

Einfluss von Rapskuchen auf die Milchfettzusammensetzung von hochleistenden Milchkühen

Christian Koch¹, Franz-Josef Romberg² Herbert Steingaß³ und Karl-Heinz Südekum⁴

¹ Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung, Hofgut Neumühle, 67728 Münchweiler an der Alsenz

² Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Westpfalz, 67728 Münchweiler an der Alsenz

³ Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung, Postfach 70593, Stuttgart

⁴ Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Abteilung Tierernährung, 50113 Bonn

Einleitung

In den letzten Jahren war ein ständig zunehmender Rapsanbau in der Bundesrepublik Deutschland zu verzeichnen (vgl. Tabelle 1). Gründe hierfür waren eine erhöhte Biodieselnachfrage sowie die Nutzung von Rapsöl in der Humanernährung. Als Folge wurden Ölmöhlen errichtet, die höhere Mengen Rapskuchen produzierten. Rapskuchen kann als energiereiches Eiweißfuttermittel charakterisiert werden. Da Rapskuchen in der chemischen Zusammensetzung und im Futterwert je nach Verarbeitungsintensität variiert, resultieren unterschiedliche Rohfett (XL)- und Rohprotein (XP)-Gehalte. Vielfach wird gefordert, den Rohfettgehalt in Milchkuhrationen auf 50 g/kg Trockenmasse (TM) zu begrenzen, um negative Auswirkungen größerer Mengen ungeschützter Fette auf die Faserverdauung und Pansenfermentation zu vermeiden. Deshalb werden häufig obere Einsatzgrenzen von 2 kg Rapskuchen pro Kuh und Tag eingehalten. In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss von Rapskuchen (3,6 kg TM pro Kuh und Tag) auf die Milchfettzusammensetzung von hochleistenden Milchkühen geprüft.

Tabelle 1: Anbaufläche von Winterraps (ZMP, 2009)

| Jahr | Gesamte Anbaufläche (in 1.000 Hektar) |
|------|---------------------------------------|
| 2004 | 1.257 |
| 2005 | 1.323 |
| 2006 | 1.410 |
| 2007 | 1.539 |
| 2008 | 1.365 |
| 2009 | 1.462 |

Material und Methoden

Versuchsanlage, Versuchstiere und Haltung

Der Fütterungsversuch wurde an der Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung (LVAV), Hofgut Neumühle in Münchweiler an der Alsenz (Rheinland-Pfalz) durchgeführt. Zu Versuchsbeginn (August 2007) wurden an der LVAV etwa 85 Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein gehalten. Die laktierenden Kühe befanden sich in einem dreireihigen Boxenlaufstall mit 60 Liegeboxen (Hoch- und Tiefboxen). Für den Fütterungsversuch standen alle laktierenden Tiere der Herde zur Verfügung, d. h. in der Regel befanden sich je nach Anteil an trockenstehenden Tieren 60 bis 65 laktierende Tiere im Versuch. Die abgekalbten Tiere wurden nach etwa 14 Tagen, sofern sie keine klinischen Auffälligkeiten (erhöhte Temperatur, Ketose, usw.) zeigten, in die Versuchsherde integriert. Bei Einstellung von frisch laktierenden Tieren in die Versuchsgruppe wurden entsprechend altmelkende Tiere ausgestallt. Der Versuch gliederte sich in sieben Versuchsabschnitte zu je sieben Wochen. Die ersten 14 Tage dienten der Adaptation der Tiere an die Ration. Die folgenden fünf Versuchswochen dienten der Datenerhebung. Aus den im Fütterungsversuch stehenden Tieren wurden zu Versuchsbeginn 20 Tiere (Abkalbung kurz vor Versuchsbeginn, Juli 2007) ausgewählt, die den gesamten Versuchszeitraum durchlaufen sollten. Von diesen Tieren wurden in den ersten beiden Versuchsabschnitten (Kontrolle und Versuch) Proben zur Analyse der Milchfettzusammensetzung gesammelt, so dass immer die gleichen Tiere beprobt wurden.

Die gesamte Herde war entweder Kontroll- oder Versuchsgruppe (jedoch zeitversetzt), d. h. der Versuch gliederte sich wie folgt:

1. Abschnitt: Kontrolle (ohne Rapsprodukte)
2. Abschnitt: Versuch (mit Rapskuchen)
3. Abschnitt: Kontrolle (ohne Rapsprodukte)
4. Abschnitt: Versuch (mit Rapskuchen)
5. Abschnitt: Kontrolle (ohne Rapsprodukte)
6. Abschnitt: Versuch (mit Rapskuchen, mit Rapsextraktionsschrot)
7. Abschnitt: Kontrolle (ohne Rapsprodukte)

Die Tiere wurden zweimal täglich in einem Fischgrätenmelkstand mit fünf Plätzen sowie in einem Tandemmelkstand mit drei Plätzen, gemolken. An den Melkplätzen waren Melksteuergeräte (Metatron 12, Westfalia Surge GmbH, Bönen) installiert, kombiniert mit Melkzeugabnahme und Milchmengenmessung. Die tägliche tierindividuelle Milchmenge wurde mit Hilfe der Herdenmanagement-Software DairyPlan C21 erhoben und in täglichen Listen abgespeichert. Neben den monatlich vom Landeskontrollverband (LKV) Rheinland-Pfalz durchgeführten Milchkontrollen wurden während der 5-wöchigen Datenerfassungsperiode wöchentliche Milchproben von den laktierenden Tieren gezogen. Die Milchprobennahme erfolgte analog der offiziellen Milchleistungsprüfung des LKV mit geeichten Tru-Testern (Milchmengenmessgeräten). Aus je einem Abend- und einem Morgengemelk wurde eine aliquote tierindividuelle Milchprobe (50 ml) gewonnen und für die Analyse der Milchfettzusammensetzung tiefgefroren. Gefüttert wurden die Tiere zweimal täglich in 28 Fress-Wiegetrögen, wobei morgens (05.30 Uhr) etwa 40 % und nachmittags (15.30 Uhr) circa 60 % der Tagesmenge der Gesamtmischung (TMR) ausdosiert wurde. Die Wiegetröge wurden täglich vor der Morgen- sowie vor der Nachmittagsfütterung gereinigt, wobei die Futterreste entfernt und quantifiziert wurden. Zum Anmischen der TMR wurden die Rationskomponenten mit Hilfe von Schnecken über Kraftfutter-Silos bzw. manuell (Futterkalk, Mineralfutter, Natriumchlorid und Futterharnstoff) oder mittels der Entnahmefräse (Grassilage, Maissilage und Heu) des Futtermischwagens in den Mischbehälter mit 10m³ Mischvolumen gefüllt. Der selbstfahrende Horizontalmischwagen Typ R.M.H. 350-CS (Lachish Industries, Israel) war mit vier horizontalen Mischschnecken ausgestattet.

Im Versuch eingesetzte Futtermittel sowie die Rationszusammensetzung sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Futtermittel und Rationszusammensetzung (*kalkulierte Gehalte)

| Komponente (% d. TM) | Gruppe | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | 1: Kontrolle | 2: Versuch | 3: Kontrolle | 4: Versuch | 5: Kontrolle | 6: Versuch | 7: Kontrolle |
| Maissilage | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 32,1 |
| Grassilage | 18,2 | 18,2 | 18,2 | 18,2 | 18,2 | 18,2 | 18,2 |
| Heu | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 |
| Wintergerste | 17,1 | 9,2 | 17,1 | 9,2 | 17,1 | 9,2 | 17,1 |
| Rapsextraktionsschrot | -- | -- | -- | -- | -- | 8,3 | -- |
| Sojaextraktionsschrot | 6,9 | 1,8 | 6,9 | 1,8 | 6,9 | -- | 6,9 |
| Rapskuchen | -- | 16,5 | -- | 16,5 | -- | 10,6 | -- |
| Körnermais | 17,4 | 13,8 | 17,4 | 13,8 | 17,4 | 13,8 | 17,4 |
| NEL/kg TM* | 7,04 | 7,27 | 7,04 | 7,27 | 7,04 | 7,27 | 7,04 |
| XP g/kg TM* | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 |
| nXP g/kg TM* | 155 | 150 | 155 | 150 | 155 | 150 | 155 |
| XF g/kg TM* | 156 | 153 | 156 | 153 | 156 | 159 | 156 |
| XL g/kg TM* | 34 | 63 | 34 | 63 | 34 | 49 | 34 |
| RNB g/kg TM* | 0,6 | 1,5 | 0,6 | 2,7 | 0,6 | 3,3 | 0,6 |

Alle Tiere erhielten täglich 100 g Futterkalk, 70 g Mineralfutter und 100 g Futterharnstoff. In Versuchsabschnitt 2 wurde kein Futterharnstoff an die Tiere verfüttert.

Milchfettzusammensetzung

Im Institut für Tierernährung der Universität Hohenheim wurde die Milchfettsäurezusammensetzung bestimmt. Hierzu wurden die aliquoten Proben der 20 ausgewählten Tiere (aus dem 1. und 2. Versuchsabschnitt) aufgetaut und jeweils 10 g pro Probe in ein Zentrifugengefäß überführt und bei 12000 rpm und 4° C für eine halbe Stunde abzentrifugiert. Das Gemisch aus Fett und anderen Milchbestandteilen setzte sich als Kuchen oben im Zentrifugengefäß ab und wurde dann zur weiteren

Aufarbeitung abgeschöpft. Die Gewinnung des Milchfettes aus den Proben erfolgte wie bei HARA und RADIN (1978) beschrieben:

- 18 ml/g Fettkuchen der Hexan-Isopropanol-Mischung (Verhältnis 3:2 Vol/Vol) zugeben und 1 Min. mixen
- 12 ml/g Fettkuchen Natriumsulfatlösung (6,7 % in H₂O) zugeben und 1 Min. mixen
- Phasentrennung abwarten
- die obere Phase (Hexan) in ein Probengefäß mit 1 g wasserfreies Na₂SO₄ überführen und 1 Min. mixen
- bei 4° C für 10 Min. abzentrifugieren
- erneut die Hexanphase überführen und dann bei 40° C unter Stickstoffbegasung das Hexan abdampfen.

Die abgedampften Milchfettproben wurden wie bei CHOUINARD et al. (1999) und CHRISTIE (1982) beschrieben methyliert und mittels eines Gaschromatographen hp 6890 mit Probengeber und Flammenionisationsdetektor analysiert. Bei der Analyse diente Helium als Trägergas und Stickstoff als „makeup-Gas“. Als Säule zur Trennung wurde eine 30 Meter lange Supelco SP 2380 mit einem Querschnitt von 0,25 mm und einer Filmdicke von 0,2 µm verwendet. Die Proben wurden mit Split injiziert und durchliefen ein Temperaturprogramm von 50 °C bis 250 °C über eine Dauer von 78 Minuten.

Ergebnisse

Rapskuchen veränderte aufgrund seiner Fettsäurezusammensetzung auch die Milchfettzusammensetzung der Kühe. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 3: Fettsäuremuster der Milchfettproben, Angaben in % der analysierten Fettsäuren (FS) (KOCH, 2010)

| Fettsäuren | Versuchsabschnitt 1 | Versuchsabschnitt 2 |
|--|---------------------|---------------------|
| | (Kontrolle) | (Rapskuchen) |
| Summe der <i>de novo</i> synthetisierten FS C 4:0-C 15:0 | 32,8 ^a | 25,6 ^b |
| Summe der FS ≥ C 18:0 (werden direkt aus dem Futterfett übernommen) | 30,6 ^a | 49,5 ^b |
| Summe der ungesättigten FS C 14:1-C 20:1 | 26,0 ^a | 39,8 ^b |
| Summe der gesättigten FS C 4:0-C 20:0 | 74,1 ^a | 60,9 ^b |

unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (p<0,05)

Bei der Betrachtung der kurz- und mittelkettigen Fettsäuren kann in jeder Fettsäure von C 4:0 bis C 15:0 (mit Ausnahme von C 14:1) eine deutliche Reduktion ($p < 0,05$), im Vergleich zur Kontrollration festgestellt werden. Die Verfütterung von Rapskuchen führt zu einer Reduzierung ($p < 0,05$) der im Euter *de novo* synthetisierten kurz- und mittelkettigen Fettsäuren, von 32,83 % in der Kontrollration zu 25,58 % in der Versuchsration. Die mittelkettige Fettsäure C 16:0 (Palmitinsäure) wurde nicht in die Summenbildung einbezogen, da deren Herkunft nicht sicher quantifiziert werden kann, da ein Teil im Euter *de novo* synthetisiert wird und der andere Anteil aus dem Futterfett sowie der Mobilisierung von Körperfett stammt. Die Milch der Tiere, die die Kontrollration erhielten, weist mit 33,62 % einen höheren Gehalt ($p < 0,05$) an Palmitinsäure (C 16:0) als die der Tiere in der Versuchsgruppe mit 22,86% auf. Die Fettsäure C 18:0 (Stearinsäure) welche aus der ruminalen Biohydrogenierung stammt, liegt bei den Versuchstieren mit einem prozentualen Anteil von 13,09 der analysierten Fettsäuren im Milchfett um 4,7 % höher ($p < 0,05$), als in der Kontrollration, was die direkte Inkorporation langkettiger Fettsäuren aus dem Pansen belegt. Deutliche Unterschiede sind in der einfach ungesättigten Ölsäure (C 18:1 c9) zu erkennen. Die Milch der Versuchstiere enthält mit 26,98% einen um 10,43 % höheren Gehalt ($p < 0,05$) im Vergleich zu den Kontrolltiere. Der Anteil der Summe der ungesättigten Fettsäuren (C 14:1-C 20:1) liegt in der Milch der Versuchstiere mit 39,76 % höher ($p < 0,05$) als im Vergleich zu den Kontrolltieren (26,02 %). Durch die Verfütterung von Rapskuchen im vorliegenden Fütterungsversuch konnte der Anteil an gesättigten Fettsäuren bei den Tieren, die Rapskuchen erhalten haben (60,85 %) im Vergleich zur Kontrolle (74,08 %) reduziert werden ($p < 0,05$).

Fasst man die Ergebnisse der analysierten Fettsäuren im Milchfett zusammen, so lässt sich erkennen, dass die Verfütterung von Rapskuchen eine Veränderung in der Milchfettzusammensetzung nach sich zieht. Im vorliegenden Fütterungsversuch wurde durch Rapskuchen die Summe der im Euter *de novo* synthetisierten Fettsäuren (C 4:0-C 15:0) reduziert ($p < 0,05$). Dagegen wurde der Anteil der langkettigen Fettsäuren ($FS \geq C 18:0$) im Milchfett durch Rapskuchen erhöht ($p < 0,05$). Der Anteil der ungesättigten Fettsäuren (C 14:1-C 20:1) wurde durch Rapskuchen ebenfalls erhöht ($p < 0,05$) und der Anteil der gesättigten Fettsäuren (C 4:0-C 20:0) im Milchfett reduziert ($p < 0,05$). Tabelle 4 zeigt die mittleren täglich produzierten und über die Milch abgegebenen Fettsäuremengen.

Tabelle 4: Fettsäuremenge bezogen auf den Gesamtfettgehalt der Milch in Abhängigkeit von der Fütterung (in g/Tag) (KOCH, 2010)

| Parameter | Versuchsabschnitt 1 (Kontrolle) | Versuchsabschnitt 2 (Rapskuchen) |
|-------------------------|--|---|
| Fettgehalt in % | 4,20 ^a | 3,85 ^b |
| Fettmenge in kg | 1,18 ^a | 1,10 ^b |
| Fettsäuren bis C 16:0 | 859,6 ^a | 578,5 ^b |
| Fettsäuren ab C 17:0 | 390,9 ^a | 563,1 ^b |
| gesättigte Fettsäuren | 927,9 ^a | 699,8 ^b |
| ungesättigte Fettsäuren | 322,6 ^a | 441,8 ^b |

unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Der Milchfettgehalt (%) bei den Tieren, die mit Rapskuchen versorgt wurden, liegt auf einem geringeren Niveau ($p < 0,05$) als bei den Tieren, die die Kontrollration erhielten. Aufgrund der geringeren ($p < 0,05$) energiekorrigierten Milchmenge (ECM) produzierten die Versuchstiere (Rapskuchen) weniger Milchfett ($p < 0,05$) pro Tag. Betrachtet man die kurz- und mittelkettigen Fettsäuren (C 4:0 bis C 16:0) und geht davon aus, dass alle Fettsäuren mit einer Kettenlänge von C 4 bis C 15 in der Milchdrüse *de novo* synthetisiert werden, so produzieren die Tiere im Versuchsabschnitt 2 (Rapskuchen) mit 578,5 g/Tag kurz- und mittelkettige Fettsäuren signifikant weniger ($p < 0,05$) als im Versuchsabschnitt 1 (Kontrolle) mit 859,6 g/Tag. Da der Anteil der Fettsäure C 16:0, der aus der *de novo* Synthese und welcher aus den Fettsäuren des Futterfettes stammt, nicht quantifiziert werden kann, wurde diese Fettsäure zu den kurz- und mittelkettigen Fettsäuren hinzugezählt. Der Anteil der täglich produzierten langkettigen Fettsäuren ab einer Kettenlänge von C 17 liegt in der vorliegenden Studie mit 563,1 g in der Versuchsgruppe um 172,2 g höher ($p < 0,05$) als in der Kontrollgruppe. Gleichgerichtete Effekte werden bei den täglich gebildeten ungesättigten Fettsäuremengen von 441,8 g im Versuch im Vergleich zur Kontrolle mit 322,6 g ermittelt. Somit produzierten die Tiere im Versuch im Mittel täglich 119,2 g ungesättigte Fettsäuren mehr ($p < 0,05$), was auf eine gesündere Milch für den Menschen schließen lässt. Analysiert man die täglich produzierten gesättigten Fettsäuren im Milchfett, so synthetisieren die Tiere, welche Rapskuchen erhielten, mit 699,8 g eine um 228,1 g geringere tägliche Menge an gesättigten Fettsäuren im Vergleich zu den Kontrolltieren (927,9 g) ($p < 0,05$).

Diskussion

Rapskuchen veränderte die Milchfettzusammensetzung dahingehend, dass die Summe der im Euter *de novo* synthetisierten Fettsäuren (C 4:0-C 15:0) verringert wurde ($p < 0,05$). Die langkettigen Fettsäuren im Milchfett wurden durch Rapskuchenfütterung erhöht ($p < 0,05$). Der Anteil der Fettsäuren mit einer Kettenlänge \geq C 18:0, welche direkt aus dem Futterfett stammen, wurde durch den Rapskuchen ebenfalls angehoben ($p < 0,05$). Die Summe der ungesättigten Fettsäuren (C 14:1-C 20:1) im Milchfett konnte durch Rapskuchen erhöht werden ($p < 0,05$), was auf eine für den Menschen ernährungsphysiologisch gesündere Milch hindeutet. Die gesättigten Fettsäuren (C 4:0-C 20:0) wurden bei den Tieren, die Rapskuchen erhalten haben vermindert ($p < 0,05$). PALMQUIST et al. (1993) nennen die Menge und die Zusammensetzung des Rohfettes in der Ration als den wichtigsten Einflussfaktor auf die Milchfettzusammensetzung, was die eigenen Ergebnisse bestätigen. Das Rapsfett enthält einen hohen Anteil an Ölsäure (C 18:1), welcher auch im Milchfett durch die Rapskuchenfütterung signifikant erhöht ($p < 0,05$) werden konnte. KHORASANI et al. (1991) verfütterten verschiedene Mengen an Rapssaat und konnten eine Reduktion der kurz- und mittellangkettigen Fettsäuren sowie einen 65%igen Anstieg der Ölsäure im Milchfett ausweisen. Die Ergebnisse stimmen sehr gut mit den eigenen überein. Gleiche Ergebnisse erzielten DELBECCHI et al. (2001), die geschützte sowie ungeschützte Rapssaat an Milchkühe verfütterten. Diese Ergebnisse konnten von WARD et al. (2002) durch Verfütterung von Fett in Form von Solin, Flax oder Rapssaat an Milchkühe bestätigt werden. EGGER (2007) stellten ebenfalls eine Reduktion der kurzkettigen Fettsäuren im Milchfett fest, wenn die Tiere mit Rapssaat oder Leinsaat gefüttert wurden. KUDRNA und MAROUNEK (2006) verabreichten verschiedene Fettsupplemente und konnten keine Veränderung bzgl. der kurzkettigen Fettsäuren gegenüber der Kontrollgruppe erkennen. Der Anteil der mehrfach ungesättigten Fettsäuren war in der mit extrudierter Leinsaat versorgten Gruppe gegenüber den anderen signifikant erhöht. Zu gegenläufigen Ergebnissen der zuvor genannten Autoren kommen MOSLEY et al. (2007) die unterschiedliche Mengen an Palmöl an Milchkühe verfütterten und mit steigendem Palmölanteil in der Ration signifikant höhere Gehalte an gesättigten Fettsäuren im Milchfett analysierten. Hierbei soll auf den deutlich höheren Gehalt an gesättigten Fettsäuren im Palmöl im Vergleich zu Rapsöl hingewiesen werden, worüber die Ergebnisse teilweise erklärt werden können. Die diskutierten Versuchsergebnisse aus der Literatur sowie die eigenen machen deutlich, dass der Einfluss des Futterfettes auf die Milchfettzusammensetzung von mehreren Faktoren abhängt.

Zum einen soll in diesem Zusammenhang die Fettsäurezusammensetzung des Futterfettes als wichtiger Faktor genannt werden. Die Fettsäurezusammensetzung der verschiedenen am Markt befindlichen Pflanzenölen (Rapsöl, Leinöl, Palmöl, Olivenöl, etc.) sowie die beim Herstellungsprozess anfallenden Nebenprodukte (z. B. Rapskuchen) ist von fundamentaler Bedeutung. Nicht zu vernachlässigen ist hierbei der Effekt der Fettsäurezusammensetzung des Futtermittels und deren Auswirkungen auf die Nährstoffumsetzungen in den Vormägen (Lipolyse, Biohydrogenierung). Zum anderen spielt die verabreichte Menge der fetthaltigen Futtermittel eine grundlegende Rolle, um die Milchfettzusammensetzung in eine gewünschte Richtung zu verschieben. Die zitierten Fütterungsversuche variieren neben dem verfütterten Futtermittel, der Einsatzmenge auch in der Fettsäurezusammensetzung. Deshalb ist eine Interpretation der Ergebnisse sinnvollerweise nur mit Kenntnis des eingesetzten Fettsupplements und der Einsatzmenge möglich.

Fazit

Rapskuchen reduzierte den Anteil an gesättigten und erhöhte den Anteil an ungesättigten Fettsäuren im Milchfett, was auf eine Milchfettzusammensetzung hin zu einer ernährungsphysiologisch gesünderen Milch für den Menschen hindeuten könnte. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Rapskuchen Anteile von Sojaextraktionsschrot und Getreide in einer Ration von hochleistenden Milchkühen ohne Leistungseinbußen ersetzen kann (KOCH, 2010). Da Rapskuchen je nach Abpressgrad unterschiedliche Rohfettgehalte aufweist sind weitere Studien, um den Effekt hoher Mengen an Rohfett auf Fruchtbarkeit und Tiergesundheit zu analysieren, wünschenswert. Eventuelle Langzeitauswirkungen bei Verfütterung hoher Fettmengen auf den Stoffwechsel der Tiere gilt es weiter zu erforschen. Untersuchungen zum Einfluss von fetthaltigen Futtermitteln auf den pH-Wert im Pansen und nachfolgende Effekte auf Milchinhaltsstoffe sollten durchgeführt werden.

Literatur

- CHOUINARD, P.Y., L. CORNEAU, D.M. BARBANO, L.E. METZGER und D.E. BAUMAN (1999): Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *Journal of Nutrition* 129 (8), 1579-1584
- CHRISTIE, W.W. (1982): A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of Lipid Research* 23 (7), 1072-1075
- DELBECCI, L., C.E. AHNADI, J.J. KENNELLY und P. LACASSE (2001): Milk fatty acid composition and mammary lipid metabolism in Holstein cows fed protected or unprotected canola seeds. *J. Dairy Sci.* 84, 1375-1381
- EGGER, P., G. HOLZER, S. SEGATO, E. WERTH, F. SCHWIENBACHER, G. PERATONER, I. ANDRIGHETTO und A. KASAL (2007): Effects of oilseed supplements on milk production and quality in dairy cows fed a hay-based diet. *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 395-405
- HARA, A. und N.S. RADIN (1978): Lipid extraction of tissues with a low toxicity solvent. *Analytical Biochemistry* 90 (1), 420-426
- KHORASANI, G.R., P.H. ROBINSON, G. DE BOER und J.J. KENNELLY (1991): Influence of canola fat on yield, fat percentage, fatty acid profile and nitrogen fractions in Holstein milk. *J. Dairy Sci.* 74, 1904-1911
- KOCH, C. (2010): Futtermittelkundliche und ernährungsphysiologische Bewertung von Rapskuchen für Milchkühe. Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät Universität Bonn, 170 S.
- KUDRNA, V. und M. MAROUNEK (2006): The influence of feeding rapeseed cake and extruded soyabean on the performance of lactating cows and the fatty acid pattern of milk. *J. Anim. Feed Sci.* 15,361-370
- MOSLEY S.A., E.E. MOSLEY, B. HATCH, J.I. SZASZ, A. CAROTO, N. ZACHARIAS, D. HOWES und M.A. MCGUIRE (2007): Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90, 987-993
- PALMQUIST, D.L., A.D. BEAULIEU und D.M. BARBANO (1993): Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76, 1753-1771
- WARD, A.T., K.M. WITTENBERG und R. PRZYBYLSKI (2002): Bovine milk fatty acid profiles produced by feeding diets containing solin, flax and canola. *J. Dairy Sci.* 85, 1191-1196
- ZMP (2009): Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle. <http://www.zmp.de/agrarmarkt/ackerbau.asp>. [Stand: 06.04.09]

Autorenanschrift:

Dr. Christian Koch
Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung, Hofgut Neumühle
67728 Münchweiler an der Alsenz
Tel.:06302/60343
e-mail: c.koch@neumuehle.bv-pfalz.de