

Fettgehalt und Fettsäurezusammensetzung von konserviertem Raufutter

Yves Arrigo, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

Auskünfte: Yves Arrigo, E-Mail: yves.arrigo@alp.admin.ch, Tel. +41 26 407 72 64



Befüllen der Kisten für die Trocknung mit Warmluft bei 30 °C und unter 40 % Feuchtigkeit.

Einleitung

Freigesetzte Fettsäuren können einen Einfluss auf die chemischen, organoleptischen und diätetischen Eigenschaften von Lebensmitteln tierischer Herkunft haben (Morand-Fehr & Tran 2001). Der Fettgehalt (FG) sowie der Fettsäureanteil des Futters können durch die Konser-

vierungsmethode beeinflusst werden (Dewhurst & King 1998, Nada & Delic 1976). Die Auswirkungen der Fettsäuren im Raufutter auf den Fettgehalt der Milch wurden in vielen Studien untersucht (Morel *et al.* 2006a & b). Die vorliegende Studie zeigt, in welchem Maß sich der Fettgehalt und der Fettsäuregehalt des unterschiedlich konservierten Raufutters von dem des ursprünglichen Grünfutters unterscheidet. Sie schliesst das Projekt ab, in welchem bereits der Einfluss der Konservierung auf den Aminosäuregehalt (Arrigo 2006) sowie auf die Verdaulichkeit und den Mineralstoffgehalt des Futters (Arrigo 2007) geprüft wurde.

Material und Methoden

Das Grünfutter wurde in zwei Entwicklungsstadien (früh und spät) im Abstand von 30 Tagen als erster Schnitt in den Jahren 2000 und 2002 sowie als dritter Schnitt im Jahr 2001 geerntet. Nach dem Mähen wurde das Grünfutter der gleichen Parzelle unterschiedlich konserviert: Tiefkühlen (-20°C), schonende Trocknung (Versuchsanlage, die mit Luft bei 30 °C und einer relativen Feuchtigkeit von <45 % betrieben wird), Heubelüftung, Trocknung auf dem Feld, als Silage bei 30 % Trockensubstanz (TS) und als Silage bei 50 % TS.

Die Proben im Grünfutter wurden bei der Ernte entnommen und diejenigen der Konserven zirka 200 Tage später. Die Proben wurden mittels Petrolether-Extraktion auf ihren Fettgehalt untersucht. Die Fettsäuren wurden im Ausgangsmaterial gaschromatografisch bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Das untersuchte Raufutter entsprach beim ersten Schnitt 2000 einer ausgewogenen Mischung (A), wenn das Futter früh geschnitten wurde und einer gräserreichen Mischung (G), wenn es spät geschnitten wurde. Das im Jahr 2001 als dritter Schnitt geerntete Futter war reich an feinblättrigen Kräutern (KF). Der erste Schnitt im Jahr 2002 wurde als ausgewogen mit Raigras-Dominanz (AR) eingestuft. Die während der Mahd durchgeführten botanischen Analysen zeigten die Homogenität des

Grünfutters der Parzelle, wobei in den Konserven der Anteil der Leguminosen und anderen Pflanzen um bis zu 10 % zugunsten der Gräser zurückging. Dies bestätigte bisherige Beobachtungen, dass die Vorbereitung des Futters für die Konservierung zu erheblichen Blattverlusten führen kann. Ihr Einfluss, auf den Nährwert des konservierten Futters ist fast ebenso gross wie das eigentliche Konservierungsverfahren (Fermentationen, Saftverlust usw.). Die Fettgehalte und die Fettsäuregehalte des untersuchten Grünfutters werden in Tabelle 1 dargestellt.

Einfluss von Schnitt und Entwicklungsstadium der Pflanzen auf den Fettgehalt

Der Fettgehalt der Pflanzen des dritten Schnittes lag über jenem des ersten Schnittes (26,1 g vs. 21,2 g/kg TS, $P < 0,05$; Tab. 2). Der Fettgehalt des im frühen Stadium geernteten Raufutters war höher als der des im späten Stadium geernteten Futters (26,1 g vs. 19,6 g/kg TS, $P < 0,001$, Abb. 1). Diese Ergebnisse bestätigen die Schlussfolgerungen von Hawke (1963), dass je jünger und reicher das Grünfutter an Blättern und Lipiden in den Chloroplasten ist, um so höher ist der Fettgehalt.

Einfluss der Konservierung auf den Fettgehalt

Der Fettgehalt des untersuchten Raufutters variiert im ersten Schnitt 2000 stark. Für das auf dem Feld getrocknete, spät geschnittene Gras wurden 11,0 g/kg TS analysiert und für die spät geschnittene Silage (30 % TS) 40,1 g/kg TS (Tab. 3, Abb. 2). Die Fettgehalte der Silagen bei 30 % TS sind höher ($P < 0,001$) als diejenigen des Grünfutters und der anderen Konserven. Diese lassen

Zusammenfassung

Das Grünfutter von ein- und derselben Parzelle wurde drei Jahre lang in zwei verschiedenen Stadien - Abstand von 30 Tagen – geerntet und nach sechs verschiedenen Verfahren konserviert. Es wurden 42 Proben mittels Petrolether-Extraktion auf ihren Fettgehalt und mittels Gas-Chromatographie auf den Anteil an Fettsäuren untersucht.

Die Fettgehalte variieren stark (11 bis 40 g/kg TS). Das Futter im frühen Wachstumsstadium weist die höchsten Fettgehalte auf (26 vs. 20 g/kg TS; $P < 0,01$) und der Fettgehalt der Pflanzen im dritten Schnitt lag über jenem des Futter im ersten Schnitt (26 gegenüber 21 g/kg TS; $P < 0,05$). Die silierten Konserven haben den höchsten Fettgehalt; 42 % mehr als das Grünfutter. Das auf dem Feld getrocknete Futter wies den niedrigsten Wert auf; 30 % niedriger als das Grünfutter. Die Linolensäure ist die dominante Fettsäure mit einem Wert über 55 Prozent. Die Fettsäuregehalte werden durch das Vegetationsstadium beeinflusst. Die Trocknungsverfahren reduzieren den Anteil an Linolensäure. Um den Fett- und Fettsäuregehalt, welche im Grünfutter vorliegen, zu bewahren, muss das Heuen schnell und schonend durchgeführt werden.

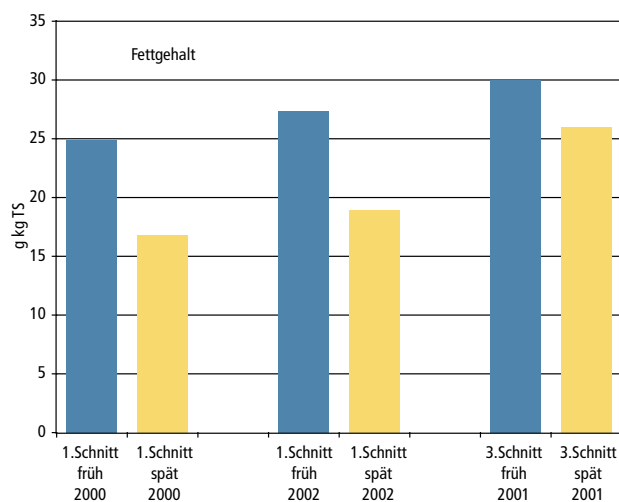


Abb. 1 | Fettgehalt des Grünfutters.

sich mit dem Verlust von wasserlöslichen Nährstoffen im Silosaft oder in den Fermentationsprodukten erklären, was zu einer Konzentration des Fettgehaltes in der TS führt. Die übrigen Futterkonserven unterscheiden sich nur im früh geschnittenen Gras ($P < 0,01$), bei dem durch das Trocknen auf dem Feld gegenüber dem Grünfutter ein niedrigerer Fettgehalt entsteht (19,5 vs. 27,4 g/kg TS). Die niedrigeren Fettgehalte des Trockenfutters im Vergleich zu jenen des Grünfutters könnten auf der Oxidation und Polymerisation der mehrfach ungesättigten Fettsäuren beim Heuen (Morand-Fehr & Tran 2001) oder auf dem Verlust von Blättern beruhen. Dewhurst et al. (2001) zeigten, dass ein Einfluss des Anteils an Blättern auf den Fettsäuregehalt im Verlauf des Pflanzenwachstums besteht.

Tab. 1 | Fettgehalt und Fettsäuregehalt (%) im Grünfütter

	frisches Grünfütter	tiefge- froren	schonened getrocknet	belüftet	auf dem Feld getrocknet	bei 30 % TS siliert	bei 50 % TS siliert
Fettgehalt, g/kg TS ¹							
1. Schnitt früh 2000	24,9	19,6	23,7	21,1	18,0	40,1	30,2
1. Schnitt spät 2000	16,8	14,9	11,4	11,4	11,0	25,6	19,3
1. Schnitt früh 2002	27,4	23,7	24,2	20,9	17,8	35,1	28,1
1. Schnitt spät 2002	18,9	16,4	16,2	14,8	11,9	29,3	21,7
3. Schnitt früh 2001	30,0	30,0	25,2	23,6	22,8	36,2	26,4
3. Schnitt spät 2001	26,0	26,3	21,6	20,2	20,5	35,4	21,2
C16:0 % (ΣFS) ²							
1. Schnitt früh 2000	14,1	16,1	19,2	20,1	20,4	14,8	14,9
1. Schnitt spät 2000	19,0	20,4	21,7	25,2	29,4	17,4	19,5
1. Schnitt früh 2002	12,8	14,7	17,5	18,2	20,4	15,4	16,6
1. Schnitt spät 2002	16,8	19,2	21,6	23,1	27,7	18,0	20,0
3. Schnitt früh 2001	13,8	15,0	17,4	16,9	18,3	15,0	16,8
3. Schnitt spät 2001	15,6	16,4	18,8	19,3	20,4	15,9	18,9
C18:0 % (ΣFS) ³							
1. Schnitt früh 2000	1,4	1,8	2,5	2,3	2,4	1,3	1,5
1. Schnitt spät 2000	2,1	2,2	2,4	2,4	3,2	1,6	1,8
1. Schnitt früh 2002	1,4	1,7	1,9	1,9	2,0	1,5	1,6
1. Schnitt spät 2002	1,7	2,4	2,3	2,4	2,8	1,7	2,0
3. Schnitt früh 2001	1,1	1,4	1,6	1,5	1,5	1,2	1,5
3. Schnitt spät 2001	2,0	2,2	2,1	1,9	1,9	1,5	2,2
C18:1 % (ΣFS) ⁴							
1. Schnitt früh 2000	2,8	3,0	3,3	3,2	3,2	3,1	2,8
1. Schnitt spät 2000	4,5	5,1	5,3	5,3	7,2	4,9	4,1
1. Schnitt früh 2002	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	2,5	2,9
1. Schnitt spät 2002	3,6	4,0	4,1	4,1	5,1	3,7	3,6
3. Schnitt früh 2001	2,7	2,0	2,1	2,1	2,4	2,3	2,3
3. Schnitt spät 2001	4,3	4,6	4,5	3,8	3,5	3,5	3,8
C18:2 % (ΣFS) ⁵							
1. Schnitt früh 2000	16,7	15,7	18,1	18,1	17,7	16,8	17,2
1. Schnitt spät 2000	20,5	18,0	20,5	19,7	20,8	21,1	21,5
1. Schnitt früh 2002	16,0	14,1	18,2	17,8	18,2	16,9	18,7
1. Schnitt spät 2002	19,0	17,1	19,3	20,7	20,3	20,2	20,4
3. Schnitt früh 2001	14,2	12,6	15,8	14,7	15,6	16,0	15,4
3. Schnitt spät 2001	19,9	18,8	22,2	19,8	18,4	18,5	18,8
C18:3 % (ΣFS) ⁶							
1. Schnitt früh 2000	64,4	60,5	52,9	53,7	54,8	63,4	61,8
1. Schnitt spät 2000	54,0	52,7	50,2	47,4	39,4	53,5	51,9
1. Schnitt früh 2002	65,4	65,5	58,1	57,3	55,5	61,4	57,9
1. Schnitt spät 2002	57,2	57,4	51,2	48,1	41,8	53,6	51,7
3. Schnitt früh 2001	67,5	67,2	61,0	63,8	61,2	64,9	62,5
3. Schnitt spät 2001	58,2	56,4	51,3	54,1	54,5	52,1	46,2

¹TS Trockensubstanz, ²C16:0 Palmitinsäure in Prozent der Fettsäuren, ³C18:0 Stearinsäure, ⁴C18:1 Ölsäure, ⁵C18:2 Linolsäure, ⁶C18:3 Linolensäure

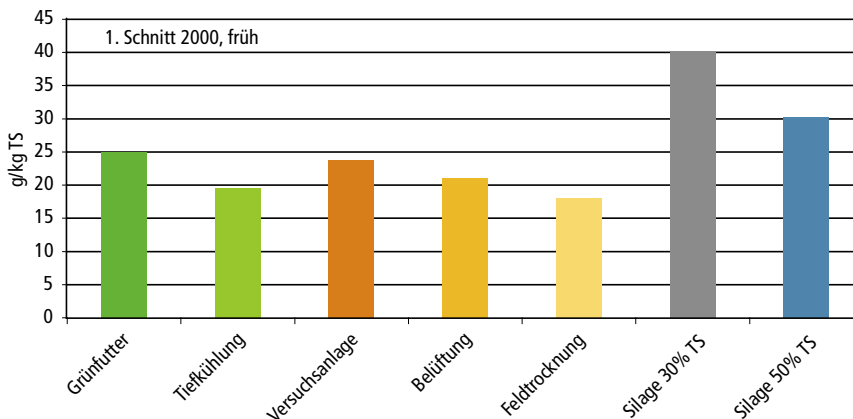


Abb. 2 | Fettgehalt des Grünfutters und seiner Konserven.

Einfluss der Konservierung auf die Fettsäuregehalte

Nur der Gehalt der Palmitinsäuren mit $2,2 \pm 0,6$ g/kg TS, Stearinsäuren mit $0,2 \pm 0,1$ g/kg TS, Ölsäuren mit $0,4 \pm 0,1$ g/kg TS, Linolsäuren mit $2,2 \pm 0,7$ g/kg und Linolensäuren mit $7,4 \pm 3,4$ g/kg TS lässt einen Vergleich zu. Der Anteil der übrigen Fettsäuren ist zu gering ($< 0,1$ g/kg TS) oder liegt jeweils unter der Nachweisgrenze. Die Summe der Fettsäuren in der TS macht durchschnittlich 53,4 % des Fettgehaltes aus. Dieses Verhältnis ist beim spät geschnittenen Raufutter mit 47,6 % geringer als bei früh geschnittenem (58,8 %; $P < 0,001$). Der Fettsäuregehalt der Futterkonserven ist mit Ausnahme der feuchten Silage (30 % TS) geringer als der des Grünfutters ($P < 0,001$). Auch bei stark vorgetrockneten Silagen (> 70 % TS) wurden geringere Gehalte, insbesondere was die Öl- und Linolensäuren betraf, im Vergleich zum Grünfutter nachgewiesen (Elgersma *et al.* 2003). Diese Verringerung könnte auf der Wirkung von Mikroorganismen oder Enzymen pflanzlicher Herkunft während des Fermentationsprozesses beruhen.

Palmitinsäure (C16:0)

Im früh geschnittenen Gras unterscheidet sich der C16:0-Anteil des Grünfutters (13,6 %) von dem der feuchten Futterkonserven tiefgefroren und siliert mit 30 % TS (15,3 – 15,1 %, $P < 0,01$), der wiederum geringer ist als der des getrockneten Futters ($> 18,1$ %; $P < 0,01$). Im spät geschnittenen Gras liegt nur das auf dem Feld getrocknete Heu mit einem C16:0-Wert von 25,9 % über dem der Feuchtkonserven ($< 19,5$ %; $P < 0,01$).

Stearinsäure (C18:0)

Der Anteil an C18:0 stellt den geringsten Fettsäureanteil der fünf aufgeführten Säuren dar (1,9 %). Er variiert von 1,1 % im Grünfutter, welches im dritten Schnitt früh

geschnitten wurde, bis 3,2 % im auf dem Feld getrockneten Heu des ersten Schnittes 2000, welches spät geerntet wurde. Betrachtet man das früh und spät geschnittene Gras zusammen, unterscheiden sich die Konserven untereinander im Hinblick auf diese Fettsäuren nicht.

Ölsäure (C18:1)

Der Anteil von C18:1 an den Fettsäuren ist beim früh geschnittenem Raufutter geringer als beim spät geschnittenen (2,6 vs. 4,4 %; $P < 0,001$). Die Art der Konservierung hat keinen Einfluss auf den C18:1-Anteil.

Tab. 2 | Gesamtfett- und Fettsäuregehalt in g/kg Trockensubstanz und Fettsäuregehalt in % der FS_{Gesamt} gemäß Zyklus oder Entwicklungsstadium

	1. Schnitt	3. Schnitt	S_z	p	früh	spät	S_z	p
n:	28	14			21	21		
FG ¹	21,2a	26,1b	1,4	0,03	26,1a	19,6b	1,3	<0,01
FS_{Gesamt} ²	12,2	13,5	1,1	0,42	16,0a	9,3b	0,8	<0,001
C16:0 (%)	19,1	17,0	0,7	0,07	16,6a	20,2b	0,7	<0,001
C18:0 (%)	2,0a	1,7b	0,9	0,04	1,7a	2,1b	0,1	<0,001
C18:1 (%)	3,7	3,1	0,2	0,12	2,6a	4,4b	0,1	<0,001
C18:2 (%)	18,5	17,2	0,5	0,06	16,4a	19,8b	0,3	<0,001
C18:3 (%)	55,1	58,6	1,4	0,10	61,0a	51,6b	1,0	<0,001

¹FG Gesamtfettgehalt, ² FS_{Gesamt} Gesamtfettsäuregehalt, Werte in der gleichen Zeile, die verschieden gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch. S_z steht für die Standardabweichung.

Tab. 3 | Gesamtfett- und Fettsäuregehalt in g/kg Trockensubstanz und Fettsäuregehalt in % des Gesamtfettsäuregehaltes gemäß Konserve in den ersten Schnitten, n:2

	Grünfutter	Tiefkühlung	Entfeuch- tung	Belüftung	Feld- trocknung	Silage 30 % TS	Silage 50 % TS	S _x	p
TS(g/kg) ¹	166 ^d	175 ^d	864 ^a	890 ^a	873 ^a	280 ^c	477 ^b	2,1	<0,001
FG ²	26,2 ^{bc}	21,7 ^{cd}	24,0 ^{bcd}	21,0 ^{cd}	17,9 ^d	37,6 ^a	29,2 ^b	1,4	<0,001
FS _{gesamt} ³	19,9 ^{ac}	17,0 ^{ab}	13,6 ^{bc}	11,6 ^b	11,1 ^b	22,1 ^a	18,9 ^{ab}	1,6	<0,01
C16:0(%)	13,5 ^b	15,4 ^b	18,4 ^a	19,2 ^a	20,4 ^a	15,1 ^b	15,8 ^b	0,7	0,002
C18:0(%)	1,4	1,7	2,2	2,1	2,2	1,4	1,5	0,2	0,03
C18:1(%)	2,6	2,7	2,9	3,0	3,0	2,8	2,8	0,3	0,92
C18:2(%)	16,4 ^{ab}	14,9 ^b	18,1 ^a	17,9 ^a	18,0 ^a	16,8 ^a	18,0 ^a	0,4	<0,01
C18:3(%)	64,9 ^a	63,0 ^{ab}	55,5 ^b	55,5 ^{ab}	55,2 ^{ab}	62,4 ^{ab}	59,9 ^{ab}	1,8	0,02

¹ Trockensubstanz, ²FG Gesamtfettgehalt, ³FSGesamt Gesamtfettsäuregehalt
Werte in der gleichen Zeile, die verschieden gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch.
S_x steht für die Standardabweichung.

Linolsäure (C18:2)

Der C18:2-Anteil im früh geschnittenen Raufutter ist geringer als der im spät geschnittenen (16,4 vs. 19,8 %; $P < 0,001$). Die geringsten Anteile werden im durch Tiefgefrieren konservierten Futter festgestellt. Dieses unterscheidet sich beim früh geschnittenen Gras aus dem ersten Schnitt ($P < 0,01$) von den anderen Konserven, aber nicht vom Grünfutter. Die höchsten Anteile enthält das auf dem Feld getrocknete, das schonend getrocknete und das bei 50 % TS einsilierte Futter.

Linolensäure (C18:3)

Die Fettsäure C18:3 stellt mit durchschnittlich 56,3 % den größten Anteil der Fettsäuren dar, wobei dieser Wert stark schwankt. Er bewegt sich zwischen 39,4 % (spät, erster Schnitt 2000, auf dem Feld getrocknetes Heu) und 67,5 % (früh, dritter Schnitt 2001, Grünfutter;). Das spät geschnittene Futter hat niedrigere C18:3-Anteile als das früh geschnittene (51,6 vs. 61,0 %; $P < 0,01$). Das getrocknete Futter und die Silage (50 % TS) wiesen in allen Schnitten und zu allen Schnittzeitpunkten leicht niedrigere Werte auf als Grünfutter und Feuchtkonserven ($P > 0,05$).

Schlussfolgerungen

Das Vegetationsstadium (früh oder spät) und die Art der Konservierung haben einen größeren Einfluss auf den Fett- und Fettsäuregehalt als der Vegetationszyklus. Mit Ausnahme der Silagen wird durch die Konservierung der Fettgehalt im Vergleich zum Ausgangsmaterial verringert, was auch in anderen Versuchen an ALP beobachtet wurde (Morel *et al.* 2006b). Die höheren Anteile an C16:0, C18:0, C18:1 zu Lasten von C18:3 in der getrockneten gegenüber den feuchten Konserven bestätigen, dass die Trocknungsdauer diese Gehalte beeinflusst. Um die Gehalte an Fett und C18:3 im getrockneten Futter nicht zu verlieren, muss das Heuen schnell durchgeführt werden. Das Grünfutter ist dabei schonend zu behandeln, um die in den Blättern der Pflanzen enthaltenen wertvollen Nährstoffe zu bewahren. ■

Riassunto

Tenore in materia grassa e composizione in acidi grassi di foraggio conservato

Il presente articolo descrive in quale misura i tenori in materia grassa (MG) e acido grasso (AG) dei foraggi conservati si differenziano da quelli dell'erba d'origine. Per tre anni è stata raccolta da una stessa particella erba a due stadi di sviluppo diversi (30 giorni) e in seguito conservata in base a sei processi differenti. Sono stati analizzati 42 campioni mediante estrazione con etere di petrolio per la MG e cromatografia in fase gassosa per l'AG.

I tenori in MG variano fortemente (11-40 g/kg MS): il foraggio precoce presenta i valori più alti (26 vs. 20 g/kg MS $p < 0,01$); le piante al terzo taglio hanno tenori superiori a quelle dei primi cicli (26 vs. 21 g/kg MS $p = 0,03$). Ad avere i tenori più elevati sono gli insilati (superiori del 42 % a quelli dell'erba), mentre il foraggio essiccato nei campi presenta quelli più bassi (inferiori del 30 % a quelli dell'erba). L'acido linolenico è l'AG dominante con un tasso superiore al 55 per cento. Le percentuali di AG sono influenzate dallo stadio di maturazione, mentre quelle di acido linolenico sono ridotte dai processi di essiccazione. Al fine di conservare i tenori di MG e AG presenti nell'erba, la fienagione deve essere effettuata rapidamente e trattando con cura il foraggio.

Summary

Fat and fatty acids in preserved forages

This article shows the difference in fat and fatty acid levels between preserved forages and grass. Grass was harvested from the same plot of land at two different stages (30 days apart) over three years and stored using six different processes. 42 samples were analysed by extraction using petroleum ether for fat and by gas chromatography for fatty acids.

There was considerable variation in the fat levels (11 to 40 g/kg dry matter (DM)): fodder cut early showing the highest levels (26 versus 20 g/kg DM $p < 0,01$), and regrowth higher levels than the first cycle (26 versus 21 g/kg MS $p = 0,03$). Fodder stored as silage had the highest fat level (42 % more than grass content) and fodder dried on the ground the lowest (30 % less than grass content). Linolenic acid was the most important fatty acid with > 55 %. Fatty acid proportions are influenced by the stage of maturity and dry conservation methods reduce linolenic acid proportion. Grass harvested quickly as well as careful handling of the fodder maintain the fat and fatty acid levels.

Key words: fat, fatty acids, preserved forages.

Literatur

- Arrigo Y., 2006. Einfluss der Konservierung auf den Aminosäuregehalt des Futters. *Agrarforschung* **13** (07), 272–277.
- Arrigo Y., 2007. Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalte von konserviertem Futter. *Agrarforschung* **14** (08), 370–375.
- Dewhurst R.J. & King P.J., 1998. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass and Forage Science* **53**, 219–224.
- Dewhurst R.J., Scollan N.D., Youell S.J., Tweed J.K.S. & Humphreys M.O., 2001. Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and Forage Science* **56**, 68–74.
- Elgersma A., Ellen G., van der Horst H., Muuse B.G., Boer H. & Tamminga S., 2003. Comparison of fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), affected by cultivar and regrowth interval. *Animal Feed Science and Technology* **108**, 191–205.
- Hawke J.C., 1963. Studies on the properties of New Zealand butterfat: the fatty acid composition of the milk fat of cows grazing on rye-grass at two stages of maturity and the composition of rye-grass lipids. *Journal of Dairy Research* **30**, 67–75.
- Morand-Fehr P. & Tran G., 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Productions Animales* **14**, 285–302.
- Morel I., Wyss U., Collomb M. & Bütikofer U., 2006a. Grün- oder Dürffutterzusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* **12**, 496–501.
- Morel I., Wyss U., Collomb M. & Bütikofer U., 2006b. Grünfutter- oder Silagezusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* **13**, 228–233.
- Nada V., Delic I., 1976. The changes of lipids and amino-acids in leaves of wilting green alfalfa. *Veterinaria* **25**, 137–140.