

Scheinbar umsetzbarer Energiegehalt des Glycerins in der Legehennenfütterung und sein Einfluss auf die Legeleistung sowie auf die Qualität des Hühnereies

Estimation of apparent metabolizable energy (AME_N) value of glycerol in laying hen diets and effects on egg production and egg quality

K. Németh², E. Zsédely², O. Dóka¹ und J.Schmidt²

¹ Lehrstuhl für Mathematik und Physik, Westungarische Universität, Mosonmagyaróvár, Ungarn

² Lehrstuhl für Tierernährung, Westungarische Universität, Mosonmagyaróvár, Ungarn

Correspondence: schmidtj@mtk.nyme.hu

Manuscript received 25 June 2013, accepted 14 September 2013

Einleitung

Die Abnahme der fossilen Energievorräte sowie die Unsicherheiten der Erdgas- und Ölversorgung erhöhen die Bedeutung der erneubaren Energieträger, so auch der Biodiesel-Herstellung. Die Bestrebung der Europäischen Union, dass in den Kraftfahrzeugen verbrauchtes Dieselöl 5,75% Biodieselöl enthalten soll, hat zur Folge, dass in den 27 Mitgliedsländern der Europäischen Union im Jahr 2011 9,57 Millionen Tonnen Biodiesel hergestellt wurden (EBB STATISTICS, 2011). Diese Menge wird in Zukunft mit Sicherheit weiter steigen.

Während der Biodiesel-Herstellung entsteht abhängig von der verwendeten Technologie zwischen 79 g (THOMPSON und HE, 2006) und 100 g (KOVÁCS, 2003; FRIEDRICH, 2004) Glycerin. Entsprechend sind in der Europäischen Union im Jahr 2011 etwa 0,76–0,96 Millionen Tonnen Glycerin bei der Biodiesel-Herstellung angefallen. Bei einem weiteren Anstieg der Glycerin-Menge in der Zukunft kann die über den Verbrauch der chemischen, kosmetischen, pharmazeutischen und der Lebensmittelindustrie hinaus zur Verfügung stehende Glycerin-Menge zur Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere eingesetzt werden.

Das Glycerin wird auf Grund seines geringen Molekulargewichtes und der guten Wasserlöslichkeit sehr gut resorbiert (SAMBROOK, 1980, GUYTON, 1991). In einem mit Legehennen durchgeführten Versuch stellten BARTELT und SCHNEIDER (2002) fest, dass in Abhängigkeit vom Anteil im Futter 97,1–99,4% des Glycerins bis zum Ende des Ileums resorbiert wird. Glycerin ist in vielfältiger Weise am Stoffwechsel beteiligt. Im Falle eines Energiemangels kann über die Glukoneogenese Glukose gebildet werden. Dies ist erster Linie bei Milchkühen im ersten Drittel der Laktation wichtig. Ferner wird bei Energiemangel das Glycerin in Rahmen des Krebs-Zyklus ebenfalls für die Energiebereitstellung genutzt. In einem solchem Fall bilden sich aus einem Mol Glycerin 22 Mol ATP (BARTELT und SCHNEIDER, 2002). Wenn die Futtermittelration der Tiere genug Energie enthält, wird das Glycerin zur Fettsynthese verwendet.

In der Fütterung der Milchkühe wird in letzter Zeit das Glycerin zur Verbesserung der Energieversorgung der Tiere eingesetzt. Es liegen aber auch schon Erfahrungen über den Einsatz bei monogastrischen Tieren, in erster Linie Mastschweinen und Broilern, vor. In den mit Broilern durchgeführten Versuchen wurde die umsetzbare Energie (BRAMBILLA und HILL, 1966; BARTELT und SCHNEIDER, 2002) und der AME_N -Gehalt (DOZIER et al., 2008; SCHMIDT und ZSÉDELY, 2012) des Glycerins bestimmt. Es sind Daten zum Einfluss von Glycerin auf die Gewichtszunahme, Futteraufwand und Fleischqualität beim Broiler bekannt (CAMPBELL und HILL, 1962; LIN et al., 1976; LESSARD et al., 1993; SIMON et al., 1996 und 1997; CERRATE et al., 2006; SCHMIDT und ZSÉDELY, 2012). Dagegen wurden mit Legehennen nur wenige Versuche durchgeführt. In diesen Versuchen wurde der Gehalt an umsetzbarer Energie (BARTELT und SCHNEIDER, 2002) bzw. der AME_N -Gehalt (LAMMERS et al., 2008; SWIATKIEWICZ und KORELESKI, 2009) des Glycerins bestimmt. In den letzten beiden Versuchen wurden sehr unterschiedliche AME_N -Werte ermittelt.

Deswegen war eine Zielsetzung unseres Versuches, den AME_N-Gehalt des Glycerins in der Legehennenfütterung zu bestimmen.

In Anbetracht dessen, dass Glycerin – wie bereits beschrieben – in mehrererlei Weise am Stoffwechsel teilnehmen kann (Glucose- und Energie-Lieferung, Teilnahme in der Fettsynthese), besteht die Möglichkeit, dass Glycerin als Komponente des Legemehls die Legeleistung und die Eimasseproduktion beeinflussen kann. Bei den bisher mit Legehennen durchgeführten Versuchen war die Versuchsdauer nur bei [SWIATKIEWICZ und KORELESKI \(2009\)](#) sowie bei [YALÇIN et al. \(2010\)](#) lang genug (25 bzw. 39 Woche), um sichere Aussagen bezüglich einer Wirkung des Glycerins auf die Legeleistung, auf das Eigewicht und auf die Eimassenproduktion machen zu können. Deswegen wurde im vorliegenden Versuch insbesondere die Entwicklung der Legeleistung der Hühner betrachtet.

Nachdem Glycerin im Fettstoffwechsel teilnehmen kann, besteht die Möglichkeit, dass die Glycerin-Ergänzung den Fettgehalt und daraus folgend den Energiegehalt der Eier beeinflussen bzw. die Fettsäurezusammensetzung verändern kann. Bezüglich des Fett-, des Energie- und des Eiweissgehaltes stehen in der Literatur keine Daten zur Verfügung. Auswirkungen der Glycerin-Ergänzung auf das Fettsäuremuster der Eier wurden nur von [YALÇIN et al. \(2010\)](#) untersucht. Daher wurde im vorliegenden Versuch auch die mögliche Auswirkung der Glycerin-Ergänzung auf die Zusammensetzung (Energie-, Fett- und Eiweissgehalt, Eiklar-Eidotter Verhältnis) und das Fettsäuremuster der Eier berücksichtigt. Hier wurden auch Fettsäuren einbezogen, über die in der Literatur kaum Informationen vorliegen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde mit Tetra SL Legehennen durchgeführt, die in 16 ebenerdigen Einzel-Stoffwechselkäfigen untergebracht waren. Eine Gruppe bestand aus 4 Hennen. Die Tiere wurden zufällig auf die Gruppen verteilt. Die Grundfläche und die Höhe der Einzelkäfige betragen 50x44 cm bzw. 48 cm. Jeder Käfig war mit einem Futtertrog und einer Tränke ausgestattet. Mit einem unter den Käfigen vorhandenen Blech war die vollständige Sammlung der ausgeschiedenen Exkremente möglich.

Die Tiere wurden an die Haltungsverhältnisse und das neue Futter in einer zehntägigen Vorperiode gewöhnt. Die Versuchsperiode, in welcher der Futterverzehr und die Menge der ausgeschiedenen Exkremente bestimmt wurden, dauerte ebenfalls zehn Tage. Die täglich ausgeschiedene Menge an Exkrementen wurde gewogen und anschließend tiefgefroren. Nach der Versuchsperiode wurden die Exkrementproben aufgetaut, die Einzelproben je Tier zu einer Sammelprobe vereinigt, homogenisiert und anschließend bei 60°C getrocknet. Der Stickstoffgehalt der Exkremente wurde zur Vermeidung von Ammoniakverlusten vor der Trocknung aus der Frischmasse bestimmt. Der Versuch wurde mit unveränderter Methodik und mit immer neuen Legehennen noch zweimal wiederholt, so dass in den Versuch insgesamt 48 Legehennen einbezogen waren. Die Legehennen waren in den aufeinander folgenden Versuchen beim Anfang der Versuche 41, 44 bzw. 47 Wochen alt. Um die eventuelle Wirkung von Glycerin auf die Legeleistung und das Eigewicht in einer längeren Versuchsperiode zu prüfen, wurden die Legehennen nach dem dritten Stoffwechselversuch noch weitere 40 Tage im Käfig gehalten und die Legeleistung und das Eigewicht in den einzelnen Gruppen erfasst.

Die Hühner verzehrten das in der [Tabelle 1](#) angegebene Legemehl. Hinsichtlich des Nährstoffgehaltes entsprach das Legemehl den im Ungarischen Futterkodex für Legehennen empfohlenen Werten. Das Legemehl der Kontrollgruppe enthielt 10,0% Maisstärke, die im Legemehl der Versuchsgruppen durch 5,0, 7,5 bzw. 10,0% Glycerin substituiert wurde. Nachdem das geprüfte Glycerin eine bedeutende Menge (4,5%) NaCl enthielt, wurde zur Vermeidung einer übermäßigen Salzaufnahme durch die Hühner der Salzgehalt des Futters in Abhängigkeit vom Glycerin-Gehalt reduziert. Den Hühnern wurde täglich 120 g Legemehl zugefüttert.

Tabelle 1. Zusammensetzung, Nährstoff- und Energiegehalt der Versuchsrationen

Composition, contents of nutrients and energy of experimental diets

Komponenten		Gruppe I. Kontrollgruppe	Gruppe II. 5% Glyzerin	Gruppe III. 7,5% Glyzerin	Gruppe IV. 10% Glyzerin
Mais	%	33,5	33,5	33,5	33,5
Weizen	%	20,8	20,8	20,8	20,8
Sojaextraktionsschrot (45% Rohprotein)	%	19,0	19,0	19,0	19,0
Sonnenblumenextraktionsschrot (38,8% Rohprotein)	%	6,00	6,00	6,00	6,0
Maisstärke	%	10,0	5,00	2,50	–
Glyzerin	%	–	5,00	7,50	10,0
Futterkalk	%	8,50	8,75	8,88	9,0
MCP	%	1,00	1,00	1,00	1,00
Salz	%	0,500	0,250	0,120	–
Premix ¹	%	0,500	0,500	0,500	0,500
L-Lysin-HCl	%	0,070	0,070	0,070	0,070
DL-Methionin	%	0,130	0,130	0,130	0,130
Trockensubstanz ³	%	89,8	89,7	89,6	89,6
AME _N ²	MJ/kg	11,61	11,68	11,71	11,75
Rohprotein ³	%	17,0	17,0	17,0	17,0
Rohfett ³	%	2,08	2,10	2,12	2,13
Rohfaser ³	%	3,01	3,01	3,01	3,01
Stärke ³	%	46,8	42,4	40,2	38,0
Zucker ³	%	3,48	3,48	3,48	3,48
Lysin ⁴	%	0,825	0,825	0,825	0,825
Methionin ⁴	%	0,401	0,401	0,401	0,401
Cystin ⁴	%	0,291	0,291	0,291	0,291
Treonin ⁴	%	0,597	0,597	0,597	0,597
Tryptophan ⁴	%	0,186	0,186	0,186	0,186
Ca ³	%	3,49	3,58	3,63	3,68
P ³	%	0,560	0,560	0,560	0,570
Na ³	%	0,217	0,217	0,217	0,217

¹ Zusammensetzung des Premixes: Vitamin A 2000000 IE/kg, Vitamin D 700000 IE/kg, Vitamin E (α -tocopherol) 6800 mg/kg Vitamin K₃ 525 mg/kg, Fe 7990 mg/kg, Mn 19543 mg/kg, Zn 19313 mg/kg, Cu 1929 mg/kg, Se 68,31 mg/kg

² AME_N MJ/kg = 0,1551 × Rohprotein % + 0,3431 × Rohfett % + 0,1669 × Stärke% + 0,1301 × Zucker%

³ analysiert

⁴ berechnet (Daten von [JEROCH et al., 1993](#); Futtermittelkunde)

Basierend auf den beiden vorher durchgeführten Versuchen (10% und 4% Glyzerin), in denen der AME_N-Gehalt des Glyzerins bestimmt wurde, wurde der Glyzerin-Gehalt des Legemehls auf durchschnittlich 7,5% eingestellt. [LAMMERS et al. \(2008\)](#) verwendeten Legemehl mit 5, 10 und 15% Glyzerin, während [SWIATKIEWICZ und KORELESKI \(2009\)](#) in ihrem Versuch Versuchsrationen mit 2, 4, bzw. 6% Glyzerin eingesetzt haben. Die gewählte mittlere Zulagehöhe des Glyzerins sollte die Auswertung der Ergebnisse erleichtern.

Das im Versuch eingesetzte Glyzerin war ein zur Fütterung geeignetes Rohglyzerin, das in 92,0% Trockensubstanz 86,8% Glyzerin und wenig (0,49%) Rohfett enthielt und das einen geringen Methanol-Gehalt aufwies (0,04%). Bedeutend war dagegen sein Rohasche-Gehalt von 4,67%, in dem 96,6% NaCl enthalten waren. Der Bruttoenergie-Gehalt des geprüften Produktes betrug 15,59 MJ/kg.

Der Versuch war durch den Tierschutz-Ausschuss der Westungarischen Universität genehmigt.

Die chemische Analyse der Futter-, Eier-, und der Exkrementproben wurde nach AOAC (1995) durchgeführt. Der Trockensubstanz-, Rohprotein-, Rohfett-, Rohasche-, Stärke-, Zucker-, Ca- und P- Gehalt wurden analysiert. Der Bruttoenergie-Gehalt der oben genannte Proben wurde mit einem Bombenkalorimeter (Gerätetyp: IKA C2000 Basic)

bestimmt. Der Glycerin- und Methanolgehalt des geprüften Glycerins wurde nach den Normen [ISO EN 14106 \(2003\)](#) und [ISO EN 14110 \(2003\)](#) ermittelt. Die Fettsäureanalyse der Eier erfolgte mittels Gaschromatographie (Gerät: HP Agilent Technologies 6890N- Agilent Technologies USA), das mit der Säule SupelcoSpTM 2560 Fused Silica KapilarColonne (100 m × 0,25 mm × 0,2 µm) ausgestattet war. Weitere Kenndaten sind: Trägergas H₂, Druck 176,8 kpa; Detektor: FID; Flussrate Wasserstoff 35 ml/min., Sauerstoff 30 ml/min., Luft 300 ml/min. Die Verseifung der Fette erfolgte mit in Methanol gelöster 1 n NaOH. Die Veresterung wurde mit in Methanol gelöstem Bor-Trifluorid durchgeführt. Das Auftragen der Probe geschah mit Hexan. Zur Identifikation der einzelnen Fettsäuren wurde der Standard Supelco TM 37 Component FAME MIX (CatalogNo. 47885-n) verwendet.

Der AME_n-Gehalt des gefütterten Glycerins wurde mit folgender Gleichung ([DOZIER et al., 2008](#)) bestimmt:

$$AME_N = \frac{[E-EA]-[36,5 \times (SA-SK)]}{FV}$$

E = Energieaufnahme (kJ/10 Tage)

EA = Energieausscheidung (kJ/10 Tage)

SA = Stickstoffaufnahme (g/10 Tage)

SK = Stickstoffausscheidung mit den Exkrementen (Kot + Harn) (g/10 Tage)

FV = Futterverzehr (kg/10 Tage)

36,5 = Korrekturfaktor nach Titus (1956)

Statische Auswertung

Die statische Auswertung der Versuchsergebnisse wurde mit der Software GenStat 11* (GenStatProcedure Library Release PL 19.1, International Ltd.) vorgenommen. Die Wirkung des Glycerins auf die geprüften Parameter (Eiproduktion, Eigewicht, Eimasse, Eidotter und Eiklar-Anteil, chemische Zusammensetzung der Eier einschließlich der Fettsäurezusammensetzung, Dicke der Eischale, Haugh-Index) wurde mittels ein-faktorieller Varianzanalyse (ANOVA) bestimmt. Der AME_n-Gehalt des verwendeten Glycerins wurde mittels Regressionsanalyse zwischen dem AME_n-Gehalt und dem Glycerin-Gehalt des Legemehls ermittelt.

Ergebnisse

Der Zusammenhang zwischen dem Glycerin-Gehalt und dem AME_n-Gehalt des Legemehls ist in der [Abbildung 1](#) dargestellt. Aus der [Abbildung](#) ist zu entnehmen, dass der AME_n-Gehalt des geprüften Glycerin-Erzeugnisses 15,36 MJ/kg beträgt. Nachdem der Glycerin-Gehalt des geprüften Erzeugnisses 86,8% betrug, ist der auf reines Glycerin bezogene AME_n-Gehalt 17,70 MJ/kg. Dies entspricht 98,00% des Brutto-Energiegehaltes des reines Glycerins (18,06 MJ/kg).

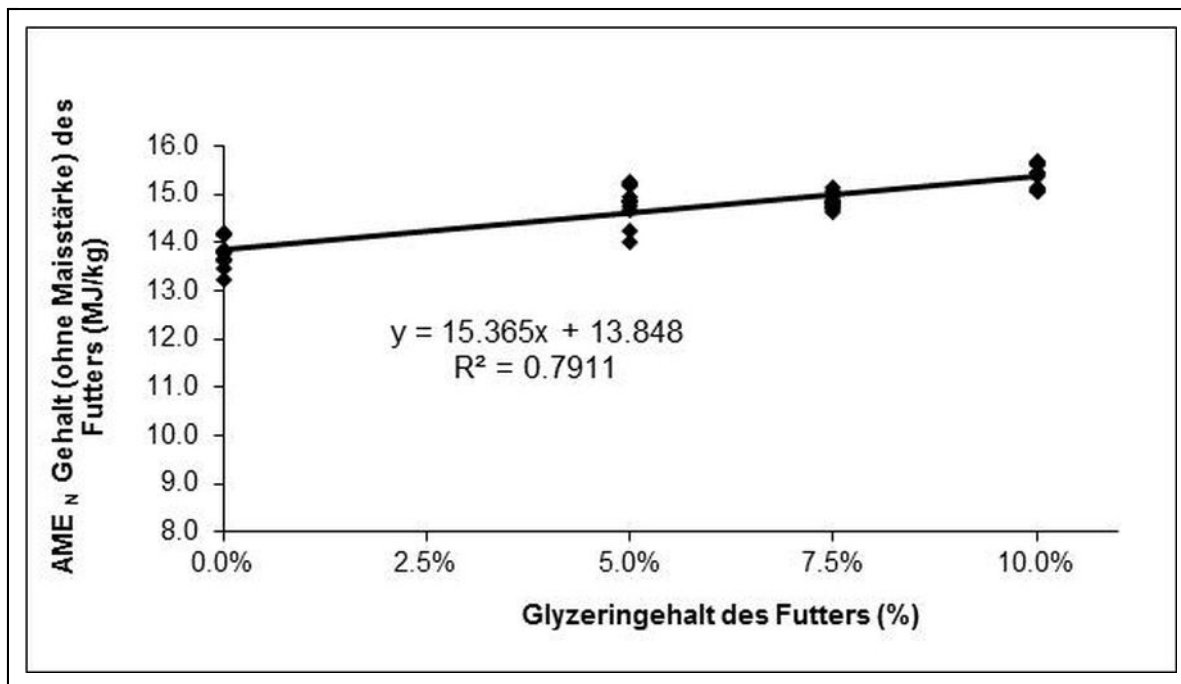


Abbildung 1. AME_N Gehalt des Glyzerins bei Legehennen

AME_N content of glycerol for laying hens

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Legeleistung der Hühner, das Eigewicht, die Eimasse-Produktion und die weiteren geprüften Parameter dargestellt. Die Versuchsergebnisse bestätigen, dass die Glyzerin-Zulage weder die Legeleistung noch das Eigewicht und daraus folgend auch nicht die Eimasse signifikant beeinflusst. Die Fütterung des Glyzerins bewirkte keine signifikanten Veränderungen im Eiklar- und Eidotter-Anteil sowie im Energie-, Rohprotein-, Rohfett-, und Rohasche-Gehalt der Eier.

Tabelle 2. Einfluss des Glyzerins auf die Legeleistung der Hühner, auf den Nährstoffgehalt sowie auf weitere Eigenschaften des Hühnereies

Effect of glycerol on egg production of hens, on nutrients contents of eggs and on further egg characteristics

		Kontrollgruppe	5,00%	7,50%	10,00%	p Wert
			Glyzerin			
Legeleistung	%	92,5 ± 4,89	93,0 ± 3,04	91,6 ± 3,72	92,3 ± 8,66	NS
Eigewicht	g/Ei	61,6 ± 2,06	62,0 ± 2,52	61,2 ± 2,28	61,6 ± 2,83	NS
Eimasse Anteil	g/Tag	57,0 ± 4,19	57,7 ± 3,42	56,1 ± 2,12	56,9 ± 6,96	NS
des Eiklars ¹	%	61,4 ± 1,78	61,3 ± 2,46	61,1 ± 2,08	61,5 ± 1,39	NS
des Eidotters ¹	%	25,7 ± 1,46	24,8 ± 2,58	25,7 ± 2,28	25,7 ± 1,34	NS
Trockensubstanz ¹	%	23,5 ± 0,62	23,0 ± 1,26	23,6 ± 2,19	22,9 ± 0,55	NS
Bruttoenergie ²	kJ/g	26,9 ± 0,39	27,1 ± 0,65	27,0 ± 0,58	26,8 ± 0,40	NS
Rohprotein ²	%	51,9 ± 1,23	52,3 ± 1,01	53,4 ± 5,97	52,2 ± 1,56	NS
Rohfett ²	%	31,0 ± 1,95	30,0 ± 1,60	31,0 ± 5,56	31,2 ± 3,52	NS

¹ im Ei ohne Schale

² in der Trockensubstanz des Eies ohne Schale

NS: nicht signifikant

Die Fettsäurezusammensetzung der Eier ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, dass die Glyzerin-Ergänzung die Bildung einiger Fettsäuren der Eier signifikant beeinflusst. Von den

gesättigten Fettsäuren (SF) erhöhte die 5,0% und 7,5% Glycerin-Ergänzung signifikant den Gehalt an Myristinsäure (C_{14:0}) und Arachidinsäure (C_{20:0}) in den Eiern. In der Tendenz wurde auch der Gehalt an Palmitinsäure (C_{16:0}) und Stearinsäure (C_{18:0}) erhöht, was aber nicht signifikant war. Die Glycerin-Ergänzung bewirkte nur eine Senkung der Menge an Heptadecansäure (C_{17:0}). Dies zeigt, dass bei einer Zugabe von 5% Glycerin der Anteil der gesättigten Fettsäuren an den Gesamtfettsäuren relativ um 2,0% und bei einer Zugabe von 7,5% Glycerin sogar signifikant um 3,0% zunimmt, was in Hinsicht auf die menschliche Ernährung ungünstig ist.

Tabelle 3. Wirkung des Glycerins auf die Fettsäurezusammensetzung der Eidotter (in % der gesamten Fettsäuren)

Effect of glycerol on fatty acids profiles of egg yolks (fatty acids as percent of total fatty acids)

Fettsäure	Kontrollgruppe	5,0% Glycerin	7,5% Glycerin	10,0% Glycerin	p Wert
C _{14:0}	0,39 ± 0,02 ^a	0,42 ± 0,05 ^{bc}	0,46 ± 0,05 ^c	0,40 ± 0,05 ^{ab}	0,05
C _{14:1}	0,07 ± 0,009	0,07 ± 0,014	0,07 ± 0,014	0,07 ± 0,026	NS
C _{15:0}	0,09 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	NS
C _{16:0}	26,2 ± 0,91	26,9 ± 1,05	27,0 ± 0,70	26,8 ± 1,24	NS
C _{16:1}	3,32 ± 0,25	3,57 ± 0,58	3,53 ± 0,48	3,58 ± 0,95	NS
C _{17:0}	0,15 ± 0,03 ^b	0,12 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,02 ^{ab}	0,13 ± 0,03 ^{ab}	0,01
C _{17:1}	0,16 ± 0,03 ^b	0,13 ± 0,01 ^a	0,13 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,02 ^{ab}	0,05
C _{18:0}	8,57 ± 0,70	8,59 ± 0,50	8,77 ± 0,86	8,36 ± 0,71	NS
C _{18:1}	42,5 ± 1,43	42,7 ± 1,67	42,2 ± 1,20	43,2 ± 1,29	NS
C _{18:1 (n-7)}	1,52 ± 0,12	1,53 ± 0,16	1,47 ± 0,13	1,56 ± 0,24	NS
C _{18:2 (n-6)}	11,8 ± 2,09	11,2 ± 0,89	11,1 ± 1,01	11,0 ± 1,47	NS
C _{20:0}	0,02 ± 0,005 ^a	0,03 ± 0,005 ^b	0,03 ± 0,007 ^b	0,02 ± 0,005 ^a	0,001
γ-C _{18:3 (n-6)}	0,12 ± 0,019 ^a	0,10 ± 0,036 ^{ab}	0,10 ± 0,012 ^b	0,10 ± 0,018 ^b	0,05
C _{20:1}	0,24 ± 0,03 ^a	0,25 ± 0,04 ^{ab}	0,26 ± 0,03 ^b	0,23 ± 0,02 ^a	0,01
C _{18:3 (n-3)}	0,22 ± 0,06 ^a	0,24 ± 0,03 ^a	0,28 ± 0,06 ^b	0,23 ± 0,09 ^{ab}	0,05
C _{20:2}	0,15 ± 0,02 ^c	0,13 ± 0,02 ^b	0,13 ± 0,01 ^b	0,11 ± 0,02 ^a	0,05
C _{22:0}	0,04 ± 0,007 ^b	0,05 ± 0,022 ^{ab}	0,04 ± 0,007 ^{ab}	0,03 ± 0,008 ^a	0,05
C _{20:3 (n-6)}	0,18 ± 0,02 ^a	0,21 ± 0,04 ^{ab}	0,22 ± 0,04 ^b	0,19 ± 0,04 ^{ab}	0,05
C _{20:4 (n-6)}	1,46 ± 0,31 ^a	1,89 ± 0,21 ^b	1,97 ± 0,27 ^b	1,82 ± 0,15 ^b	0,01
C _{20:5 (n-3)}	0,04 ± 0,021 ^{ab}	0,03 ± 0,013 ^a	0,05 ± 0,031 ^b	0,03 ± 0,007 ^a	0,05
C _{22:4 (n-6)}	0,21 ± 0,02 ^b	0,18 ± 0,03 ^a	0,20 ± 0,03 ^{ab}	0,20 ± 0,03 ^b	0,05
C _{22:5 (n-3)}	0,08 ± 0,013 ^{ab}	0,07 ± 0,014 ^a	0,09 ± 0,012 ^b	0,09 ± 0,018 ^b	0,05
C _{22:6 (n-3)}	0,40 ± 0,06 ^a	0,34 ± 0,04 ^b	0,38 ± 0,07 ^{ab}	0,36 ± 0,05 ^{ab}	0,05
SFA	35,5 ± 1,54 ^a	36,2 ± 1,15 ^{ab}	36,5 ± 0,79 ^b	35,8 ± 1,26 ^{ab}	0,05
MUFA	47,8 ± 1,50 ^{ab}	48,2 ± 1,54 ^{ab}	47,70 ± 0,89 ^a	48,7 ± 1,31 ^b	0,05
PUFA	14,6 ± 2,38	14,4 ± 0,92	14,5 ± 0,99	14,1 ± 1,63	NS
n-6	13,9 ± 2,30	13,7 ± 0,91	13,7 ± 0,97	13,4 ± 1,54	NS
n-3	0,72 ± 0,11 ^{ab}	0,68 ± 0,05 ^a	0,80 ± 0,12 ^b	0,71 ± 0,12 ^{ab}	0,01
n-6/n-3	19,3 ± 2,60 ^a	20,1 ± 1,60 ^a	17,1 ± 1,57 ^b	18,8 ± 1,50 ^{ab}	0,001
übrige Fettsäuren	2,15	1,25	1,26	1,40	

a, b, c: Innerhalb der Zeilen weichen die mit verschiedener Kleinbuchstaben bezeichneten Werte signifikant ($P < 0,05$) voneinander ab.

SFA: gesättigte Fettsäuren

MUFA: einfach ungesättigte Fettsäuren

PUFA: mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Bei den einfach-ungesättigten Fettsäuren (MUFA) nahm der Anteil der Palmitoleinsäure (C_{16:1}) und der Ölsäure (C_{18:1}) tendenziell mit der Zulagenhöhe des Glycerins zu, der Unterschied war aber nicht signifikant. Die Zugabe von 10,0% Glycerin brachte dagegen keine weitere Erhöhung. Eine signifikant negative Wirkung des Glycerins wurde nur auf den Gehalt der Heptadecansäure (C_{17:1}) beobachtet.

Die deutlichsten, oft signifikanten Auswirkungen der Glycerinzulage wurden bei den mehrfach ungesättigten Fettsäuren PUFA registriert. So erhöhte jedes Glycerin-Niveau signifikant den Gehalt an Arachidonsäure (C_{20:4}), die Zulage von 7,5% Glycerin die Menge an Linolensäure (C_{18:3}) sowie an Eicosatriensäure (C_{20:3}). Die Zulage von 5% Glycerin führte zu einer signifikanten Verminderung der Gehalte an Docosatetraensäure (C_{22:4}) und an Docosahexaensäure (C_{22:6}). Für die Linolsäure (C_{18:2}) lag zwar ebenfalls eine eindeutige, tendenzielle Wirkung vor, was aber nicht statistisch abgesichert werden konnte. Dagegen hatte die Glycerin-Zulage keinerlei Auswirkung auf die Gehalt der Eicosapentaensäure (C_{20:5}) und der Docosapentaensäure (C_{22:5}). Aus Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass die Verschiebungen der Gehalte bei einigen Fettsäuren der PUFA-Gruppe, in erster Linie der Gehalte an Linol- und Linolensäure, das Verhältnis der n-6 und n-3 Fettsäuren verengte, was hinsichtlich des Nährwertes der Eier als günstig zu bewerten ist. Es ist allerdings zu beachten, dass die ermittelten, signifikanten Veränderungen in der Fettsäurezusammensetzung nur kleinen, mengenmäßigen Veränderungen entsprechen.

Diskussion

Die Zulage an Glycerin hat die Futteraufnahme der Henne nicht beeinflusst. Auch in der Futtergruppe mit 10% Glycerin wurde das Legemehl vollständig verzehrt. Das stimmt mit den Erfahrungen anderer Versuche überein. So führte in der Untersuchung von [SWIATKIEWICZ und KORELESKI \(2009\)](#) eine 6%ige Glycerinzulage und im Versuch von [LAMMERS et al. \(2008\)](#) eine 15%ige Glycerinzulage zum Futter zu keiner Veränderung der Futteraufnahme. Im Versuch von [YALÇIN et al. \(2010\)](#) verminderte sich zwar die Futteraufnahme, aber die Abnahme betrug relativ nur 2,7%. In Untersuchungen mit Broilern erhöhte sich in der Mehrzahl der Versuche die Futteraufnahme ([SIMON et al., 1996, 1997](#); [SCHMIDT und ZSÉDELY, 2012](#)), nur im Versuch von [CERRATE et al. \(2006\)](#) wurde ein Rückgang Futteraufnahme beobachtet. Im Versuch [CERRATE et al. \(2006\)](#) verminderte zwar der 10%ige Glyceringehalt in geringem Maße (relative mit 3%) die Futteraufnahme, was aber auf die durch das Glycerin veränderten, physikalischen Eigenschaften des Futters zurückzuführen war. Der Futterfluß in den Trog war beeinträchtigt.

Der Energiegehalt des Glycerins für Legehennen wurde nur in wenigen Versuchen geprüft. [BARTELT und SCHNEIDER \(2002\)](#) stellten fest, dass die umsetzbare Energie von Glycerin sich in Abhängigkeit vom Anteil des Glycerins im Futter veränderte. Der umsetzbare Energiegehalt des reinen Glycerins betrug in diesem Versuch bei Glycerin-Zulagen von 5, 10 und 15% für Legehennen 17,59, 16,81, bzw. 14,54 MJ/kg Glycerin. Die Ursache der schlechteren Verwertung war, dass bei einem höheren Glycerin-Gehalt des Futters die mit dem Harn ausgeschiedene Glycerin-Menge zunahm. Diese Tatsache ist in Übereinstimmung mit der Meinung von [DOPPENBERG und VAN DER AAR \(2007\)](#), dass bei einigen Tierarten nicht genug Glycerin-Kinase zur Verfügung steht, damit das resorbierte Glycerin durch Bildung von Glycerin-3-Phosphat in den Stoffwechsel eintreten kann. In der Literatur wurden nur zwei Publikationen gefunden, die sich mit der Bestimmung des AME_n-Gehaltes des Glycerins in der Fütterung der Legehenne befassten. [LAMMERS et al. \(2008\)](#) führten ihre Versuche mit 48 Weisse Leghorn Legehennen durch. Das Legemehl enthielt in den Versuchsgruppen 5, 10 bzw. 15% Rohglycerin, mit 86,95% Glycerin-Gehalt. Die genannten Autoren stellten fest, dass der AME_n-Gehalt des geprüften Glycerins bei Legehennen 15,92 MJ/kg (3805 kcal/kg) betrug, dessen Wert sich nach der Meinung der Autoren vom Brutto-Energiegehalt des gefütterten Glycerins (15,17 MJ/kg, 3625 kcal/kg) nicht signifikant unterschied. [SWIATKIEWICZ und KORELESKI \(2009\)](#) prüften den AME_n-Gehalt eines 69,7% Glycerin enthaltenden Rohglyzerins mit 72 Bovans Brown Legehennen. Der Glycerin-Gehalt des Legemehls betrug bei den Versuchsgruppen 2, 4 und 6%. Der festgestellte AME_n-Gehalt lag bei 16,6 MJ/kg (3970 kcal/kg). Dieser Wert war um 165 kcal/kg grösser als der von [LAMMERS et al. \(2008\)](#) berichtete und auch grösser als der in vorliegendem Versuch bestimmte AME_n-Gehalt. Es muss darauf hingewiesen werden, dass der von [SWIATKIEWICZ und KORELESKI \(2009\)](#) bestimmte AME_n-Gehalt grösser war als der Bruttoenergie-Gehalt des geprüften Rohglyzerins. Der von [LAMMERS et al. \(2008\)](#) mitgeteilte und der in vorliegendem Versuch ermittelte und auf reines Glycerin umgerechnete AME_n-Gehalt unterscheiden sich dagegen relativ nur um 3,4%.

Die Ergebnisse der Broiler- und Legehennenversuche deuten darauf hin, dass der AME_n-Gehalt des Glycerins bei Legehennen grösser ist als bei Broilern. In einem von [DOZIER et al. \(2008\)](#) mit Broilern (im Alter zwischen 4–45 Tage) durchgeführten Versuch betrug der festgestellte, durchschnittliche AME_n-Gehalt des reinen Glycerins 16,52 MJ/kg. Im Broiler- Versuch von [SCHMIDT und ZSÉDELY \(2012\)](#) lag der für das reinen Glycerin bestimmte AME_n-Gehalt bei

15,61 MJ/kg. Im Legehennenversuch von LAMMERS et al. (2008) betrug der auf reines Glycerin rechnete AME_n-Gehalt 18,31 MJ/kg und im vorliegendem Versuch 17,70 MJ AME_n/kg Glycerin. Diese Werte sind 10,8–13,4% grösser als die in der Broiler-Versuchen bestimmten AME_n-Gehalte.

In dem Versuch von LAMMERS et al. (2008) konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Legeleistung, dem Eigewicht und der Eimasse zwischen der Kontrollgruppe und den Versuchsgruppen festgestellt werden. SWIATKIEWICZ und KORELESKI (2009) untersuchten in einem längeren Versuch den Effekt von Glycerin auf die Legeleistung. Der Versuch wurde mit in 4 Gruppen eingeteilten 72 Bovans Brown Legehennen im Lebensalter zwischen der 28. und 53. Woche durchgeführt. Während des 25 Wochen langen Versuchs betrug die mittlere Legeleistung der Kontroll- und der drei Versuchsgruppen 94,6–96,9%, das durchschnittliche Eigewicht 59,2–61,1 g und die durchschnittliche Eimasse 57,4–58,1 g. Ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen konnte bei keinem der geprüften Parameter festgestellt werden.

YALÇIN et al. (2010) prüften mit 39 Wochen alten Lohmann Brown Legehennen, ob das Glycerin eine Wirkung auf die Legeleistung und auf das Eigewicht ausübt. Während des 112 Tage langen, mit 180 Tieren durchgeführten Versuchs enthielt das Futter der drei Versuchsgruppen 2,5, 5,0 bzw. 7,5% Glycerin. Die durchschnittliche Legeleistung variierte zwischen 89,9 und 91,9%. Noch geringer war der Unterschied beim Eigewicht, das zwischen den einzelnen Gruppen nur zwischen 62,4–62,8 g variierte. Die zwischen den einzelnen Gruppen beobachteten Differenzen waren weder im Falle der Legeleistung noch beim Eigewicht signifikant. In Übereinstimmung mit der zitierten Literatur beeinflusste das Glycerin auch im vorliegendem Versuch weder die Legeleistung noch das Eigewicht oder die Eimasseproduktion signifikant. Die Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen den lang andauernden Versuchen (SWIATKIEWICZ und KORELESKI, 2009: 25 Wochen, YALÇIN et al., 2010: 39 Wochen) und dem vorliegenden Versuch unterstreichen die abgeleiteten Aussagen.

In ähnlicher Weise konnten auch keine Effekte der Glycerinzulage auf die geprüften Ei-Parametern beobachtet werden. Das bedeutet, dass die Glycerin-Zulage, obwohl das Glycerin auch in den Fettstoffwechsel eintreten kann, in den geprüften Konzentrationen weder den Fett- noch den Energiegehalt des Hühnereis verändert. Ferner wurde weder der Eiweissgehalt noch das Eiklar- und Dotter-Verhältnis signifikant beeinflusst. Auch bei YALÇIN et al. (2010) führte die Glycerinzulage zu keinen Veränderungen beim Eidotteranteil, allerdings bewirkte die Zulage von 5,0 und 7,5% Glycerin eine geringfügige, aber signifikante Erhöhung des Eiklaranteils (relativ mit 2,7%).

Von den zitierten Autoren wurde nur von YALÇIN et al. (2010) die Auswirkung einer Glycerin-Zulage auf die Fettsäurezusammensetzung der Eidotter untersucht. Die genannten Autoren stellten fest, dass die Fütterung eines Legemehls mit 2,5, 5,0 bzw. 7,5% Glycerin den Gehalt einzelner Fettsäuren der Eier signifikant beeinflusste. So erhöhte schon die Zulage von 2,5% Glycerin zum Futter den Gehalt an Myristinsäure (C_{14:0}), eine 5,0 oder 7,5% Glycerin-Zulage auch den Gehalt an Palmitinsäure (C_{16:0}). Bei den einfach-ungesättigten Fettsäuren (MUFA) nahm der Gehalt der Palmitoleinsäure (C_{16:1}) bei einem Gehalt von 5,0 bzw 7,5% Glycerin im Futter signifikant zu. Dagegen sank der Gehalt der Ölsäure (C_{18:1}) bei gleichem Glycerin-Gehalt. Für den Gehalt an PUFA wurden nur Ergebnisse für die Linol- (C_{18:2}), die Linolen- (C_{18:3}), und die Docosahexaensäure (C_{22:6}) berichtet. Hier wurde nur für die Linolensäure (C_{18:3}) ein signifikanter Zuwachs bei einer Zulage von 5,0 bzw. 7,5% Glycerin beobachtet. Die eigenen Ergebnisse stimmen mit denen von YALÇIN et al. (2010) weitgehend überein. Im vorliegenden Versuch nahm ebenfalls in Abhängigkeit von der Glycerin-Zulage der Myristinsäure-Gehalt (C_{14:0}) der Eier signifikant, der Palmitoleinsäure (C_{16:1})-Gehalt tendenziell und der Linolensäure-Gehalt (C_{18:3}) signifikant zu.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches zeigen, dass Legehennen ein 86,8% Glycerin, nur wenig Methanol (0,04%) und Rapsöl (0,49%) enthaltendes Rohglycerin gut verwerten können. Der AME_n-Gehalt des geprüften Nebenproduktes der Biodiesel-Herstellung wurde mit 15,36 MJ/kg ermittelt, was etwa 98,5% des Brutto-Energiegehaltes entspricht. Ein Gehalt von 5, 7,5 bzw. 10% Rohglycerin im Futter beeinflusste die Legeleistung, das Eigewicht und die Eimasse-Produktion nicht. Ebenfalls änderte die Glycerin-Ergänzung weder den Energie-, den Rohprotein- noch den Rohfett-Gehalt der Eier. Gleichzeitig hat sich das Glycerin nur in geringem Maße auf die Gehalte einiger Fettsäuren im Dotter ausgewirkt. Es kann daher der Schluss gezogen werden, dass Glycerin ein interessanter Grundstoff in der Fütterung der Legehennen sein kann.

Danksagung

Die Autoren danken für die Unterstützung der Versuche dem Talentum Forschungsprogramm (TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018).

Zusammenfassung

Das Ziel des vorliegenden Versuches war einerseits die Bestimmung des AME_N-Gehaltes des technischen Glycerins in der Legehennenfütterung und andererseits der Auswirkung der Glycerin-Zulage zum Futter auf die Legeleistung der Hühner, auf das Eigewicht und die Eimasse, auf den Anteil des Eidotters und des Eiklars, auf den Nährstoffgehalt (Energie-, Rohprotein-, Rohfett-Gehalt) und auf die Fettsäurezusammensetzung des Dotters. Der Versuch wurde mit 48 in individuellen Stoffwechsellkäfigen untergebrachten Tetra SL Legehybriden durchgeführt. Neben der Kontrollgruppe umfasste die Untersuchung drei Versuchsgruppen mit einer Zulage von 5,0, 7,5 bzw. 10,0% Glycerin zum Futter.

Der AME_N-Gehalt des 86,8% reinen Glycerin enthaltenden, technischen Glycerins wurde mit 15,36 MJ/kg bestimmt, was 98,5% des Brutto-Energiegehalt des verwendeten Glycerins entspricht (15,59 MJ/kg). Die Zulage von 5,0, 7,5 bzw. 10,0% Glycerin zum Futter hatte keine signifikanten Auswirkungen auf die Legeleistung, auf das Eigewicht und auf die Eimasse-Produktion der Hennen. Das Glycerin beeinflusste ebenfalls nicht den Energie-, den Rohprotein-, und den Rohfett-Gehalt sowie den Eiklar- und Eidotter-Anteil der Eier. Dagegen wirkte sich das Glycerin auf den Gehalt einiger Fettsäuren der Eier signifikant aus. So bewirkte die Zulage von 5,0% bzw. 7,5% Glycerin zum Futter eine signifikante Erhöhung der Gehalte an Myristinsäure (C_{14:0}) und Arachidinsäure (C_{20:0}). Demgegenüber sank der Heptadecansäure-Gehalt (C_{17:0}) der Eier signifikant, wenn das Legemehl 5,0% Glycerin enthielt. Insgesamt erhöhte sich der Anteil der gesättigten Fettsäuren, was in Hinsicht auf die Human-Ernährung eher ungünstig ist. Bei Glycerin-Zulage nahm der Gehalt an Heptadecansäure (C_{17:1}) signifikant ab, während der Gehalt an Arachidonsäure (C_{20:4}) signifikant zunahm. Bei 7,5% Glycerin-Gehalt im Futter wurden auch höhere Gehalte an Linolensäure (C_{18:3}) und der Eicosadiensäure (C_{20:3}) registriert. Demgegenüber führte die Zulage von 5% Glycerin zum Futter zu einer signifikanten Abnahme der Gehalte an Docosatetraensäure (C_{22:4}) und an Docosahexaensäure (C_{22:6}) im Dotter. Diese Veränderungen führten zu einem n-6:n-3 Verhältnis von 11, was hinsichtlich des Nährwertes der Eier als günstig angesehen werden kann. Obwohl die durch das Glycerin bedingten Fettsäure-Veränderungen bei einzelnen Fettsäuren signifikant waren, sind die Unterschiede mengenmäßig nur klein.

Stichworte

Legehenne, Fütterung, Biodiesel, Glycerin, umsetzbare Energie, Eiqualität, Fettsäuremuster

Summary

The aim of the experiment was to determine the AME_N value of feed grade glycerol for laying hens on the one hand and on the other hand to assess the effect of glycerol on egg production, egg weight, egg mass, egg yolk and egg-white ratio, nutrient content of egg (energy, protein and fat content), and fatty acid profile of yolk. The experiment was conducted with 48 Tetra SL laying hens, placed into individual metabolic cages. Birds were divided into four groups and they consumed a mash laying hen diet supplemented with 0 (control), 5.0, 7.5 or 10% glycerol.

The AME_N content of feed grade glycerol (glycerol content: 86.8%) was determined as 15.36 MJ/kg, which is 95.8% of gross energy (15.59 MJ/kg). Feeding the diet supplemented with 5.0, 7.5 or 10% glycerol did not significantly influence egg production, egg weight and egg mass. Furthermore, it did not affect significantly egg yolk and egg-white proportion, energy, protein and fat content of eggs. But, supplementation of glycerol influenced significantly contents of several fatty acids in egg yolk. Supplementation of 5.0 and 7.5% glycerol increased significantly myristic (C_{14:0}) and arachidic acid (C_{20:0}) content. In contrary, content of heptadecanoic acid (C_{17:0}) was decreased significantly for supplementation of 5% glycerol. In summary, supplementation of glycerol increased the proportion of saturated fatty acids, which is negative for human nutrition. Supplementation of glycerol significantly decreased the content of heptadecanoic acid (C_{17:1}) and increased the content of arachidonic acid (C_{20:4}). Supplementation of

7.5% glycerol significantly increased the contents of linolenic acid (C18:3) and eicosatrienoic acid (C20:3). Simultaneously, feeding the diet with 5% glycerol significantly reduced the contents of docosatetraenoic acid (C22:4) and docosahexaenoic acid (C22:6). This resulted in a narrower (relatively 11%) n-6/n-3 ratio, which is a favorable effect in view of the nutritive value of the egg. Although glycerol supplementation caused significant changes in the case of some fatty acids, the rate of changes was not remarkable.

Key words

Laying hen, nutrition, biodiesel, glycerol, metabolizable energy, egg quality, fatty acids profile

Literatur

- BARTELT, J., H.D. SCHNEIDER, 2002: Glycerin in der Tierernährung. UFOP Schriften, Heft 17. pp.15-36. Bonn, Germany.
- BRAMBILLA, S., F.W. HILL, 1966: Comparison of neutralfat and free fattyacidsinhighlipid-lowcarbohydratesdietforthe growingchicken. J. Nutr. **88**, 84-92.
- CAMPBELL, A.J., F.W. HILL, 1962: The effects of protein source on the growth promoting action of soybean oil, and the effect of glycerine in a low fat diet. Poult. Sci. **41**, 881-882.
- CERRATE, S., F. YAN, Z. WANG, C. COTO, P. SACAKLI, W.P. WALDROUP, 2006: Evaluation of glycerin from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. International J. Poult. Sci. **85**, 1001-1007.
- DOPPENBERG, J., P.J. VAN DER AAR, 2007: Applications of rapeseed meal or- expeller and glycerine in diets for non-ruminants, in: Doppenberg, J. Van der Aar, P. (eds.), Biofuels: implications for the Feed Industry. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp.73-87.
- DOZIER, W.A., J.B. KERR, M.T. CORSO, T.E. KIDD, R.K. WEBER, K. BERGENDHAL, 2008: Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. Poultry Sci. **87**, 317-322.
- FRIEDRICH, S., 2004: A worldwide review of the commercial production of biodiesel – a technological, economic and ecological investigation based on case studies. Schriftenreihe Umweltschutz und Ressourcenökonomie, Vol. 41. Institut für Technologie und nachhaltiges, Produktmanagement, Wirtschaftsuniversität Wien, Austria, 150 pp.
- GUYTON, A.C., 1991: Textbook of Medical Physiology. W.B. Saunders Company, Philadelphia, PA.
- ISO EN 14106, 2003: Fat and oil derivatives. Fatty acid methyl esters (FAME). Determination of free glycerol content.
- ISO EN 14110, 2003: Fat and oil derivatives. Fatty acid methyl esters (FAME). Determination of methanolcontent.
- JEROCH, H., G. FLACHOWSKY, F. WEIßBACH, 1993: Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart, 510 S.
- KOVÁCS, A., 2003: Biodiesel technology (Biodízeltchnológia) KUKK K + F Kft., Budapest, 9630097893.
- LAMMERS, P.J., B.J. KERR, T.E. WEBER, K. BREGENDAHL, M.T. KIDD, W.A. DOZIER, M.S. HONEYMAN, 2008: Nitrogen-corrected metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. Poultry Sci. **87**, 104-107.
- LESSARD, P., M.R. LEFRANCOIS, J.F. BERNIER, 1993: Dietary addition of cellular metabolic intermediates and carcass fat deposition in broilers. Poult. Sci. **72**, 535-545.
- LIN, M.H., D.R. ROMSOS, G.A. LEVEILLE, 1976: Effect of glycerol on enzyme activities and on fatty acid synthesis in the rat and chicken, J. Nutr. **106**, 1668-1677.
- SAMBROOK, I.E., 1980: Digestion and absorption of carbohydrate and lipid in the stomach and the small intestine of the pig. In: current concepts of digestion and absorption in pigs, Low, A.G. Partridge I.G. (Ed.). Natl. Inst. Res. Dairying, Reading, UK., pp 78-93.
- SCHMIDT, J., E. ZSÉDELY, 2012: Untersuchungen zum Einfluss von Glycerin auf die Wachstumsleistung von Broiler und den Nährstoffgehalt des Broilerfleisches sowie zur Ermittlung des Gehaltes an Scheinbar umsetzbarer Energie von Glycerin in der Broilerfütterung. Arch. Geflügelk. **76**, 113-120.

- SIMON, A.H., T. BERGNER, M. SCHWABE, 1997: Glycerol supplementation in broiler with low crude protein content. Arch. Anim. Nutr. **50**, 271-282.
- SIMON, A.H., T. BERGNER, M. SCHWABE, 1996: Glycerol-feed ingredient for broiler chickens. Arch. of Anim. Nutr. **49**, 103-112.
- SWIATKIEWICZ, S., J. KORELESKI, 2009: Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. Poult. Sci. **88**, 615-619.
- THOMPSON, J.C., B.B. HE, 2006: Characterisation of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. Appl. Eng. Agric. **22**, 261-265.
- YALÇIN, S., H. EROL, B. ÖZSOY, I. ONBAŞILAR, S. YALÇIN, A. ÜNER, 2010: Effects of glycerol on performance, egg traits, some blood parameters and antibody production to SRBC of laying hens. Livestock Sci. **129**, 129-134.
- EBB STATISTICS – European Biodiesel Board, 2011: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>.

Correspondence: Prof. Dr. János Schmidt, Lehrstuhl für Tierernährung, Westungarische Universität, 9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Ungarn; e-Mail: schmidtj@mtk.nyme.hu