

Lebensmi

Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch

Walter Bisig^{1,2}, Marius Collomb², Ueli Bütikofer², Robert Sieber², Mirjam Bregy¹, Luzi Etter¹

¹Berner Fachhochschule, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, CH-3052 Zollikofen

²Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-3003 Bern

Auskünfte: Walter Bisig, E-Mail: walter.bisig@shl.bfh.ch, Fax: +41 31 91022 99, Tel. +41 31 910 21 67

Zusammenfassung

Der Einfluss der typischen Fütterung in den fünf Bergregionen Engadin, Rheinwald, Emmental, Luzerner Hinterland und Toggenburg auf die Fettsäurezusammensetzung der Milch wurde während eines Jahres von Mai 2004 bis April 2005 untersucht. Die durchschnittliche Höhenlage der Grünfütterproduktion betrug 1'247 ± 465 m für das Sommerfutter und 1'136 ± 310 m für das Winterfutter. Im Vergleich zu Wintermilch wies Sommermilch um 8,6 % signifikant tiefere Konzentrationen an gesättigten Fettsäuren (SFA) auf. Die einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) waren im Sommer um 19,9 % höher, mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA) um 21,7 %, konjugierte Linolsäuren (CLA) um 70,1 % und trans-Fettsäuren ohne CLA um 56,7 %. Sommer- und Wintermilch unterschieden sich nicht signifikant bezüglich der n-3 und der n-6 Fettsäuren. Trotzdem war die mengenmässig bedeutendste n-3 Fettsäure, die α -Linolensäure, im Sommer signifikant höher als im Winter. Ihr Gehalt war auch positiv korreliert mit dem Grünlandfutteranteil und mit der Höhenlage. Eine Vermarktung der gesundheitlichen Vorteile von Bergmilch ist im Moment in der Schweiz aus rechtlichen Gründen nicht möglich.

Die Bergregionen der Schweiz sind wichtige Grünlandgebiete und für die Milchproduktion und die Käseherstellung gut geeignet. Innovative Wege zur Steigerung der Wertschöpfung der produzierenden und verarbeitenden

den Milchwirtschaft in den Berggebieten sind wichtig. Bessere Kenntnisse über die MilCHFettsäurezusammensetzung, insbesondere den Gehalt an ernährungsphysiologisch bedeutenden Fettsäuren (FA) und die beeinflussenden

Faktoren in den Untersuchungsgebieten können als Grundlage dazu dienen, Produkte mit Mehrwert herzustellen und diesen auch zu kommunizieren.

Nach verschiedenen, im Sommer durchgeführten, Studien in Österreich, Deutschland, Frankreich und der Schweiz unterscheidet sich die Fettsäurezusammensetzung von Kuhmilch zwischen Berggebieten und dem Flachland (Bugaud *et al.* 2001; Collomb *et al.* 2002a, 2002b; Collomb *et al.* 2004; Kraft *et al.* 2003; Leiber *et al.* 2005). In Milch der Bergregion wurden generell höhere Konzentrationen der mengenmässig wichtigsten n-3 FA (α -Linolensäure, ALA) und deutlich tiefere Konzentrationen an gesättigten Fettsäuren (SFA) gefunden. Nach Leiber *et al.* (2005) soll die Zunahme des Gehaltes an ALA in alpiner Sommermilch hauptsächlich auf die Weidefütterung und die geringe oder fehlende Kraftfuttergabe zurückzuführen sein, verstärkt sowohl durch spezifische Körperfettmobilisation bei Kühen mit höhenbedingtem Sauerstoffdefizit als auch durch reduzierte Biohydrierung. Letztere wird durch Energiedefizit oder sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie Polyphenole und Terpenoide beeinflusst. Auch die Konzentration der konjugierten Linolsäuren (CLA) war in Sommermilch von Alpen (1275 – 2120 m ü.M.) erhöht (2,51 ± 0,28 g/100g Fett) und wurde auf Weideeffekte und die vielfältigere botanische Zusammensetzung von Bergwiesen zurückgeführt (Collomb *et*

Tab. 1. Mittelwerte der Futterzusammensetzung und der Milchmengen im Sommer und im Winter

Futter	Sommer		Winter		Signifikanz (P)		
	\bar{X}	s_x	\bar{X}	s_x	Grp.	GLF %	HGLF
Rücklauf Fragebogen, %	69	24	69	20			
Menge Mischmilch, kg/Tag	2695	1997	3161	2592	ns	**	ns
Total Ration, kg TS/Tag und Kuh	16,77	1,06	17,62	1,00	***	***	- *
Anteil Grünlandfutter (GLF), %	92	5	81	4			
Anteil frisches Gras, %	74	23	0	1	***	***	+ *
Anteil Grassilage, %	1	4	11	14	*	ns	ns
Anteil Heu, %	16	17	69	14	***	***	- ns
Anteil Ganzmais-Silage, %	0	1	2	2	ns	*	- ns
Anteil Raufutter, %	93	4	88	3	**	***	+ ns
Anteil Krafffutter, %	6,8	4,3	12,5	3,3	**	***	- ns
Getreidemischung, %	4,8	3,5	4,7	1,9	***	***	- ***
Proteinausgleichsfutter, %	0,3	0,4	1,1	0,8	ns	***	- ns
Milchleistungsfutter, %	1,5	1,9	6,4	2,6	***	***	- ***
Höhenlage Grünlandfutter-Anbau, m ü.M.	1247	465	1136	310	***	***	+ ***

Sommer: Mai bis Oktober, Winter: Dezember bis März, Grp. (Gruppe): Sommer im Vergleich zu Winter, GLF = Anteil Grünlandfutter, HGLF=Höhenlage GLF, n=Anzahl Proben, \bar{X} = Mittelwert, s_x = Standardabweichung, P = Fehlerwahrscheinlichkeit: * = P ≤ 0,05, ** = P ≤ 0,01, *** = P ≤ 0,001, ns = nicht signifikant P > 0,05, ± = positiv oder negativ korreliert mit Anteil GLF bzw. Höhenlage GLF.

al. 2004). Ungünstigere Umweltbedingungen für Kühe in den Bergen könnten Unterschiede in der FA-Zusammensetzung von Milchfett ebenfalls erklären.

In der vorliegenden Studie werden erstmals der Einfluss der Sommer- und der Winterfütterung, des Anteils an Grünlandfutter (GLF) sowie der Höhenlage der GLF-Produktion auf die Milchfettzusammensetzung unter Praxisbedingungen in fünf Schweizer Bergregionen untersucht.

Ziele, Vorgehensweise und Analysemethoden

Von Mai 2004 bis April 2005 wurde monatlich Mischmilch von zwölf Molkereien und Käseereien im Schweizer Berggebiet gesammelt. Die Kühe der fünf untersuchten Bergregionen Engadin, Rheinwald, Toggenburg, Luzerner Hinterland und Oberes Emmental erhielten die übliche Fütterung. Die Fütterungsdaten stammen aus einer schriftlichen Befragung der Landwirte. Für die Weidesaison mussten Daten teilweise durch Schätzungen basierend auf der Milchleistung ergänzt werden. Die Höhenlage der Grünlandfutterproduktion für den Sommer betrug 1247 ± 465 m ü.M. und für den Winter 1136 ± 310 m ü.M. Insgesamt wurden 71 Mischmilchen der Sommersaison (Mai bis Oktober) und 48 der Wintersaison (Dezember bis März) untersucht. Wegen der Fütterungsumstellung zwischen den beiden Jahreszeiten wurden die Resultate der Monate April und November nicht in die Auswertungen einbezogen. Die Her-

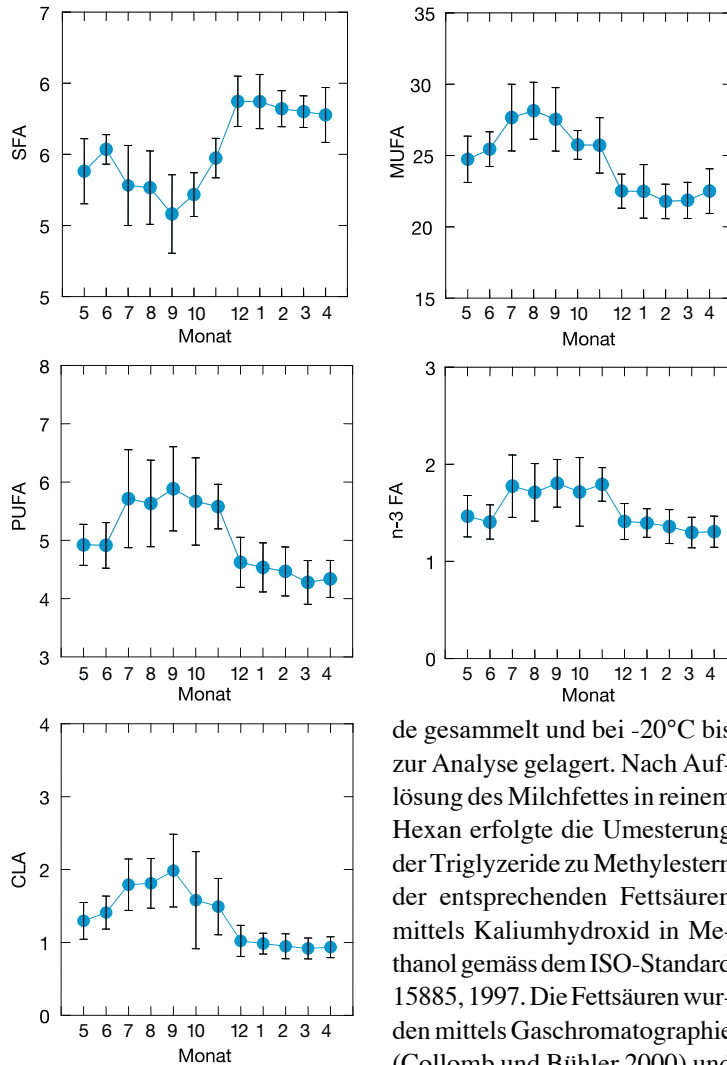


Abb. 1. Konzentrationen (g/100 g Milchfett) verschiedener Fettsäuregruppen in Bergmilch im Jahresverlauf (Mittelwerte), mit Standardabweichungen.

den setzten sich durchschnittlich aus 54 % Braunvieh, 18 % Schweizer Fleckvieh, 7 % Simmentaler-, 14 % Red Holstein-, 5 % Holstein- und 2 % Jersey-Kühen zusammen.

Die Milchproben wurden zentrifugiert, der Rahm bei 5°C stark geschlagen, die resultierende Butter geschmolzen und mittels hydrophobem Filter gereinigt. Das reine Milchfett wur-

de gesammelt und bei -20°C bis zur Analyse gelagert. Nach Auflösung des Milchfettes in reinem Hexan erfolgte die Umesterung der Triglyzeride zu Methylestern der entsprechenden Fettsäuren mittels Kaliumhydroxid in Methanol gemäss dem ISO-Standard 15885, 1997. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie (Collomb und Bühler 2000) und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC gemäss Collomb *et al.* (2004) bestimmt. Eine Kovarianzanalyse wurde durchgeführt, um Effekte der Jahreszeit, des Grünlandfutteranteils und der Höhenlage zu eruieren.

Futterzusammensetzung

Im Vergleich zur Winterfütterung enthält die Sommerfütterung im Wesentlichen signifikant höhere Anteile an GLF, frischem Gras

Tab. 2. Mittlere Gehalte (g/100 g Milchfett) von Fettsäuregruppen, tVA und ALA in Milch des Sommers (n= 71) und des Winters (n=48)

Σ Fettsäuren	Sommer		Winter		Signifikanz (P)			
	\bar{X}	s_x	\bar{X}	s_x	Grp.	GLF	%	HGLF
Σ gesättigte (SFA)	57,95	2,53	63,41	1,46	***	***	-	***
Σ C12, C14, C16	34,94	2,72	41,09	1,81	***	***	-	***
Σ MUFA	26,56	2,11	22,16	1,35	***	**	+	***
Σ PUFA	5,45	0,72	4,48	0,40	**	***	+	***
Σ CLA	1,65	0,45	0,97	0,16	***	***	+	ns
Σ trans ohne CLA	6,31	1,13	4,03	0,69	***	***	+	**
C18:1 t10 + t11 (tVA)	3,66	0,82	2,08	0,42	***	***	+	**
Σ n-3	1,65	0,30	1,37	0,16	ns	***	+	**
C18:3 c9,c12,c15 (ALA)	0,92	0,18	0,85	0,11	**	***	+	***
Σ n-6	2,15	0,27	2,27	0,28	ns	***	-	***
Σ n-3 / Σ n-6	0,77	0,15	0,61	0,11	ns	***	+	***

n = Anzahl Proben. Σ = Summe der Konzentrationen. MUFA = einfach ungesättigte FA, PUFA = mehrfach ungesättigte FS. CLA = konjugierte Linolsäuren (conjugated linoleic acid), tVA = trans-Vaccensäure, ALA = α-Linolensäure, t = trans, c = cis. Übrige Zeichenerklärung siehe Tab. 1.

und Raufutter und tiefere Anteile an Grassilage, Heu und Milchleistungsfutter (Tab. 1). Die Winterperiode ist charakterisiert durch höhere Anteile an Heu und Grassilage. Drei Typen von Kraftfutter wurden gefüttert: Getreidemischung (7,1 MJ NEL (Netto Energie Laktation), 10 % Rohprotein), Protein-Ausgleichsfutter (7,0 MJ NEL, 40 % Rohprotein) und Milchleistungsfutter (7,1 MJ NEL, 16 % Rohprotein)

(Tab. 1). Insgesamt der höchste Anteil des Kraftfutters war Getreidemischung mit 5 % sowohl im Sommer als auch im Winter. Milchleistungsfutter machte im Sommer 2 % und im Winter 6 % der Fütterung aus und Proteinausgleichsfutter 0,3 und 1 %.

Fettsäuren unterscheiden sich deutlich

Verglichen mit Wintermilch wies Milch im Sommer signifikant tie-

ferer Gehalte an gesättigten Fettsäuren (SFA, -8,6 %, Tab. 2) sowie signifikant höhere Konzentration an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA, +19,9 %), mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA, +21,7 %) und trans-Fettsäuren ohne CLA (+56,7 %) auf. Sommer- und Wintermilch unterscheiden sich nicht signifikant bezüglich den Gehalten an n-3 und n-6 FA (Tab. 2, Abb. 1).

Der tiefere Gehalt an SFA im Sommer im Vergleich zum Winter könnte durch den höheren Raufutteranteil im Sommer beeinflusst werden, wodurch die Fettsynthese im Stoffwechsel der Kuh beeinflusst wird (Murphy 2000). Diese Synthese kann auch unterdrückt werden durch hohe Konzentrationen von C18:1 aus der Ration oder aus der Hydrierung von PUFA im Pansen (Wonsil *et al.* 1994). In unserer Studie war die Summe der drei SFA C12, C14 und C16 im Sommer signifikant tiefer als im Winter. Dies ist für die Sommermilch ein Gesundheitsvorteil, da nur diese 3 FA das unerwünschte Lipoprotein niedriger Dichte (LDL) im Blutplasma ungünstig beeinflussen. Die höheren Gehalte an MUFA und PUFA in Sommermilch können teilweise auf die höhere Einnahme von PUFA im Sommerfutter zurückgeführt werden.

Obwohl der n-3 FA-Gehalt im Sommer nicht signifikant höher war, konnten im Sommer tendenziell höhere Werte festgestellt werden (Tab. 2, Abb. 1). Die Konzentration der hauptsächlich vorkommenden n-3 FA α-Linolensäure war in Milch des Sommers signifikant höher als im Winter. Für ähnliche Höhenlagen waren die von Collomb *et al.* (2002a), Leiber *et al.* (2005), Bugaud *et al.* (2001) und Hauswirth *et al.* (2004) gefundenen n-3 FA-Konzentrationen ähnlich wie in unserer Studie. Hauswirth *et al.* (2004) sprachen wegen den erhöhten n-3 FA-Konzentrationen

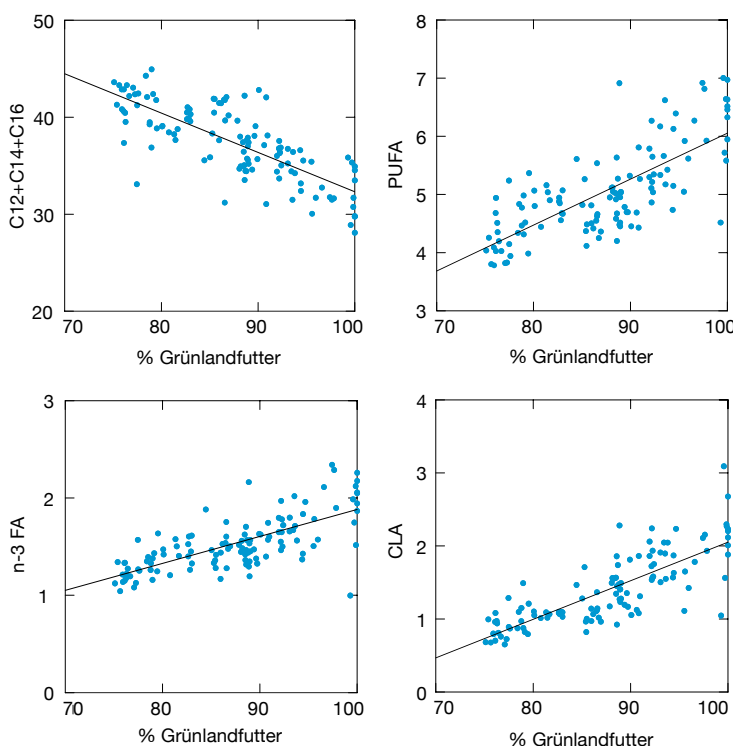


Abb. 2. Einfluss des Grünlandfütteranteils auf den Gehalt (g/100 g Milchfett) der wichtigsten ernährungsphysiologisch bedeutenden Fettsäuregruppen von Bergmilch.

in Bergkäse im Vergleich zu Emmentaler und Cheddar aus dem Tal von einem Alpen Paradoxon. Das Verhältnis von n-3 / n-6 in der aktuellen Studie war mit 1:1 bis 1:2 (Quotient 0,77 bzw. 0,66) in beiden Jahreszeiten optimal. Werte kleiner als 1:5 werden aus Ernährungssicht als gut erachtet (Simopoulos 2002).

Mit steigendem Grünlandfutteranteil in der Ration sank die Konzentration der SFA signifikant. Gleichzeitig stiegen die Konzentrationen von MUFA, PUFA, trans-FA ohne CLA, n-3-FA, CLA und auch das Verhältnis von n-3 zu n-6 FA (Tab. 2 und Abb. 2). Die n-6 FA-Konzentration korrelierte negativ mit steigendem Anteil GLF in der Ration. Der signifikant höhere Anteil an frischem Gras bei höherem Anteil GLF erklärt die Reduktion der Konzentration der SFA und die Erhöhung der MUFA und PUFA (Kelly *et al.* 1998; Dhiman *et al.* 1999). Im Winter (tieferer Anteil GLF) erhöht die Fütterung von konserviertem Gras (Heu oder Silage) die Bildung von SFA zusätzlich (Morel *et al.* 2006). Höhere Gehalte an n-3 FA mit steigendem Anteil GLF (Abb. 2) wurden auch von Kelly *et al.* (1998) und Dhiman *et al.* (1999) gefunden.

Mit steigender Höhenlage der Grünlandfutttergewinnung nahm der Gehalt an SFA signifikant ab und die Konzentrationen der MUFA, PUFA, trans-FA ohne CLA, n-3 FA, n-6 FA sowie das Verhältnis n-3 zu n-6 FA stiegen signifikant (Tab. 2 und Abb. 3). Die CLA-Konzentration korrelierte nicht signifikant mit der Höhenlage der Grünlandfutttergewinnung. Die durch Collomb *et al.* (2002a) gefundene tiefere Konzentration von SFA in hohen Lagen wurde durch unsere Studie bestätigt. Ebenso fanden Leiber *et al.* (2005) tiefere Gehalte an kurz- und mittelkettigen SFA in Milchfett von hochalpin gehaltenen Kühen. Höhere Konzentrationen von

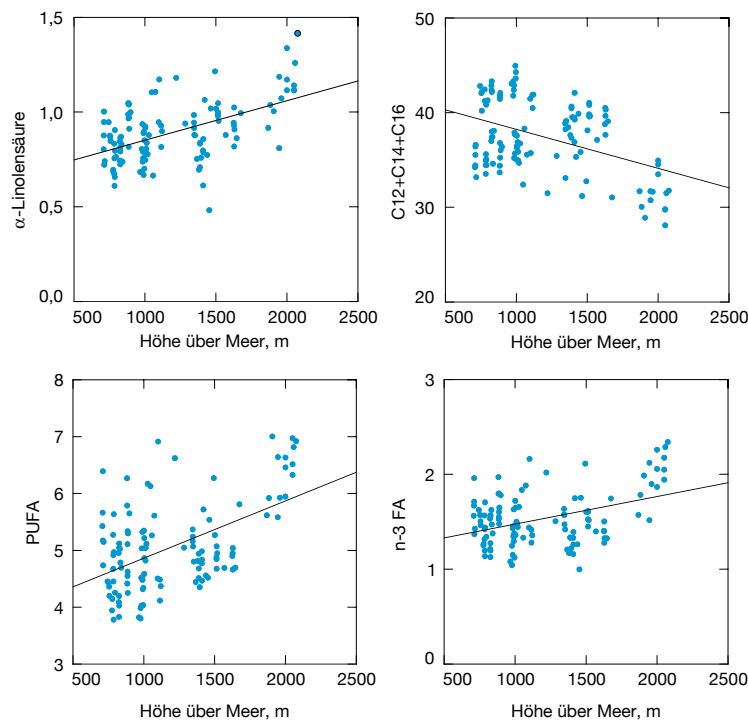


Abb. 3. Einfluss der Höhenlage der Grünlandfutttergewinnung auf den Gehalt (g/100 g Milchfett) der wichtigsten ernährungsphysiologisch bedeutenden Fettsäuregruppen von Bergmilch.

PUFA in Milch aus höheren Lagen könnten gemäss Bugaud *et al.* (2001) auch auf eine reduzierte Biohydrierung im Pansen bei Tieren, die in den Bergen gefüttert werden, zurückgeführt werden. Mobilisierung von ungesättigten FA aus Körperfett infolge eines Energiedefizits könnte die Werte an MUFA und PUFA mit steigender Höhenlage anheben. Die signifikant höheren n-3 FA-Konzentrationen mit steigender Höhenlage können durch den höheren Anteil frischen Grases (Tab. 1) erklärt werden (Dhiman *et al.* 1999; Kelly *et al.* 1998).

Die Konzentrationen der verschiedenen Fettsäuregruppen in Bergmilch zeigen deutliche jahreszeitliche Schwankungen

(Abb. 1). Die Konzentrationen der SFA und n-6 FA in Milchfett waren am tiefsten von ca. Juli bis Oktober, stiegen dann bis Dezember auf ein Maximum und verblieben auf diesem hohen Niveau bis April. Andererseits waren die Konzentrationen von MUFA, PUFA, n-3 FA und CLA maximal während etwa der gleichen Sommerperiode und minimal von Dezember bis April. Sommermilch hatte höhere Gehalte an trans-Vaccensäure (C18:1 t11; tVA) und an α -Linolensäure (C18:3 c9,c12,c15).

CLA und seine Isomere verändern sich ebenfalls

Die Konzentrationen der gesamten CLA (+70,1 %) und der bei-

Tab. 3. Mittelwerte (mg/g Milchfett) von Isomeren der konjugierten Linolsäure im Sommer (n=71) und im Winter (n=48)

Σ CLA	Sommer		Winter		Signifikanz (P)				
	\bar{X}	s_x	\bar{X}	s_x	Grp.	GLF	%	HGLF	
C18:2 t11,c13	0,84	0,33	0,51	0,19	ns	***	+	**	+
C18:2 c9,t11	14,03	4,02	8,05	1,34	***	***	+	ns	
C18:2 t7,c9	0,43	0,08	0,37	0,06	***	ns		***	+
CLA t11,c13 / CLA t7,c9	1,90	0,60	1,40	0,48	ns	***	+	ns	
Σ CLA	16,46	4,54	9,68	1,62	***	***	+	ns	

Zeichenerklärung siehe Tab. 1 und 2.



Abb. 4. Beispiele von Schweizer Milchprodukten, die speziell als Bergmilchprodukte angepriesen werden: Produkte der Linien Heidi von Migros und Pro Montagna von Coop, Lait de montagne express von Cremo und Berg-Kräuter-Frischkäse der Napfmilch.

den Isomere c9,t11 und t7,c9 waren in Sommermilch signifikant höher als in der Wintermilch, beim Isomer t11,c13 gab es keinen signifikanten jahreszeitlichen Unterschied, aber ebenfalls einen Trend zu höheren Werten im Sommer (Tab. 3). In beiden Jahreszeiten war die Konzentration des Isomers c9,t11 die höchste aller Isomere (85,2 % im Sommer und 83,2 % im Winter bezogen auf die Gesamt-CLA-Konzentration), gefolgt von den Isomeren t11,c13 und t7,c9. Ihre Konzentrationen waren im Sommer um 74,3 % (c9,t11), 64,7 % (t11c13) respektive 16,2 % (t7,c9) höher als in der Wintermilch.

Die höhere Konzentration der CLA in der Sommermilch kann auf die Weidefütterung (Kelly *et al.* 1998; Dhiman *et al.* 1999) und den tieferen Kraftfutteranteil in der Ration (Stockdale *et al.* 2003) zurückgeführt werden. Die Autoren fanden Werte in der gleichen Grössenordnung. Bereits Collomb *et al.* (2006) stellten fest, dass die Konzentrationen der wichtigsten CLA-Isomere im Sommer höher sind als im Winter. Die Konzentrationen der CLA-Isomere in Sommermilch waren in der aktuellen Studie jenen in der Studie von Collomb *et al.* (2004) für eine vergleichbare Höhenlage ähnlich. Während der Grünfütterungsperiode stieg die CLA-Konzentration in der aktuellen Studie von Mai bis September (Abb. 1). Nach anderen Autoren

waren die CLA-Konzentrationen am Anfang der Grünfütterungsperiode am höchsten und nahmen dann ab (Lock und Garnsworthy 2003). In der aktuellen Studie wies das Isomer t11,c13 die zweithöchste Konzentration in der Milch sowohl im Sommer als auch im Winter auf. Dies steht im Gegensatz zur oft gefundenen zweithöchsten Konzentration des CLA-Isomers t7,c9. Kraft *et al.* (2003) stellten die Hypothese auf, dass α -Linolensäure aus Grünfutter eine indirekte Vorstufe des t11,c13 Isomers ist.

Höhere CLA-Gehalte mit steigendem Anteil GLF wie in der vorliegenden Studie wurden u.a. auch durch Kelly *et al.* (1998) und Dhimann *et al.* (1999) gefunden. Besonders frisches Gras liess den CLA-Gehalt gemäss diesen Autoren ansteigen. Die Gehalte der Isomere c9,t11 und t11,c13 korrelierten positiv mit steigendem Anteil GLF in der Ration. Mit der Höhenlage korrelierten die Isomere t7,c9 und t11,c13 positiv, nicht aber das höchstkonzentrierte Isomer c9,t11.

Dass die CLA-Konzentration in Milch nicht mit der Höhe der Grünfütterung korrelierte, stimmt nicht mit den Resultaten von Collomb *et al.* (2002a) überein, sondern bestätigt diejenigen von Leiber *et al.* (2005), nach denen die CLA-Konzentration in Milch von Kühen, die Alpenfutter erhielten, nicht erhöht war.

Die generell hohen CLA-Konzentrationen in Bergmilch könnten im Wesentlichen sowohl auf die generell hohen Anteile an GLF als auch auf die tiefen Kraftfuttergaben in den untersuchten Bergregionen zurückgeführt werden.

Folgerungen und Vermarktungsmöglichkeiten

Verglichen mit den Werten im Winter waren die Konzentrationen

an endogenen SFA im Sommer tiefer und jene der MUFA, PUFA und CLA höher. Allgemein führen die Zufütterung von Kraftfutter im Sommer und hohe Anteile von Heu, kombiniert mit Kraftfutter im Winter zu einem Anstieg der SFA und zu einer Reduktion der PUFA, inklusive der CLA, im Milchfett. Das Milchfett der Bergmilch scheint aus ernährungsphysiologischer Sicht wegen des tiefen Gehaltes an SFA besonders im Sommer von hohem Interesse. Besonders die SFA C12, C14 und C16, welche die Konzentration des unerwünschten LDL im Blutplasma ungünstig beeinflussen, sind im Sommer in wesentlich tieferen Konzentrationen in der Milch vorhanden. Die höhere Konzentration der hauptsächlich n-3 FA (α -Linolensäure) in Milchfett von Berg- im Vergleich zu Talmilch ist für die Sommersaison jetzt allgemein anerkannt und wird durch unsere Studie mit steigenden Werten bei zunehmender Höhenlage bestätigt. Die relativ hohen Werte an trans-Vaccensäure besonders im Sommer können auch positiv gesehen werden, da es Indizien für deren endogene Umwandlung in gesundheitlich positiv bewertete CLA gibt. Die mit zunehmenden Anteil GLF und mit steigender Höhenlage wachsende Konzentration des CLA-Isomers t11,c13 zeigt, dass die Konzentration dieses Isomers als Indikator für Grünlandfütterung und Milch aus Bergregionen genutzt werden kann. Eine Tagesration Bergkäse von 100 g aus der untersuchten Bergmilch deckt ca. 28 % der empfohlenen Höchstmenge an n-3 FA. Für tierische Produkte verbietet die Schweizerische Lebensmittelgesetzgebung wegen dem Cholesteringehalt eine spezielle Anpreisung (Charrière 2006). Daher sieht der kontaktierte Gross-Detailhändler vorerst keine Vermarktungsmöglichkeit der ernährungsphysiologischen Vorteile.

Literatur

- Bugaud C., Buchin S., Coulon J.B., Hauwuy A. & Dupont D., 2001. Influence of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. *Le Lait* **81**, 401-414.
- Charrière R., 2006. Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Lebensmitteln: Höchstmengen, Deklaration und zulässige Anpreisungen. Informationsschreiben Nr. 123, Bundesamt für Gesundheit
- 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. *Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène* **91**, 306-332.
- 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. *International Dairy Journal* **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. *International Dairy Journal* **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.
- Collomb M., Schmid A., Sieber R., Wechsler D. & Ryhänen E.-L., 2006. Conjugated linoleic acid in milk fat: variation and physiological effects. *International Dairy Journal* **16**, 1347-1361.
- Dhiman T.R., Armand G.R., Satter L.D. & Pariza M.W., 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science* **82**, 2146-2156.
- Hauswirth C.B., Scheeder M.R.L. & Beer J.H., 2004. High ω -3 fatty acid content in alpine cheese, the basis for an alpine paradox. *Circulation* **6** (13), 103-107.
- Kelly M.L., Kolver E.S., Bauman D.E., van Amburgh M.E. & Muller L.D., 1998. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *Journal of Dairy Science* **81**, 1630-1636.
- Kraft J., Collomb M., Möckel P., Sieber R. & Jahreis G., 2003. Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. *Lipids* **38**, 657-664.
- Leiber F., Kreuzer M., Nigg D., Wettstein H. R. & Scheeder M.R.L., 2005. A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows' milk of alpine origin. *Lipids* **40**, 191-202.
- Lock A.L. & Garnsworthy, P.C., 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science* **79**, 47-59.
- Morel I., Wyss U. & Collomb M., 2006. Influence de la composition botanique de l'herbe ou de l'ensilage sur la composition du lait. *Revue Suisse d'Agriculture* **38**, 115-120.
- Murphy J.J., 2000. Synthesis of milk fat and opportunities for nutritional manipulation. In: Agnew R.E., Agnew K.W. & Fearon A.M. (Eds.), *Milk composition* (pp. 201-222). Occasional Publication No. 25 of the British Society of Animal Science.
- Simopoulos A.P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy* **56**, 365-379.
- Stockdale C.R., Walker G.P., Wales W.J., Dalley D.E., Birkett A., Shen Z. & Doyle P.T., 2003. Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acid composition of milk. *Journal of Dairy Research* **70**, 267-276.
- Wonsil B.J., Herbein J.H. & Watkins B.A., 1994. Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *Journal of Nutrition* **124**, 556-565.

RÉSUMÉ

Variations saisonnières de la composition en acides gras du lait de montagne suisse

L'influence d'un affouragement typique de 5 régions de montagne (Engadine, Rheinwald, Emmental, Lucerne et le Toggenburg) sur la composition en acides gras du lait a été étudiée de mai 2004 à avril 2005. Le fourrage (herbe ou foin) a été produit à une altitude moyenne de 1247 ± 465 m durant la période estivale et de 1136 ± 310 m durant la période hivernale. En comparaison avec la saison hivernale, le lait produit en été a une concentration significativement plus basse en acides gras saturés (SFA) (-8.6 %) et significativement plus élevée en acides gras mono-insaturés (MUFA) (+19.9 %), poly-insaturés (PUFA) (+21.7 %), acides linoléiques conjugués (CLA) (+70.1 %) et en acides gras trans sans CLA (+56.7 %). Le lait d'été ne diffère pas significativement de celui d'hiver en ce qui concerne les teneurs en acides gras n-3 et n-6. Cependant, la concentration de l'acide gras n-3 le plus important de la graisse de lait, l'acide α -linoléique, est significativement plus élevée dans le lait d'été que dans le lait d'hiver. Sa concentration est positivement corrélée avec l'augmentation du pourcentage de fourrage à base d'herbe et avec l'altitude. Toutefois, les avantages du lait de montagne sur le plan nutritionnel ne peuvent pas être exploités commercialement pour le moment en raison de la législation suisse.

SUMMARY

Seasonal variation of fatty acid composition in Swiss mountain's milk

The influence of typical feeds in the five mountain regions Engadin, Rheinwald, Emmental, Luzerner Hinterland and Toggenburg on the fatty acid (FA) composition of milkfat was investigated over one year from May 2004 till April 2005. The average altitude of grass-based feed (GBF) growth was 1247 ± 465 m for the summer feed and 1136 ± 310 m for winter feed. Compared to winter, summer milk had a significantly lower concentration of saturated FA (SFA) (-8.6 %) and significantly higher contents of mono-unsaturated FA (MUFA) (+19.9 %), poly-unsaturated FA (PUFA) (+21.7 %), conjugated linoleic acid (CLA) (+70.1 %), and trans FA without CLA (+56.7 %). Summer and winter milk from mountains did not significantly differ with respect to the contents of n-3 and n-6 FA. However, the content of the main n-3 FA (α -linolenic acid) was significantly higher in summer milk and its content was positively correlated with increasing percentages of GBF and altitude. According to Swiss food law regulations, the commercialisation of the nutritional advantages of mountain milk is not possible at the moment.

Key words: milk fat, fatty acid, mountain's milk, winter milk, summer milk