

Fettsäuren in Schafmilch von unterschiedlichen Höhenlagen

Marius Collomb, Ueli Bütikofer, Jürg Maurer und Robert Sieber, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-3003 Bern
 Auskünfte: Marius Collomb, E-Mail: marius.collomb@alp.admin.ch, Fax +41 31 323 82 27, Tel. +41 31 323 81 33

Zusammenfassung

Schafmilch von drei unterschiedlichen geografischen Standorten wurde auf ihre Fettsäurezusammensetzung untersucht. Zwischen den Milchproben aus dem Tal-, Berg- und Alpagebiet bestehen dabei einige signifikante Unterschiede in der Konzentration verschiedener Fettsäuren. Im Vergleich zum Kuhmilchfett werden nicht immer die gleichen Fettsäuren in der Schafmilch durch die geografische Höhe beeinflusst, wahrscheinlich aus Gründen der spezifischen Fütterungsbedingungen der Schafe wie Weiden auf Naturwiesen oder Zusatz von Konzentraten mit pflanzlichen Fetten. Wie beim Kuhmilchfett ist auch beim Schafmilchfett die Konzentration der konjugierten Linolsäuren (CLA) und der n-3 Fettsäuren in der Alpmilch am höchsten.

Nach unseren Untersuchungen zum Einfluss der Höhenlage unterscheidet sich die Zusammensetzung des Kuhmilchfettes signifikant in verschiedenen Punkten. So stieg der Gehalt der konjugierten Linolsäuren (CLA = conjugated linoleic acid) wie auch der n-3 Fettsäuren (auch als ω -3 bezeichnet) mit steigender Höhe deutlich

Tab. 1. Fettsäuren in Schafmilch unterschiedlicher Höhenlage (n=10 pro Standort; g/100 g Fett)

	Talgebiet		Berggebiet		Alpagebiet		P
	Salvenach		Monible		L'Etivaz		
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Am stärksten vorhanden im Talgebiet							
C18	12,23 ^a	1,00	10,88 ^b	1,67	9,59 ^c	0,88	***
C18:1 c9	19,63 ^a	1,92	17,55 ^b	1,84	14,06 ^c	1,94	***
C18:2 c9c15	0,04 ^a	0,01	0,03 ^b	0,01	0,03 ^b	0,01	**
Am stärksten vorhanden im Tal- und Berggebiet							
C18:1 t13-14+c6-8	1,19 ^a	0,18	1,24 ^a	0,26	1,00 ^b	0,16	*
C18:1 c11	0,48 ^a	0,05	0,52 ^a	0,05	0,43 ^b	0,03	***
C18:1 c12	0,24 ^a	0,02	0,27 ^a	0,05	0,14 ^b	0,03	***
C18:1 c13	0,06 ^a	0,01	0,06 ^a	0,01	0,05 ^b	0,01	**
C19	0,16 ^a	0,02	0,19 ^a	0,02	0,16 ^b	0,02	**
C20:1 c11	0,05 ^a	0,01	0,05 ^a	0,01	0,04 ^b	0,00	***
Am stärksten vorhanden im Tal- und Alpagebiet							
C5	0,05 ^b	0,00	0,06 ^a	0,01	0,05 ^b	0,01	**
C18:2 ttNMID	0,17 ^a	0,04	0,14 ^b	0,03	0,19 ^a	0,03	*
C18:2 t11c15+t9c12	0,67 ^a	0,11	0,55 ^b	0,12	0,71 ^a	0,14	*
Am stärksten vorhanden im Berggebiet							
C5	0,05 ^b	0,00	0,06 ^a	0,01	0,05 ^b	0,01	**
C18:1 t4	0,02 ^b	0,01	0,03 ^a	0,01	0,01 ^c	0,00	***
C18:1 t5	0,02 ^b	0,00	0,03 ^a	0,01	0,01 ^c	0,00	***
C18:1 t6-8	0,27 ^b	0,04	0,32 ^a	0,05	0,22 ^c	0,03	***
C18:1 t9	0,35 ^b	0,03	0,39 ^a	0,06	0,30 ^c	0,03	***
C18:2 c9c12	2,29 ^b	0,23	3,24 ^a	0,39	2,22 ^b	0,33	***
C20:1 t	0,04 ^b	0,01	0,05 ^a	0,01	0,04 ^b	0,01	***
C20:3 (n-6)	0,02 ^b	0,01	0,03 ^a	0,01	0,02 ^b	0,01	***
C20:4 (n-6)	0,16 ^b	0,01	0,22 ^a	0,02	0,12 ^c	0,02	***
C22:6 DHA (n-3)	0,04 ^c	0,01	0,06 ^a	0,02	0,05 ^b	0,01	**
Am stärksten vorhanden im Berg- und Alpagebiet							
C7	0,01 ^b	0,01	0,02 ^a	0,01	0,02 ^a	0,00	*
C12:1c/C13	0,07 ^b	0,01	0,11 ^a	0,02	0,10 ^a	0,01	***

ttel

C15	0,99 ^b	0,06	1,12 ^a	0,11	1,06 ^{ab}	0,09	*
C17	0,56 ^b	0,04	0,64 ^a	0,06	0,65 ^a	0,06	**
C18:3 c9c12c15	1,29 ^b	0,12	1,58 ^a	0,34	1,63 ^a	0,25	*
C22	0,13 ^b	0,02	0,14 ^a	0,01	0,16 ^a	0,02	**
C22:5 DPA (n-3)	0,13 ^b	0,01	0,16 ^a	0,02	0,15 ^{ab}	0,02	**
Am stärksten vorhanden im Algebiet							
C6	1,50 ^c	0,18	1,73 ^b	0,18	2,11 ^a	0,27	***
C8	1,03 ^c	0,18	1,25 ^b	0,16	1,73 ^a	0,31	***
C10	2,68 ^b	0,47	3,26 ^b	0,51	4,79 ^a	1,07	***
C10:1	0,11 ^b	0,02	0,14 ^b	0,04	0,18 ^a	0,03	***
C12	2,05 ^b	0,20	1,90 ^b	0,19	2,65 ^a	0,44	***
C12 aiso	0,03 ^b	0,00	0,03 ^b	0,00	0,03 ^a	0,00	**
C14	7,30 ^b	0,39	6,89 ^b	0,61	8,17 ^a	0,59	***
C14:1c	0,09 ^b	0,02	0,09 ^b	0,03	0,12 ^a	0,03	*
C15 iso	0,27 ^b	0,02	0,28 ^b	0,03	0,31 ^a	0,03	**
C17 iso	0,06 ^b	0,01	0,06 ^b	0,01	0,08 ^a	0,01	***
C17:1t	0,04 ^b	0,01	0,04 ^b	0,01	0,05 ^a	0,01	*
C18:1 t10-11	3,82 ^b	0,69	4,18 ^b	0,74	5,02 ^a	0,59	**
C18:2 c9t11+t8c10+t7c9	1,70 ^b	0,29	1,87 ^b	0,44	2,23 ^a	0,39	*
C18:2 t11c13+c9c11	0,11 ^b	0,03	0,11 ^b	0,03	0,17 ^a	0,04	***
C20:2 c,c (n-6)	0,02 ^c	0,01	0,03 ^b	0,01	0,03 ^a	0,01	***
C20:3 (n-3)	0,01 ^b	0,00	0,01 ^b	0,00	0,02 ^a	0,01	***
C20:5 EPA (n-3)	0,07 ^b	0,01	0,07 ^b	0,01	0,09 ^a	0,01	***
Keine Unterschiede							
C4	3,31	0,32	3,49	0,19	3,38	0,15	n.s.
C12 iso	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	n.s.
C13 iso	0,12	0,02	0,14	0,03	0,14	0,02	n.s.
C14 iso	0,31	0,02	0,32	0,05	0,31	0,03	n.s.
C14:1t	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	n.s.
C14 aiso	0,54	0,08	0,58	0,10	0,59	0,08	n.s.
C16	20,02	0,80	19,97	2,07	19,88	0,85	n.s.
C16 iso	0,44	0,02	0,45	0,05	0,41	0,04	n.s.
C16:1t	0,36	0,06	0,38	0,10	0,45	0,09	n.s.
C16 aiso	0,47	0,04	0,49	0,07	0,47	0,04	n.s.
C16:1c	0,59	0,10	0,55	0,09	0,58	0,11	n.s.
C17 aiso	0,21	0,02	0,21	0,03	0,20	0,03	n.s.
C18:1 t12	0,36	0,04	0,36	0,04	0,32	0,05	n.s.
C18:1 c14+t16	0,50	0,07	0,46	0,08	0,45	0,05	n.s.
C18:2 t9t12	0,02	0,01	0,02	0,07	0,02	0,01	n.s.
C18:2 c9t13+(t8c12)	0,50	0,05	0,45	0,09	0,42	0,09	n.s.
C18:2 c9.t12+(c,c-MID+t8c13)	0,43	0,03	0,42	0,05	0,36	0,11	n.s.
C20	0,28	0,02	0,30	0,02	0,29	0,04	n.s.
C18:3 c6c9c12	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	n.s.
C20:1 c5	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	n.s.
C20:1 c9	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	n.s.
C18:2 t9t11	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	n.s.

\bar{x} : Mittelwert, s_x : Standardabweichung; DPA = Docosapentaensäure; EPA = Eicosapentaensäure; DHA = Docosahexaensäure
 Werte mit hochgestellten Buchstaben sind signifikant verschieden (Fisher LSD-Test, $P \leq 0,05$): ^a = höchste Konzentration
 (a > b > c); ANOVA: n.s. = nicht signifikant, $P > 0,05$; * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$

an (Collomb *et al.* 2001). Aber auch bei den anderen Fettsäuren waren teilweise deutliche Unterschiede festzustellen (Collomb *et al.* 2002a). Dabei scheint die Vielfalt der Pflanzen in den Naturwiesen der Berg- und Alpgebiete und den Kunstwiesen des Talgebietes ein nicht zu unterschätzender Faktor zu sein (Collomb *et al.* 2002b). Nach Leiber (2005) soll dabei ein durch die Höhe wie auch durch Änderungen der Pansenflora bedingter Energiemangel wie auch die Hemmung der Biohydrierung im Pansen durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie Tannine eine wichtige Rolle spielen. Was die n-3 Fettsäuren betrifft, wurden unsere Resultate durch Hauswirth *et al.* (2004) bestätigt, die in Käse aus dem Saanenland einen höheren Anteil nachwiesen.

Angaben zur Fettsäurezusammensetzung von Schafmilch (Hampel *et al.* 2004; Jahreis *et al.* 1999; Ruiz-Sala *et al.* 1996), über deren fütterungsbedingte Beeinflussung (Addis *et al.* 2005; Cabiddu *et al.* 2005; Kitessa *et al.*

2003) wie auch über den CLA-Gehalt (Hampel *et al.* 2004; Jahreis *et al.* 1999; Luna *et al.* 2005) sind in der Literatur vorhanden, doch fehlen nach unseren Kenntnissen solche zum Vorkommen in Schafmilch des Tal-, Berg- und Alpgebietes. Es ist zu erwarten, dass wie Kuhmilch auch Schafmilch in der Zusammensetzung der Fettsäuren auf die Höhenlage anspricht. Es war deshalb unser Ziel, diese Hypothese mit Milch aus dem Tal-, Berg- und Alpgebiet zu überprüfen.

Fettsäuren unterscheiden sich

Die Fettsäurezusammensetzung von Schafmilch aus dem Tal (Salvenach, FR), Berg- (Monible, BE) und Alpgebiet (L'Etivaz, VD) weist verschiedene statistisch signifikante Unterschiede auf (Tab. 1). Folgende Fettsäuren sind dabei zu erwähnen, bei denen der Gehalt mit steigender Höhenlage ansteigt (es werden im Folgenden nur jene Fettsäuren aufgezählt, deren statistischer Unterschied hoch signifikant ist

($P \leq 0,001$) und deren Gehalt mehr als 0,1 g/100 g Fett beträgt): Caprin- (C6), Capryl- (C8), Capron- (C10), Caprolein- (C10:1), Laurin- (C12), Myristin- (C14), iso-Pentadecan- (C15 iso), Octadecensäure t10+t11 (C18:1 t10-11) und verschiedene CLA-Iso-mere (C18:2 c 9t11+t8c10+t7c9, C18:2 t11c13+c9c11), während der Gehalt der Stearin- (C18) und der Ölsäure (C18:1 c9) mit steigender Höhenlage abnimmt.

Wie für die Kuhmilch (Collomb *et al.* 2002a) ist die Konzentration der α -Linolensäure (C18:3 c9c12c15), der wichtigsten n-3 Fettsäure im Milchlipp, und der gesamten CLA in der Schafmilch des Berg- und Alpgebietes am höchsten (Tab. 2). Für die anderen Fettsäuren ist wenig Übereinstimmung zwischen den beiden Versuchen festzustellen, was folgendermassen erklärt werden kann:

1. Im Talgebiet werden die Schafe auf Naturwiesen geweidet, während die Kühe mit Gras von Kunstwiesen gefüttert wurden. Nach noch nicht publizierten Resultaten von ALP sind die Unterschiede in der Konzentration der Fettsäuren zu einem grossen Teil mit der unterschiedlichen Herkunft des Futters zu erklären. Eine im Vergleich zu derjenigen von Kühen, die Gras von Kunstwiesen als Futter erhalten hatten, um 0,5 g/100 g Fett erhöhte Konzentration von CLA wurde in der Milch von Kühen, die mit Gras von Naturwiesen gefüttert wurden, festgestellt.

2. An Schafe werden gewöhnlich Konzentrate mit 5 bis 6 g pflanzlichem Fett/100 g verabreicht (Tab. 3). Dies könnte ebenfalls zu feststellbaren Unterschieden in der Konzentration der Fettsäuren der Milch führen, vor allem wenn das Gewicht der Schafe berücksichtigt wird. Die verfütterten Mengen (400 g pro Tier im Tal-, 300 g im Berg- und 160 g im Alpgebiet können

Tab. 2. Vergleich der Fettsäurezusammensetzung von Schaf- und Kuhmilch unterschiedlicher Höhenlage

Am stärksten vorhanden im	Schafmilch	Kuhmilch
Talgebiet	C18, C18:1 c9, C18:2 c9c15	C4, C6, C7, C8, C10, C10:1, C12, C12 aiso, C12:1+C13, C14, C14:1 c, C16, C16:1 c
Tal- und Berggebiet	C18:1 t13-14+c6-8, C18:1 c11, C18:1 c12, C18:1 c13, C20:1 c11	C20:1 c11, C22
Tal- und Alpgebiet	C5, C18:2 ttNMID, C18:2 t11c15+t9c12	C17 aiso, C18:1 t13-14+c6-8, C18:1 c14+t16
Berggebiet	C18:1 t4, C18:1 t5, C18:1 t6-8, C18:1 t9, C18:2 c9c12, C20:1 t, C20:3 (n-6), C20:4 (n-6)	C18, C18:1 t4, C18:1 c9, C18:1 t9, C20, C20:1 c9, C20:3 (n-3),
Berg- und Alpgebiet	C7, C12:1c/C13, C15, C17, C18:3 c9c12c15, C22, C22:5 DPA (n-3)	C13 iso, C14 iso, C15, C15 iso, C16 iso, C16 aiso, C17, C17 iso, C18:2 c9c12 (n-6), C18:1 t6+8, C18:1 t9t11, C20:1 t, C20:2 cc (n-6), C20:4 (n-6)
Alpgebiet	C6, C8, C10, C10:1, C12, C14, C14:1c, C15 iso, C17 iso, C17:1t, C18:1 t10-11, C18:2 c9t11+t8c10+t7c9, C18:2 t11c13+c9c11, C20:3 (n-3), C20:5 EPA (n-3)	C14 aiso, C16:1 t, C17:1 t, C18:1 t10-11, C18:1 c11, C18:2 ttNMID, C18:2 t11t15 (n-3)+t9c12, C18:2 c9t11, C18:2 c9c11 (t11c13), C18:1 t12 (n-6), C18:2 t9t12 (n-6), C18:2 c9t13+t8c12, C18:2 c9t12 (n-6)+(ccMID+t8c13), C18:3 c9c12c15 (n-3)

den erhöhten Gehalt an Öl- und Stearinsäure in der Schafmilch des Talgebietes auf Grund der Konzentration der ungesättigten Fettsäuren im Konzentrat und deren Biohydrierung im Pansen der Wiederkäuer erklären. Deshalb ist der Gehalt an gewissen gesättigten Fettsäuren in der Schafmilch des Berggebietes höher als in derjenigen des Talgebietes.

Fettsäuregruppen

Diese Unterschiede bei den einzelnen Fettsäuren wirken sich auch auf die verschiedenen Fettsäuregruppen aus (Tab. 4). Die Summe der kurzkettigen Fettsäuren war in der Milch des Alpgebietes am höchsten, während umgekehrt die langkettigen Fettsäuren in der Milch des Talgebietes dominierten. Die gesättigten Fettsäuren dominierten in der Alpmilch aus den oben erwähnten Gründen. Die Summe der ungesättigten wie auch der einfach ungesättigten Fettsäuren ist in der Milch des Tal- und Berggebietes stärker vorhanden als in der Alpmilch, während dies bei den mehrfach ungesättigten Fettsäuren für die Berg- und Alpmilch zutrifft. Jahreis *et al.* (1999) fanden in Schafmilch einen Gehalt von einfach ungesättigten Fettsäuren von 23,0 und von mehrfach ungesättigten von 3,85 % der gesamten Fettsäuremethylester (FAME).

Das Gleiche gilt auch für CLA

Die konjugierten Linolsäuren kommen praktisch nur im Fett von Milch und Fleisch vor. Ihnen wird in der Wissenschaft eine hohe Bedeutung zugemessen. Sie weisen verschiedene interessante physiologische Funktionen wie antimutagene, krebshemmende und Blutdruck senkende Wirkung, Verstärkung der Immunfunktionen, Reduktion des Körperfettes auf, die vor allem in Tierversuchen festgestellt wurden, aber für den Menschen noch

bestätigt werden müssen (Pariza 2004; Roche *et al.* 2001).

Gesamt-CLA

Wie schon beim Kuhmilchfett bestätigt sich auch beim Schafmilchfett ein in Bezug auf die Fütterung höhenabhängiges Auftreten der gesamten CLA (Tab. 4). Im Gegensatz zum Kuhmilchfett, bei dem sich die CLA im Fett von Tal-, Berg- und Alpmilch mit 0,87, 1,61 und 2,36 g/100 g Fett unterschieden (Collomb *et al.* 2001), beschränken sich beim Schafmilchfett die signifikanten Unterschiede nur zwischen dem Tal- (1,85) und Berggebiet (2,01) gegenüber dem Alpgebiet (2,43 g/100 g Fett). Der Gehalt der Schafmilch an gesamtem CLA war im Tal- und Berggebiet verglichen mit dem Kuhmilchfett deutlich höher und mit der Alpmilch vergleichbar.

Tab. 3. Zusammensetzung des Kraftfutters

Kraftfutter	Salvenach	Monible	L'Etivaz
	UFA 242	UFA 277 Bio	UFA 272 17 %
Rohprotein, g/100g	17,0	39,0	17,0
Rohfett, g/100g	5,5	5,5	5,5
Rohfaser, g/100g	5,5	9,0	8,5
NEL, mJ / kg	7,0	6,7	7,0
Ca, g / kg	8,0	9,5	10,0
P, g / kg	5,5	7,0	5,0
Na, g / kg	1,5	1,5	1,6

Diese Unterschiede im Talgebiet hängen mit der botanischen Zusammensetzung des Grases zusammen. Die Schafe wurden auf natürlichen Wiesen und die Kühe auf Kunstwiesen geweidet.

Unser Resultat an gesamtem CLA in der Milch des Talgebietes ist mit demjenigen von Hampel *et al.* (2004) vergleichbar, die in der Milch von Ostfriesischen Milch-

Tab. 4. Zusammenstellung der Gruppen von Fettsäuren in Schafmilch unterschiedlicher Höhenlage (g/100 g Fett)

	Talgebiet		Berggebiet		Alpgebiet		P
	Salvenach		Monible		L'Etivaz		
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Σ kurzkettige ¹	8,69 ^c	0,95	9,96 ^b	1,00	12,26 ^a	1,69	***
Σ mittelkettige ²	33,69 ^{ab}	1,21	33,30 ^b	2,64	35,31 ^a	1,23	*
Σ langkettige ³	48,47 ^a	1,88	47,06 ^a	3,64	41,79 ^b	2,68	***
Σ gesättigte ⁴	54,78 ^b	2,14	54,43 ^b	2,40	57,25 ^a	2,13	*
Σ gesättigte C12, C14, C16	29,37	1,14	28,75	2,66	30,71	1,21	n.s.
Σ C18:1	26,94 ^a	1,53	25,39 ^a	1,95	22,00 ^b	1,90	***
Σ C18:2	5,97 ^b	0,44	6,86 ^a	0,52	6,37 ^{ab}	0,82	*
Σ ungesättigte ⁵	36,01 ^a	1,81	35,78 ^a	2,55	32,01 ^b	2,88	**
Σ einfachungesättigte ⁶	28,24 ^a	1,54	26,69 ^a	1,96	23,47 ^b	2,07	***
Σ mehrfachungesättigte ⁷	7,73 ^b	0,43	9,04 ^a	0,79	8,50 ^a	0,97	**
Σ CLA ⁸	1,85 ^b	0,32	2,01 ^b	0,47	2,43 ^a	0,42	*
Σ C18:1 t ⁹	6,03 ^b	0,72	6,54 ^{ab}	0,75	6,88 ^a	0,57	*
Σ C18:2 t ohne CLA t ¹⁰	1,78	0,15	1,58	0,18	1,69	0,29	n.s.
Σ C18:2 t mit CLA t ¹¹	3,53	0,38	3,48	0,56	3,96	0,66	n.s.
Σ trans ohne CLA t ¹²	8,26	0,87	8,59	0,85	9,11	0,66	n.s.
Σ trans mit CLA t ¹³	10,00 ^b	1,05	10,49 ^{ab}	1,17	11,38 ^a	1,00	*
Σ n-3 ¹⁴	2,25 ^b	0,12	2,47 ^{ab}	0,34	2,68 ^a	0,30	**
Σ n-6 ¹⁵	3,55 ^b	0,25	4,60 ^a	0,45	3,25 ^b	0,40	***

¹C4 bis C10:1; ²C12 bis C16:1c; ³C17 bis C22:6; ⁴C4 bis C10, C12, C12 iso, C12 aiso, C13 iso, C14, C14 iso, C14 aiso, C15, C15 iso, C16, C16 iso, C16 aiso, C17, C17 iso, C17 aiso, C18, C19, C20 und C22; ⁵C10:1, C14:1 ct, C16:1 ct, C17:1 t, C18:1 t4 bis C18:1 c14t16, C18:2 ttNMID bis C18:2 c9c15, C20:1 t bis C20 :2 cc, C20:3(n-6) à C22:6 (n-3); ⁶C10 :1, C14:1 ct, C16:1 ct, C17:1 ct, C18:1 -t4 bis C18:1 c14t16, C20:1 t, C20:1 c5 bis C20:1 c11; ⁷C18:2 -ttNMID bis -c9c15, C18:3 -c6c9c12, C18:3 c9c12c15 bis C20:2 cc, C20:3 bis C22 :6; ⁸CLA total = Summe (C18:2 c9t11+t8c10+t7c9) + (C18:2 t11c13+c9c11), C18:2 t9t11); ⁹C18:1 t4 bis C18:1 t13-14+ c6-8; ¹⁰C18:2 ttNMID bis C18:2 t11c15 + C18:2 t9c12); ¹¹C18:2 trans + CLA trans (Summe (C18:2 c9t11+t8c10+t7c9) + (C18:2 t11c13+c9c11) + C18:2 t9t11)); ¹²C14:1 t, C16:1 t, C17:1 t, C20:1t, C18:1 t + C18:2 t (ohne CLA t); ¹³C14:1 t, C16:1 t, C17:1 t, C20:1 t, C18:1 t + C18:2 t + CLA t; ¹⁴C18:2 t11c15 + C18:2 c9c15, C18:3 c9c12c15, C20:3 n-3, C20:5, C22:5 und C22:6; ¹⁵C18:1 t12, C18:1 c12, C18:2 t9t12, C18:2 c9t12+ (c,c-MID +t8c13), C18:2 c9c12, C18:3 c6c9c12, C20:2 cc, C20:3 n-6 und C20:4 n-6. ANOVA Signifikanzen: siehe Tabelle 1.

Tab. 5. HPLC-Bestimmung der CLA-Isomeren in Schafmilch unterschiedlicher Höhenlage
(n = 10 pro Ort; g/100 g Fett)

Fettsäure	Talgebiet		Berggebiet		Alpgebiet		P
	Salvenach		Monible		L'Etivaz		
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
C18:2 t12t14	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	n.s.
C18:2 t11t13	0,12 ^a	0,03	0,09 ^b	0,02	0,09 ^b	0,01	*
C18:2 t10t12	0,01 ^a	0,00	0,01 ^a	0,00	0,01 ^b	0,00	***
C18:2 t9t11	0,05 ^a	0,01	0,04 ^b	0,01	0,05 ^a	0,01	*
C18:2 t8t10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	n.s.
C18:2 t7t9	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	n.s.
C18:2 t6t8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	n.s.
Summe CLA t,t	0,23 ^a	0,05	0,19 ^b	0,04	0,20 ^{ab}	0,02	*
C18:2 12,14	0,02 ^a	0,01	0,01 ^b	0,00	0,01 ^b	0,00	**
C18:2 t11c13	0,11 ^b	0,03	0,11 ^b	0,03	0,17 ^a	0,04	***
C18:2 c11t13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	n.s.
C18:2 t10c12	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	n.s.
C18:2 c9t11	1,60 ^b	0,28	1,75 ^b	0,43	2,12 ^a	0,38	*
C18:2 t8c10	0,04	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	n.s.
C18:2 t7c9	0,06 ^b	0,01	0,07 ^a	0,01	0,06 ^b	0,01	***
Summe CLA c,t / t,c	1,84 ^b	0,32	2,01 ^b	0,46	2,42 ^a	0,42	*
Summe CLA	2,07 ^b	0,31	2,20 ^b	0,48	2,62 ^a	0,43	*

ANOVA Signifikanzen: siehe Tabelle 1

schafen der Weide- und Stallperiode einen Gehalt an CLA von 1,58 und 1,76 (gesamt 1,62) g /100 g Fett fanden. Dagegen fanden Jahreis *et al.* (1999) in Schafmilch einen mittleren Gehalt an gesamtem CLA von 1,08 % FAME und Luna *et al.* (2005) in fünf verschiedenen Schafherden einen solchen von 0,74 % FAME. Dabei unterschieden sich in letzterer Arbeit die einzelnen Herden teilweise: Manchega 0,62, Assaf 0,57, Castellana-Assaf 0,62, Churra 0,96 und Awassi 0,97% FAME.

CLA-Isomere

Unter den 28 möglichen CLA-Isomeren, die in der Mehrzahl in Schaf- und Kuhmilch in gerin-

gen Konzentrationen vorhanden sind, konnten deren 14 getrennt werden. Mit teilweise über 80 % dominierte das Isomer c9t11, gefolgt von den Isomeren t11c13, t11t13, t7c9 und t8c10 (Tab. 5). Wie bei der Kuhmilch (Collomb *et al.* 2004) ist der Gehalt der CLA t11c13 im Berggebiet am höchsten und damit bestätigt sich, dass dieses CLA-Isomer ein guter Indikator für Milchprodukte aus höheren Lagen sein kann.

Nach Hampel *et al.* (2004) finden sich in 100 g Schafmilchfett folgende Gehalte an einigen CLA-Isomeren: 1,07 g c9t11, 0,01 g t10c12, 0,11 g t11c13, 0,06 g c9c11, 0,29 g t9t11 und 0,05 g

andere Isomere, wobei sich diese Werte zwischen der Weide- und Stallperiode mit Ausnahme des c9t11-Isomeren (1,03 versus 1,19 g) nur geringfügig unterschieden. In einer anderen Arbeit der gleichen Arbeitsgruppe (Jahreis *et al.* 1999) konnte in Schafmilch ein jahreszeitlich abhängiger Gehalt von c9t11-CLA festgestellt werden: im Juli 1,28 und im März 0,54 % FAME. Luna *et al.* (2005) identifizierten in Schafmilch 16 CLA-Isomere. Doch waren die Profile der CLA-Isomere in den fünf untersuchten Schafherden unterschiedlich. Mit mehr als 75 % der gesamten CLA dominierte dabei c9t11. Danach folgten t11t13, c11t13+t11c13 und c7t9+C18:2 t/c.

Auswahl der Proben

Die untersuchten Milchproben stammen von je einem Betrieb in Salvenach (560 m, Tal), Monible (1000 m, Berggebiet) und L'Etivaz (1500-1600 m, Alpgebiet). Die Schafe gehörten der Rasse Ostfriesen und Lacaune an. Zusätzliche Informationen zum Versuch (Rasse, Anzahl der Tiere, Laktationsstadium und die Art des Futters sowie der Zeitpunkt der Probenahme) sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die Menge des verabreichten Kraftfutters unterschied sich zwischen Tal- und Berggebiet kaum, wohl aber zum Alpgebiet, dagegen war deren Zusammensetzung mit Ausnahme des Rohproteins ziemlich ähnlich (Tab. 3). Es wurden Einzelmilchproben untersucht und die Mittelwerte angegeben.

Tab. 6. Eigenschaften der untersuchten Herden und des Futtertyps für jeden Ort

Parameter	Talgebiet	Berggebiet	Alpgebiet
	Salvenach	Monible	L'Etivaz
Rasse	Ostfriesen	Ostfriesen	Lacaune
Herde, Anzahl Tiere	90	50	300
Betriebs-/Weidehöhe, m	560	1000	1500-1600
Laktationsmonat	1-2	2-3	6
Futter	Weide	Weide	Weide
Kraftfutter, g / Tag	400	300	160
Mineralsalze, g / Tag	Leckstein	50	Leckstein
Probenahme (Alpsaison)	Ende Juni 2004	Ende Juni 2004	Mitte Juli 2004

Bestimmung der Fettsäuren und der CLA Isomere

Die Bestimmung der Fettsäuren sowie der CLA und ihrer Isomere wurde mit Hilfe der Gas-Chromatografie (Collomb und Bühler 2000) und diejenige der CLA-Isomere mit Hilfe der Silberionen-Hochleistungs-Flüssigkeitschromatografie (Ag⁺-HPLC) durchgeführt (Collomb *et al.* 2004). Für erstere wurde ein Agilent 6890

Gaschromatograf mit einem on-column-Injektor und einem Flammenionisationsdetektor verwendet. Dabei wurde das reine Milchlipid in Hexan aufgelöst und die Glyceride wurden mit Hilfe von methanolischem KOH zum entsprechenden Methyl ester umgeestert. Auf einer Kapillarsäule CP-Sil 88 (100 m x 0,25 mm x 0,20 µm) wurden die Fettsäuren aufgetrennt und mit Hilfe des Nonansäuremethylesters als internem Standard quantifiziert. Die Auftrennung der einzelnen CLA-Isomere mit Ag⁺-HPLC (Agilent LC 1100, versehen mit einem UV-Detektor bei 234 nm) erfolgte auf drei ChromSpher 5-Kolonnen in Serie (Chrompack in Stahl, 250 x 4,6 mm, Korngrösse 5 µm). Die Konzentration der einzelnen Isomere wurde mit Hilfe der drei, mit dem GC-Gerät nicht getrennten Isomere t7c9+t8c10+c9t11 berechnet. Die Resultate der ungefähr 70 Fettsäuren und der CLA-Isomere werden in absoluten Werten (g Fettsäure pro 100 g Fett) angegeben.

Literatur

- Addis M., Cabiddu A., Pinna G., Decandia M., Piredda G., Pirisi A. & Molle G., 2005. Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9,trans-11. *J. Dairy Sci.* **88**, 3443-3454.
- Cabiddu A., Decandia M., Addis M., Piredda G., Pirisi A. & Molle G., 2005. Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. *Small Rumin. Res.* **59**, 169-180.
- Collomb M. & Bühler T., 2000. Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait, I. Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution. *Trav. Chim. Aliment. Hyg.* **91**, 306-332.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Bosset J.O. & Jeangros B., 2001. Conjugated linoleic acid and trans fatty acid composition of cows' milk fat produced in lowlands and highlands. *J. Dairy Res.* **68**, 519-523.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Jeangros B. & Bosset J.O., 2002a. Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the Lowlands, Mountains and Highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *Int. Dairy J.* **12**, 649-659.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Jeangros B. & Bosset J.O., 2002b. Correlation between fatty acids in cows' milk fat produced in the Lowlands, Mountains and Highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int. Dairy J.* **12**, 661-666.
- Collomb M., Sieber R. & Bütikofer U., 2004. CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids* **39**, 355-364.
- Hampel K., Schöne F., Böhm V., Leiterer M. & Jahreis G., 2004. Zusammensetzung und ernährungsphysiologische Bedeutung von Schafmilch und Schafmilchprodukten. *Dtsch. Lebensm.-Rundsch.* **100**, 425-430.
- Hauswirth C.B., Scheeder M.R.L. & Beer J.H., 2004. High omega-3 fatty acid content in alpine cheese. The basis for an alpine paradox. *Circulation* **109**, 103-107.
- Jahreis G., Fritsche J., Möckel P., Schöne F., Möller U. & Steinhart H., 1999. The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9,trans-11 C18:2, in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman. *Nutr. Res.* **19**, 1541-1549.
- Kitessa S.M., Peake D., Bencini R. & Williams A.J., 2003. Fish oil metabolism in ruminants - III. Transfer of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) from tuna oil into sheep's milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* **108**, 1-14.
- Leiber F., 2005. Causes and extent of variation in yield, nutritional quality and cheese-making properties of milk by high altitude grazing of dairy cows. Dissertation ETH Zürich Nr. 15735, 1-132.
- Luna P., Fontecha J., Juárez M. & de la Fuente M.A., 2005. Conjugated linoleic acid in ewe milk fat. *J. Dairy Res.* **72**, 415-424.
- Pariza M.W., 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* **79**, 1132S-1136S.
- Roche H.M., Noone E., Nugent A. & Gibney M.J., 2001. Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutr. Res. Rev.* **14**, 173-187.
- Ruiz-Sala P., Hierro M.T.G., Martínez-Castro I. & Santa-Maria G., 1996. Triglyceride composition of ewe, cow, and goat milk fat. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **73**, 283-293.

RÉSUMÉ

Composition en acides gras du lait de brebis à diverses altitudes

La composition en acides gras a été déterminée dans du lait de brebis provenant de plaine et des étages montagnard et subalpin. On a constaté des différences significatives entre les laits provenant des 3 altitudes. Dans le lait de brebis, les acides gras dont les concentrations varient en fonction de l'altitude ne sont pas toujours les mêmes que dans le lait de vache, probablement en raison des conditions d'affouragement spécifiques aux brebis (pâturage sur des prairies naturelles, adjonction de concentrés contenant des graisses végétales). Cependant, comme dans le lait de vache, les concentrations en CLA et en oméga-3 du lait de brebis étaient les plus élevées dans le lait provenant de la plus haute altitude.

SUMMARY

Fatty acids composition of ewe's milk at different altitudes

The fatty acid composition was determined in ewe's milk (pasture feeding), originating from plain, subalpine and alpine areas. Significant differences were encountered in the milk of the three origins. Compared to cow milk, the fatty acids which differed significantly depending on the altitude were often different, probably because of the different fodder specific for sheep (grazing on natural grassland, addition of concentrates containing vegetable fatty acids). However, similarly to cow milk, the concentrations of CLA and omega-3 fatty acids in sheep milk was higher in the milk originating from the higher altitude.

Key words: ewe's milk, fatty acids, conjugated linoleic acid, CLA, altitude