 g ($s \pm 1,33$) je Person und Tag, von der 31. Erhebungswöche an aber 21,74 g ($s \pm 2,66$). Die Cholesterinzufuhr änderte sich während der gesamten Periode nicht (durchschnittliche Zufuhr 0,41 g [$s \pm 0,14$]).

Der durchschnittliche Gesamtcholesterinwert blieb während der Untersuchungsperiode annähernd gleich. In der 11. Woche lag er bei 256 mg% ($s \pm 72,61$), in der 34. Woche bei 257 mg% ($s \pm 57,14$) und in der 49. Woche bei 256 mg% ($s \pm 49,30$) (Tab. 2).

Bei den untersuchten Probanden in dem betreffenden Altenheim war während der Erhebungsperiode keine Veränderung der Serumcholesterinwerte festzustellen (Tab. 2, Abb. 2). Die durchschnittliche Cholesterinzufuhr betrug 0,35 g ($s \pm 0,10$). Die Linolsäurezufuhr lag bei 4,21 g ($s \pm 0,76$) pro Person und Tag. Der Anteil von Fetten tierischer Herkunft betrug

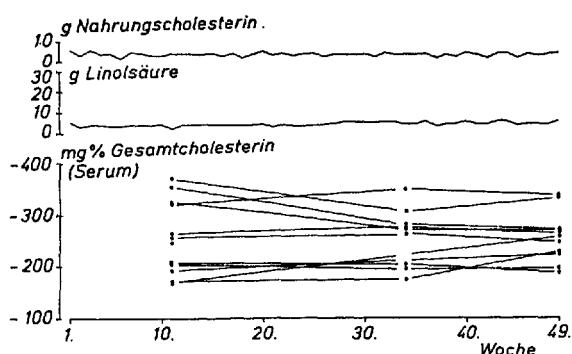


Abb. 2. Serumcholesterinspiegel der Vpn. und durchschnittlich tägliche Zufuhr/Woche an Nahrungscholesterin und Linolsäure im Altenheim 0200.

Tab. 3. Serumcholesterinwerte im Kollektiv 0300

Vpn Nr.	5. Woche			34. Woche			49. Woche		
	Ge- samt-	freies	ver- estertes	Cholesterin mg %			Ge- samt-	freies	ver- estertes
				Ge- samt-	freies	ver- estertes			
301	276	81	195	197	45	152	204	40	164
302	226	61	165	234	47	187	270	63	207
303	290	92	198	333	100	233	344	103	241
304	338	81	257	310	99	211	340	114	226
305	219	55	164	214	60	154	267	71	196
306	200	54	146	220	59	161	248	54	194
307	266	71	195	286	72	214	228	122	106
309	232	51	181	239	42	197	287	72	215
310	243	64	179	251	64	187	270	45	225
311	207	45	162	209	37	172	—	—	—
312	296	72	224	309	70	239	272	58	214
313	167	41	126	200	34	166	240	45	195

78 % (s ± 6,57). Die durchschnittlichen Gesamtcholesterinwerte der untersuchten Probanden stiegen geringfügig von 246 mg% (s ± 48,06) in der 5. Woche auf 250 mg% (s ± 47,51) in der 34. Woche und 270 mg% (s ± 42,64) in der 49. Woche (Tab. 3).

In diesem Kollektiv konnten während der drei Blutuntersuchungen keine gravierenden Schwankungen ausgemacht werden (Tab. 3). Die Nahrungscholesterinzufuhr betrug 0,66 g (s ± 0,19) pro Person und Tag. Die durchschnittlich tägliche Linolsäurezufuhr pro Person lag bei 7,41 g (s ± 1,12). Der Anteil tierischen Fetts an der Gesamtfettzufuhr betrug 77 % (s ± 5,13).

Die durchschnittlichen Gesamtcholesterinwerte sanken während der Erhebungsperiode von 273 mg% (s ± 50,89) in der 14. Woche auf 255 mg% (s ± 54,20) in der 35. Woche und schließlich auf 227 mg% (s ± 25,22) in der 49. Woche. Dieses Ergebnis lässt jedoch keine exakten Rückschlüsse zu, da

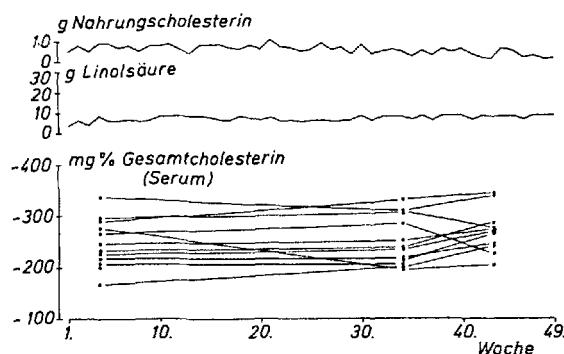


Abb. 3. Serumcholesterinspiegel der Vpn. und durchschnittlich tägliche Zufuhr/Woche an Nahrungscholesterin und Linolsäure im Altenheim 0300.

Tab. 4. Serumcholesterinwerte im Kollektiv 0400

Vpn Nr.	14. Woche			35. Woche			49. Woche		
	Ge- samt-	freies	ver- estertes	Ge- samt-	freies	ver- estertes	Ge- samt-	freies	ver- estertes
401	310	85	225	318	65	253	264	69	195
401	389	108	281	333	84	249	—	—	—
403	247	61	186	238	52	189	212	94	118
404	255	81	174	—	—	—	—	—	—
405	259	62	197	195	40	145	222	68	154
406	280	86	194	272	77	195	210	94	116
407	218	66	152	210	39	171	—	—	—
408	268	74	194	—	—	—	—	—	—
409	233	66	167	218	47	171	—	—	—

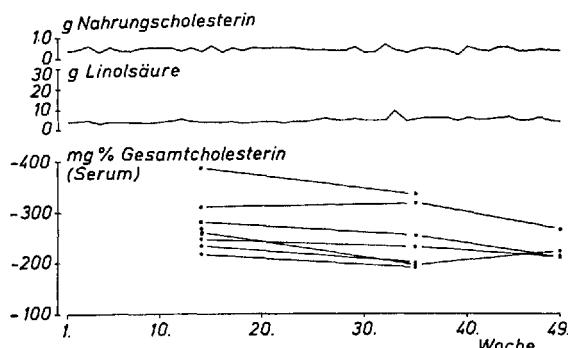


Abb. 4. Serumcholesterinspiegel der Vpn. und durchschnittlich tägliche Zufuhr/Woche an Nahrungscholesterin und Linolsäure im Altenheim 0400.

Tab. 5. Serumcholesterinwerte im Kollektiv 0500

Vpn Nr.	14. Woche			34. Woche			48. Woche		
	Ge- samt-	freies	ver- estertes	Ge- samt-	freies	ver- estertes	Ge- samt-	freies	ver- estertes
501	215	27	188	186	47	139	—	—	—
503	273	39	234	313	79	234	—	—	—
504	259	43	216	263	25	238	—	—	—
505	208	21	187	191	55	136	229	54	175
506	207	24	183	213	52	161	225	66	159
507	336	60	276	340	91	249	381	102	279
508	296	46	250	322	64	258	—	—	—
509	337	104	233	286	89	197	237	67	170
511	333	87	246	340	68	272	358	114	244
512	284	67	217	—	—	—	280	74	206
513	270	64	206	286	51	235	309	96	213
514	271	79	192	322	55	267	310	91	219
515	333	50	283	—	—	—	—	—	—

die Zahl der Probanden bei der letzten Blutabnahme von 9 auf 4 gesunken war (Tab. 4).

Eine genaue Aussage hinsichtlich Schwankungen in den Serumcholesterinwerten ist bei diesem Kollektiv nicht zu machen, weil während des Untersuchungszeitraumes mehr als 50 % der Probanden aus verschiedenen Gründen ausschieden. Die Durchschnittswerte pro Person und Tag für die Nahrungscholesterin- und Linolsäurezufuhr betrugen $0,45 \text{ g} (s \pm 0,10)$ und $4,85 \text{ g} (s \pm 0,87)$. Der durchschnittliche Anteil von tierischem Fett an der Gesamtfettzufuhr machte 80 % ($s \pm 5,31$) aus.

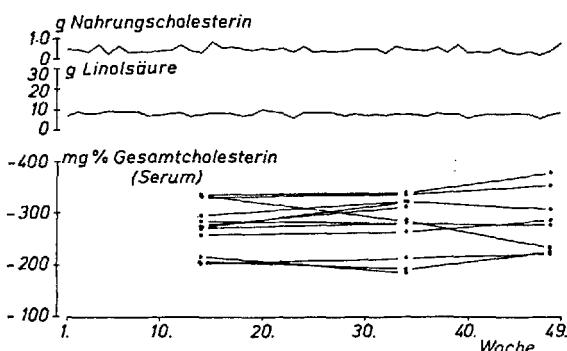


Abb. 5. Serumcholesterinspiegel der Vpn. und durchschnittlich tägliche Zufuhr/Woche an Nahrungscholesterin und Linolsäure im Altenheim 0500.

Der durchschnittliche Gesamtcholesterinspiegel betrug in der 14. Erhebungswoche $279 \text{ mg}^{\circ}/\circ (s \pm 48,01)$ in der 34. Woche $278 \text{ mg}^{\circ}/\circ (s \pm 57,79)$ und stieg in der 49. Woche auf $291 \text{ mg}^{\circ}/\circ (s \pm 59,17)$ an (Tab. 5).

Die durchschnittlichen Werte der Zufuhr pro Person und Tag für Nahrungscholesterin und Linolsäure betrugen $0,51 \text{ g} (s \pm 0,14)$ und $8,12 \text{ g} (s \pm 0,71)$ (Abb. 5). Der Anteil tierischen Fetts an der Gesamtfettzufuhr lag bei 64 % ($s \pm 3,53$).

Mit Ausnahme der erwähnten Substitution von Butter und Margarine in 0100 wurde in allen Heimen während der Erhebungsperiode „Sozialbutter“ aus Beständen der Einfuhr- und Vorratsstelle angeboten. Die Be-

Tab. 6. Durchschnittliche tägliche Zufuhr pro Person

Fettarten	Wochen Nr.																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Schweinefett (g)			3								3							3					
Butter-																							
schmalz (g)																2							
fetter Speck (g)	2	2	3	3	2	4	2	4	3	2	3	3	3	4	4	3	2	5	4	4	2	6	3
Speiseöl (g)	2	3	2	2	3	2	2	3	1	3	2	2	3	2	2	3	4	3	2	3	2	3	3
Plattenfett (g)	3	3	2	2	3	4	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	4
magerer																							
Speck (g)	4		3						2							3		4					

funde vom Kollektiv 0100 lassen erkennen, wie schnell durch eine gezielte Umstellung der Speisefettzufuhr ein positiver biochemischer Effekt im Blutserum zu erreichen ist. Signifikante Veränderungen in der übrigen Nährstoffzufuhr waren im Untersuchungszeitraum nicht der Fall (Abb. 6). Ebenfalls war das Angebot an übrigen Speisefettarten konstant (Tab. 6).

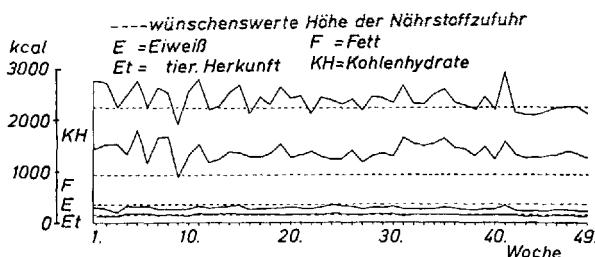


Abb. 6. Durchschnittliche tägliche Kalorienzufuhr pro Woche aus energieliefernden Nährstoffen im Altenheim 0100 zur wünschenswerten Höhe der Zufuhr (je Person).

Diskussion

Der Serumcholesterinspiegel ist in erster Linie alimentär zu beeinflus-
sen, wie häufig nachgewiesen wurde. Entscheidend ist die Art des aufge-
nommenen Nahrungsfettes und die Menge an Cholesterin (23). Durch Pro-
teine, Vitamine und Mineralstoffe wird er nicht beeinflußt (10).

Gesättigte Fettsäuren mit 12, 14, 15 C-Atomen erhöhen den Serumcholesterinspiegel. Fettsäuren mit weniger als 12 C-Atomen zeigen einen geringen oder gar keinen Effekt. Laurinsäure, gesättigt mit 12 C-Atomen, bewirkt den stärksten Anstieg des Serumcholesterins (10). 2 g mehrfach ungesättigte Fettsäuren heben die Wirkung von 1 g gesättigten Fettsäuren auf (P/S-Quotient). Dabei soll Linolsäure die stärkste Wirkung haben (11). Steigt die Anzahl der Doppelbindungen über 2, zeigt sich kein Ergebnis im proportionalen Anwachsen des cholesterinsenkenden Effekts. Die Monoensäuren haben keine sichtbare Wirkung (10). Nach Vergroesen und deBoer (19) ist die Auffassung über ein festes Verhältnis zwischen mehrfach ungesättigten und gesättigten Fettsäuren von 2:1 und die damit

und Woche sonstiger Speisefette (g) im Kollektiv 0100

verbundene Wirkung auf den Cholesterinspiegel nicht länger haltbar. Bei einer Zufuhr von wenigstens 50 g Linolsäure pro Person/d in einer normalen niederländischen Kost (200–500 mg Cholesterin/d, 40–45 kcal % Fett mit etwa 15–20 kcal % unsichtbaren, hauptsächlich gesättigten Fettsäuren) sollen die in der Kost enthaltenen gesättigten Fettsäuren keine erkennbare Beeinflussung des Blutlipidspiegels zeigen.

Hegsted et al. (8) beschreiben andere Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses gesättigter Fettsäuren auf den Serumcholesterinspiegel. Nach ihren Untersuchungen bewirkte Myristinsäure die größte Erhöhung. Palmitinsäure zeigte einen signifikanten, aber weniger großen Effekt als Myristinsäure. Stearin-, Laurin- oder kurzfettige Fettsäuren zeigen keinen Einfluß, ausgenommen wenn ihre Gegenwart die Proportionen Myristin-, Palmitin- und Polyensäuren änderte. Die Erhöhung des Fettanteils von 22 % auf 40 % der Gesamtkalorien bei ausgeglichener Energiebilanz scheint ohne Einfluß auf die Cholesterinwerte zu sein. Die Proportion der Fettsäuren in der Nahrung ist wahrscheinlich von größerer Bedeutung als der prozentuale Fettanteil an der Gesamtkalorienzufuhr. Eine cholesterinsenkende Diät sollte demnach im Gesamt fett aus einem kleinen Anteil Myristin- und Palmitinsäure, einem hohen Anteil Polyensäuren und aus einem geringen Anteil Nahrungscholesterin bestehen.

In Versuchen von McGandy et al. (14) waren Laurin- und Stearinsäure unter den angegebenen Versuchsbedingungen (zufällige Veresterung mit Olivenöl, Saffloröl und MCT²⁾) weniger hypercholesterinämisch als Myristin- und Palmitinsäure. Die Autoren vermuten, daß neben den bekannten Kriterien, wie Kettenlänge und Sättigung, die Position der Fettsäure im Glycerinmolekül für eine cholesterinämische Beeinflussung verantwortlich ist.

Turpeinen (18) konnte in einem langfristigen Versuch nachweisen, daß eine Umstellung der Ernährung im wesentlichen Milchfett durch Ersatz von Sojaöl zu einem niedrigen Serumcholesterinspiegel, einem erheblich höheren Linolsäuregehalt des Fettgewebes und einer beträchtlich niedrigeren Inzidenz zu Koronarkrankheiten führt. Nach Wechsel der Diät war der Trend aller genannten Meßgrößen umgekehrt.

Berg und Altenburg (2) verminderten Serumcholesterinwerte gesunder Probanden durch isokalorischen Ersatz der Butter durch MCT bzw. Margarine um durchschnittlich 25 % bzw. 10 %. Die fäkale Cholesterinexkretion war nach Gabe von MCT oder Margarine signifikant höher als nach Gabe von Butter.

Serumcholesterinwerte beim Menschen sind proportional der Quadratwurzel des in der Nahrung aufgenommenen Cholesterins. Der Effekt von Nahrungscholesterin auf Serumcholesterin ist unabhängig vom Grad der Sättigung (7, 10, 11). 100 mg Cholesterin auf 1000 Kalorien einer cholesterinfreien Diät erhöhen den Serumspiegel um 15 mg % (10).

Nach Hegsted et al. (8) hat Nahrungscholesterin eine lineare Relation zum Serumcholesterin. 100 mg Nahrungscholesterin bewirken einen Anstieg von 5 mg % im Serum. Dieser Wert ist unabhängig vom Nahrungs-fett.

²⁾ Mittelketige Triglyceride

Über den Einfluß von Kohlenhydraten, insbesondere Saccharose, auf den Serumcholesterinspiegel liegen unterschiedliche Ergebnisse vor.

Dumaswala et al. (5) haben nachgewiesen, daß Saccharose den Cholesterinspiegel erhöht.

McGandy et al. (15) berichten von Versuchen mit unterschiedlichen Zuckerdiäten bei gleicher Fett- und Proteinzufluhr. Danach erhöhten sich die Serumcholesterinwerte bei den Probanden, deren Diät einen täglichen Zuckeranteil (Disaccharide) von 222 g enthielt. Die Cholesterinwerte der Probanden, die täglich 72 g Disaccharide zuführten, lagen signifikant niedriger.

Ebenfalls vermuten Lopez et al. (12), daß ein hoher Cholesterinspiegel der Grund einer erhöhten Zuckeraufnahme ist. Nach Auswertung der Daten des Interdepartmental Committee on Nutrition for National Development (ICNND) von 16 Staaten über Nährstoffzufuhr und durchschnittlichen Cholesterinspiegel der Bevölkerung beschreiben die Autoren einen Zusammenhang zwischen Zuckerkonsum und Höhe des Serumcholesterins.

Anderson et al. (1) tauschten in Versuchen Saccharose, Glukose und Laktose isokalorisch untereinander und mit Maisöl aus. Der Austausch der Zucker ergab keine Wirkung. Erst als 100 g Maisöl durch 233 g Saccharose ersetzt wurden, stieg der Serumcholesterinspiegel um durchschnittlich 27 mg %.

Shamma und Al-Khalidi (16) fanden keinen Einfluß bei isokalorischem Austausch von Glukose, Galaktose, Saccharose und Laktose. Nach MacDonald (13) bewirken nur Kohlenhydrate mit gesättigten Fetten kombiniert eine Erhöhung der Serumcholesterinwerte. Irwin et al. (9) fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen einer Zucker-(Saccharose) und einer Reisdiet in Beziehung zu den Cholesterinwerten ihrer Probanden. Keys (10) beschreibt sogar die cholesterinsenkende Wirkung einiger Kohlenhydrate (z. B. Leguminosensamen).

Nach Grande (6) ist der Effekt von Kohlenhydraten auf den Cholesterinspiegel sehr begrenzt. Die Erhöhung durch Kohlenhydrate, die sich in einigen Experimenten gezeigt hat, kann durch die mit Kohlenhydraten verbundene Fett- und Cholesterinaufnahme bedingt sein, weil der Serumspiegel sehr empfindlich auf diese beiden Faktoren reagiert. Wenn Kohlenhydrate gegen gesättigte Fettsäuren ausgetauscht werden, senken sie den Cholesterinspiegel. Werden sie gegen Polyensäuren ausgetauscht, steigt der Serumcholesterinspiegel an.

An Hand der dargelegten Fakten und Ergebnisse ist ersichtlich, daß der Linolsäureanteil in der angebotenen Delikatessmargarine die Senkung der Serumcholesterinwerte im Kollektiv 0100 erwirkt.

Zusammenfassung

Über 49 Wochen wurden in 5 Altenheimen Erhebungen über die Nährstoffzufuhr und biochemische Untersuchungen des Cholesterinblutstatus an 63 Personen beiderlei Geschlechts durchgeführt. In einem Kollektiv konnte durch Einführung einer linolsäurereichen handelsüblichen Delikatessmargarine der Serumcholesterinspiegel aller Probanden erheblich gesenkt werden. Die Durchschnittswerte sanken um 12 % bei der zweiten und um 28 % bei der dritten Blutentnahme. Die verabreichte Margarine hatte einen Linolsäuregehalt von 31,8 %.

Summary

Studies on nutrient supply and biochemical investigations on blood cholesterol state have been performed in 63 male and female persons living in five old people's homes. It has been found that a commercial margarine which was rich in linoleic acid lowered the cholesterol levels of all the volunteers by 12 % and 28 % respectively. The margarine had a content of linoleic acid of 31,8 %.

Literatur

1. Anderson, J. T., F. Grande, Y. Matsumoto and A. Keys, J. Nutrit. **79**, 349 (1963). - 2. Berg, G. und H. Altenburg, Medizin und Ernährung **12**, 6 (1971). - 3. Boehringer, Test-Fibel für Klinik und Labor. Biochemica 1. Aufl. (Mannheim 1970). - 4. Bramkamp, K. und W. Wirths, Intern. J. Vit. Nutr. Res. **43**, 4 (1973). - 5. Dumaswala, U. J., A. J. Modak, P. Divakaran and A. Venkataraman, Lancet 1970, 723. - 6. Grande, F., Amer. J. clin. Nutrit. **20**, 176 (1967). - 7. Grande, F., J. T. Anderson, C. Chlouverakis, M. Proja and A. Keys, J. Nutr. **87**, 52 (1965). - 8. Hegsted, D. M., R. B. McGandy, M. L. Myers and F. J. Stare, Amer. J. clin. Nutrit. **17**, 281 (1965). - 9. Irwin, I., D. D. Taylor and R. M. Feeley, J. Nutrit. **82**, 338 (1964). - 10. Keys, A., Amer. diet. Ass. **51**, 508 (1967). - 11. Keys, A., J. T. Anderson and F. Grande, Metabolism **14**, 747 (1965). - 12. Lopez, A., R. E. Hodges and W. A. Krehl, Amer. J. clin. Nutrit. **18**, 149 (1966). - 13. Macdonald, I., Amer. J. clin. Nutrit. **20**, 345 (1967). - 14. McGandy, R. B., D. M. Hegsted and L. M. Myers, Amer. J. clin. Nutrit. **23**, 1288 (1970). - 15. McGandy, R. B., D. M. Hegsted, L. M. Myers and F. J. Stare, Amer. J. clin. Nutrit. **18**, 237 (1966). - 16. Shamma, A. M. and U. Al-Khalidi, Amer. J. clin. Nutrit. **13**, 194 (1963). - 17. Souci, S. W., W. Fachmann und H. Kraut, Die Zusammensetzung der Lebensmittel (Nährwert-Tabellen). Tabellenwerke in 2 Bänden (Stuttgart 1969). - 18. Turpeinen, O., Medizin und Ernährung **12**, 203 (1971). - 19. Vergroesen, A. J. und J. de Boer, Quantitative und qualitative Effekte mehrfach ungesättigter und anderer Fettsäuren in der menschlichen Diät. Wiss. Veröff. Dtsch. Ges. Ernährung **22**, S. 76 (Darmstadt 1971). - 20. Wirths, W., Internat. Z. Vitaminf. Beiheft **11**, 83 (1968). - 21. Wirths, W., Nahrungsverbrauch und Energieumsatz in bäuerlichen Haushalten. Landwirtschaft - Angewandte Wissenschaft **112**, 16 (Hiltrup/Westf. 1961). - 22. Wirths, W., Methodische Probleme bei der Durchführung von Ernährungserhebungen. Wiss. Veröff. Dtsch. Ges. Ernährung **19**, 47 (Darmstadt 1971). - 23. Wolfram, G., Medizin und Ernährung **12**, 201 (1971).

Anschriften der Verfasser:

Dr. Klaus Bramkamp, 4600 Dortmund, Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Ardeystraße 67. Prof. Dr. Willi Wirths, 4600 Dortmund, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Arbeitsgruppe Angewandte Ernährungsphysiologie.