

L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.p.A. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

• UNA PROVA DI 9 SETTIMANE PER CONFRONTARE GLICERINA E MAIS

La glicerina nella dieta efficace alternativa al mais

Nell'utilizzo di 1 kg/capo/giorno di glicerina in sostituzione di farina di mais si è evidenziato come l'impiego della glicerina abbia stimolato un maggior consumo di alimenti, in media 750 g di sostanza secca/capo/giorno. Il glicerolo ha indotto un aumento della produzione di latte corretta al 4% di grasso che, mediamente, si è attestata su valori superiori a 1,5 kg/vacca/giorno



Il glicerolo viene utilizzato rapidamente per la sintesi del glucosio nel fegato e nel rene. Per questo si ipotizza l'impiego per prevenire la chetosi

di **Andrea Formigoni, Mattia Fustini, Paolo Galliussi**

Il glicerolo o glicerina è un componente strutturale dei trigliceridi e dei fosfolipidi e chimicamente si configura come un alcol. Del glicerolo sono note diverse proprietà fra cui quella più importante è di essere un substrato energetico; infatti, una volta liberato dai trigliceridi nell'ossidazione dei lipidi, il glicerolo viene rapidamente convertito dall'organismo in glucosio; questa conversione avviene principalmente nel fegato e nei reni e l'ossidazione completa di una molecola fornisce 18 moli di ATP con un valore energetico pari a 4,3 kcal/g.

Lo sviluppo della produzione di bio-

diesel, a partire da oli vegetali (colza, soia, girasole, palma, ecc.), ha reso disponibile nel mercato importanti quantità di sottoprodotti a base di glicerolo che sono molto interessanti come alimenti energetici; da qui il forte interesse per gli allevatori e i nutrizionisti di definire le caratteristiche di questi nuovi alimenti che possono essere convenientemente impiegati nelle razioni delle principali specie di interesse zootecnico.

Il glicerolo e la glicerina

Come si è affermato, glicerolo e glicerina sono sinonimi tuttavia, nella pratica odierna, i due termini vengono utilizzati per individuare prodotti alimentari

con diverse caratteristiche. Il termine **glicerolo** viene usato per chiamare un composto altamente raffinato che viene riconosciuto dalla legge come additivo (E422). Il termine **glicerina**, invece, è generalmente adottato per individuare i sottoprodotti dell'idrolisi o della transesterificazione di oli vegetali che si configurano, secondo la legge, come «mangime semplice».

A seconda delle concentrazioni di glicerolo si possono distinguere due principali classi di glicerina: quella **grezza** con un titolo che, generalmente, è compreso fra 80 e 93% e quella **distillata** con percentuali comprese fra 94 e 99%.

Il mercato oggi offre a costi competitivi per l'uso zootecnico la glicerina del primo gruppo mentre, i sottoprodotti con titoli in glicerolo inferiori all'80%, già disponibili nel passato, non sono considerati interessanti perché di qualità scadente e di derivazione da impianti di vecchia generazione. È importante porre attenzione alle specifiche qualitative della glicerina a evitare l'impiego di partite che provengano da impianti obsoleti e che contengano quantità relativamente elevate di metanolo. Questo composto, infatti, viene utilizzato a livello ruminale ma può creare qualche problema se somministrato in elevate dosi ai vitelli prima dello svezzamento.

In ogni caso, per la glicerina non esistono restrizioni d'impiego in alimentazione animale; il glicerolo è ammesso dal regolamento di produzione del Parmigiano-Reggiano secondo cui può essere utilizzato come supplemento nella dose massima di 300 g/capo/giorno sia in forma liquida sia come componente dei mangimi.

Le glicerine si presentano come liquidi densi, molto viscosi di colore ambrato semitrasparenti e dal sapore dolce. I minerali presenti nei prodotti commerciali dipendono dagli acidi e dalle basi impiegati nella produzione del biodiesel. Di norma è presente cloruro di sodio (NaCl), meno frequentemente il cloruro di potassio (KCl) e l'acetato di sodio (CH₃CO₂Na) mentre ormai molto raramente si trovano dei fosfati.

Materiali e metodi

La ricerca è stata realizzata presso l'azienda sperimentale della Facoltà di medicina veterinaria sita nel comune di Ozzano Emilia (Bologna), e presso le strutture del Dipartimento di morfofisiologia veterinaria e produzioni animali.

La stalla è dotata di sistemi automatizzati per la registrazione e la raccolta giornaliera e individuale di ciascuna bovina del peso vivo all'uscita della sala di mungitura, della quantità del latte, della sua composizione in grasso, proteina, lattosio e cellule somatiche, dell'ingestione di mangime in autoalimentatore e dell'attività motoria; l'area di riposo è caratterizzata dalla presenza di cuccette gestite con paglia; sono inoltre presenti sistemi di raffrescamento attivo con aria e acqua per controllare lo stress termico durante il periodo estivo.

La ricerca ha avuto una durata complessiva di 9 settimane e si è posta l'obiettivo di comparare gli effetti derivanti dalla sostituzione nella razione giornaliera di 1 kg di farina di mais con pari quantità di glicerina. Per lo svolgimento dell'indagine sono state utilizzate 30 bovine di razza Frisona

Italiana munte due volte al giorno e ripartite in due gruppi sperimentali denominati «mais» e «glicerina» che disponevano di spazi analoghi e avevano lo stesso numero di cuccette e di posti in greppia; le bovine sono state suddivise nelle due tesi sperimentali considerando l'età, l'ordine di lattazione, la produzione quanti-qualitativa di latte, la lunghezza di lattazione e il peso vivo; i valori medi relativi a questi parametri erano sovrapponibili fra i gruppi all'inizio della ricerca come si può evincere da quanto riportato in *tabella A*.

LE FASI DELLA RICERCA

Adattamento. Della durata di due settimane, iniziata con la citata suddivisione degli animali nei gruppi sperimentali; in questo periodo le bovine erano alimentate con una razione di base comprendente fieni di graminacee e di medica, farina di mais e di estrazione di soia, melasso e integratore minerale e vitaminico.

Sperimentale. Della durata di 7 settimane, in cui le bovine della tesi «mais» hanno continuato a ricevere la stessa razione del periodo di adattamento mentre alle vacche appartenenti al gruppo «glicerina» è stato fornito il piatto unico nel quale 1 kg di farina di mais è stato sostituito con la stessa quantità di glicerina.

Le razioni giornaliere sono state fornite in piatto unico e *ad libitum* (*tabella B*), inoltre, in base alla produzione individuale di latte veniva fornito con l'auto alimentatore un supplemento di soia a elevato contenuto di proteine rumino-resistenti in funzione del latte prodotto.

I consumi giornalieri sono stati calcolati sottraendo dalla quantità di alimento distribuito le rimanenze quotidiane, mentre le quantità di soia consumate in auto alimentatore sono state registrate ogni giorno. Campioni di piatto unico sono stati

TABELLA B - Composizione del piatto unico somministrato nel corso della ricerca (kg/capo/giorno)

Alimento	Mais	Glicerina
Fieno di graminacee	12,20	12,20
Medica disidratata	2,80	2,80
Mais farina fine	8,40	7,40
Soia f.e. (44% P.G.)	2,20	2,20
Melasso di canna	0,90	0,90
Integratore	0,20	0,20
Acqua	8,0	8,0
Glicerina	-	1,00

Le razioni giornaliere erano fornite in piatto unico e *ad libitum* (in base alla produzione individuale veniva fornito un supplemento di soia).

raccolti al momento dello scarico in greppia una volta alla settimana (9 campioni per ciascuna tesi) e successivamente analizzati.

La determinazione della sostanza secca è stata effettuata mediante essiccazione a 60 °C per 48 ore; i campioni sono stati quindi analizzati per determinare il contenuto in proteine grezze, ceneri, frazioni glucidiche, frazioni proteiche e minerali secondo le metodiche descritte dall'Aspa (Associazione scientifica di produzione animale). La composizione della glicerina utilizzata per tutta la durata della ricerca era caratterizzato da un elevato grado di purezza come testimoniano le alte concentrazioni di glicerolo, i modesti valori di acqua e l'assenza di metanolo.

ELABORAZIONE STATISTICA

Tutti i dati ottenuti nel corso della sperimentazione sono stati sottoposti ad Anova utilizzando il software Statistica v. 6.0 (StatSoft Italia Srl., Vicenza, Padova).

TABELLA A - Caratteristiche iniziali degli animali utilizzati (medie ± d.s.)

Gruppi	Mais	Glicerina
Bovine (n.)	15	15
Parti (n.)	2,13 ± 1,19	2,13 ± 1,19
Giorni di lattazione (n.)	139,93 ± 91,40	145,13 ± 92,30
Peso (kg)	641,4 ± 16,2	631,3 ± 39,0
Latte (kg/giorno)	31,06 ± 8,86	31,61 ± 6,62
Grasso (%)	3,47 ± 0,11	3,63 ± 0,06
Proteine (%)	3,41 ± 0,04	3,49 ± 0,02
Lattosio (%)	4,89 ± 0,08	4,88 ± 0,05
Cellule somatiche (score)	1,42 ± 0,18	1,31 ± 0,13

Utilizzazione digestiva e valore energetico

A livello ruminale il glicerolo viene utilizzato dai microrganismi e in particolare sembra siano le specie di *Selenomonas* a essere i principali utilizzatori; si è constatato che la fermentazione di questo composto tende a ridurre la produzione di acetato promuovendo quella del butirrato e del propionato.

La velocità di degradazione ruminale della glicerina non è stata ancora definita esattamente anche se si stima che

l'utilizzazione sia relativamente rapida e simile a quella degli amidi.

Il glicerolo presenta un by-pass del 13%, si stima che venga degradato nel rumine per il 44% e che sia assorbito direttamente dalla parete del rumine per il 43% (Krehbiel, 2008).

Anche nel caso in cui si usino quantità rilevanti di glicerolo sotto forma di bolo, c'è un assorbimento diretto dalla parete ruminale e a livello intestinale è stata stimata una digeribilità del 10% circa (Overton, 2007).

Per l'inclusione della glicerina grezza

nelle banche dati dei modelli di razionamento dinamico si deve conoscere il titolo di glicerolo che andrà inserito alla voce «zuccheri» o «amidi» in quanto non è ancora prevista una voce specifica. In questo modo, naturalmente, l'inclusione del glicerolo nelle razioni farà apparire maggiori concentrazioni di zuccheri o amidi nelle razioni: il nutrizionista ne dovrà tener conto.

In funzione delle informazioni a oggi disponibili, per gli utilizzatori dei modelli dinamici di razionamento e formulazione (Gpm) si suggerisce di

TABELLA 1 - Stima dell'energia apportata da glicerina grezza e da alcuni mangimi di comune impiego

Alimenti	Energia netta latte (mCal/kg/s.s.)	Unità foraggiere latte (n./kg/s.s.)
Glicerina grezza	2,18	1,28
Mais farina	2,20	1,29
Orzo farina	1,86	1,09
Sorgo farina	1,93	1,14
Grano farina	2,12	1,25
Polpe bietola	1,41	0,83
Melasso di canna	2,01	1,18

Il valore energetico della glicerina grezza è molto simile a quella del mais.

attribuire una costante di degradabilità ruminale del 6,5% per ora; nel caso del Cncps 6.01, tale valore dovrà essere del 13% per ora in quanto la velocità di transito attraverso il rumine sarà quella dei liquidi e cioè più che doppia rispetto a quella dei mangimi e dei foraggi; la digeribilità intestinale per la frazione escape dal rumine può essere considerata del 100%.

Il valore energetico teorico della glicerina grezza (costituita dal 92% di glicerolo, dall'1% di lipidi, dal 3% di ceneri e 3,5% acqua), in una razione per bovina in lattazione comprendente il 50% di concentrati, è molto simile a quella del mais come si evince dalle stime riportate in *tabella 1*, ottenute utilizzando il programma di razionamento Cpm; questi risultati del resto sono del tutto in linea con le indicazioni bibliografiche a oggi reperibili.

La glicerina nell'alimentazione

Come si è già accennato la produzione di biocarburanti a partire da semi oleosi ha reso disponibile nel mercato importanti quantitativi di sottoprodotti a base di glicerolo (glicerine) a costi interessanti e competitivi rispetto ad altre fonti energetiche. Come già accennato, nel fegato e nel rene il glicerolo viene rapidamente utilizzato per la sintesi in glucosio; in ragione di questa proprietà, già da tempo ne è stato ipotizzato l'impiego per prevenire e curare le bovine con chetosi. Studi condotti già negli anni Cinquanta hanno dimostrato l'efficacia iperglicemizzante del glicerolo

utilizzato in dosi molto elevate sia per infusione forzata (drench) sia come additivo dei mangimi (Chung *et al.*, 2007).

Più recentemente Osman e collaboratori (2008) hanno il glicerolo in associazione con glucagone (un ormone che agisce come iperglicemizzante) dimostrandone l'efficacia nell'elevare la glicemia e ridurre la concentrazione di acidi grassi non esterificati (NEFA) nelle vacche dopo il parto. L'inclusione di glicerine nelle razioni in prossimità del parto (DeFrain *et al.*, 2004; Chung *et al.*, 2007) hanno favorito l'ingestione delle bovine; questo rilievo, che appare molto interessante considerato quanto critico sia questo fattore per una corretta alimentazione nella delicata fase di transizione dall'asciutta alla lattazione, è stato messo in relazione a una maggiore diluizione del contenuto ruminale conseguente, probabilmente, a un maggior consumo di acqua.

Al glicerolo, in effetti, è attribuita la proprietà di richiamare e trattenere acqua e questo effetto viene anche sfruttato per migliorare lo stato di idratazione e la resistenza al caldo dell'organismo; questi fenomeni, peraltro, sarebbero anche favoriti dal miglior assorbimento

di liquidi nell'intestino che la glicerina faciliterebbe. Una maggiore diluizione del contenuto ruminale favorisce

le attività biosintetiche batteriche e l'ingestione di alimenti con effetti positivi sulle performance produttive delle bovine.

L'inclusione di glicerina grezza e di glicerolo nelle razioni delle bovine in lattazione sono stati rispettivamente studiati da Schröder e Südekum (2006) e Overt (2007); queste ricerche hanno evidenziato la possibilità di sostituire quantità rilevanti di cereali (fino al 10-15% della sostanza secca della razione) senza che gli animali abbiano manifestato alterazioni dello stato di salute e della produzione quanti-qualitativa del latte.

Finalità della ricerca

Anche nel nostro Paese l'interesse per l'impiego di glicerina grezza in alimentazione animale è crescente soprattutto perché questo sottoprodotto sembra disponibile in quantità interessanti e appare molto competitivo sotto il profilo dei costi. Con queste motivazioni e con la finalità di valutare gli effetti derivanti dell'inclusione di glicerina grezza nell'ali-

mentazione di vacche da latte, è stata svolta una ricerca i cui scopi principali sono stati quelli di misurare gli effetti sull'ingestione di alimenti, la produzione quanti-qualitativa del latte e l'evoluzione della condizione corporea delle bovine.

Risultati e discussione

In *tabella 2* sono riportati i risultati delle analisi eseguite nel corso della ricerca su campioni di unifeed prelevati dalla greppia immediatamente dopo la distribuzione. Dai risultati si desume la buona corrispondenza delle diete rispetto a quanto atteso teoricamente e la sostanziale uniformità fra le diete confrontate in termini di macronutrienti apportati. In *tabella 3* sono riportati i dati relativi ai consumi alimentari medi registrati nel corso dell'esperimento e i pesi medi delle bovine all'inizio e al termine della ricerca. In relazione al peso delle bovine si è osservata una sostanziale omogeneità di risposta fra i gruppi posti a confronto mentre i dati sperimentali osservati hanno evidenziato come l'impiego della glicerina abbia stimolato un maggior consumo di alimenti; le differenze, che si sono attestate mediamente sui 750 g di sostanza secca/capo/giorno, all'analisi statistica sono risultate differire in maniera significativa ($P < 0,01$).

DeFrain *et al.* (2004) hanno registrato una maggiore ingestione di sostanza secca

TABELLA 2 - Analisi eseguite sul piatto unico somministrato nel corso della ricerca (medie \pm d.s.)

Componenti	Mais	Glicerina
Osservazioni (n.)	9	9
Sostanza secca (% sul tal quale)	75,70 \pm 2,97	76,78 \pm 3,92
Proteina greggia (N x 6,25) (%/s.s.)	12,30 \pm 0,71	11,80 \pm 0,69
Ceneri (%/s.s.)	7,9 \pm 1,73	7,25 \pm 0,01
NDF (%/s.s.)	42,50 \pm 1,97	43,09 \pm 3,63
ADF (%/s.s.)	23,20 \pm 1,41	23,52 \pm 1,34
ADL (%/s.s.)	3,20 \pm 0,49	3,12 \pm 0,31
Amido (%/s.s.)	22,60 \pm 2,53	20,44 \pm 0,27
Calcio (%/s.s.)	0,60 \pm 0,21	0,68 \pm 0,28
Fosforo (%/s.s.)	0,30 \pm 0,01	0,30 \pm 0,03
Potassio (%/s.s.)	1,50 \pm 0,04	1,48 \pm 0,09
NPN (N x 6,25) (%/s.s.)	2,60 \pm 0,31	2,57 \pm 0,06
Proteina solubile (%/s.s.)	2,80 \pm 0,18	2,78 \pm 0,07
NDIP (N x 6,25) (%/s.s.)	3,10 \pm 1,11	3,07 \pm 1,39
ADIP (N x 6,25) (%/s.s.)	0,60 \pm 0,19	0,58 \pm 0,14

È importante notare la sostanziale uniformità fra le diete confrontate in termini di micronutrienti apportati.



TABELLA 3 - Ingestione di alimenti e peso degli animali (medie ± d.s.)

Gruppi	Mais	Glicerina	P
Sostanza secca (kg/capo/giorno)	21,86 ± 1,81	22,61 ± 1,73	< 0,01
Peso vivo iniziale (kg)	641,4 ± 16,2	631,3 ± 39,0	n.s.
Peso vivo finale (kg)	636,8 ± 12,1	627,2 ± 27,7	n.s.

In relazione al peso delle bovine si è osservata un'omogeneità di risposta fra i gruppi posti a confronto.

TABELLA 4 - Risposte produttive ottenute nel corso della ricerca (medie ± d.s.)

	Mais	Glicerina	P
Latte (kg/giorno)	30,41 ± 9,53	31,08 ± 10,33	n.s.
Fcm (*) (kg/giorno)	27,41 ± 9,08	29,02 ± 9,72	< 0,05
Grasso (%)	3,34 ± 0,35	3,56 ± 0,44	n.s.
Proteina (%)	3,34 ± 0,15	3,35 ± 0,20	n.s.
Lattosio (%)	5,01 ± 0,36	4,89 ± 0,43	n.s.
Cellule (score)	1,73 ± 0,30	1,78 ± 0,26	n.s.

(*) Fat corrected milk = [kg/giorno = kg latte/giorno x (% grasso x 0,15+0,4)]

I risultati indicano, per la razione con glicerina, un aumento della produzione (di 1,5 kg/capo/giorno) e del tenore lipidico.

nelle bovine alimentate con glicerolo prima del parto ma non nelle prime settimane di lattazione; nel corso della nostra ricerca, realizzata con bovine nella fase centrale della lattazione, si è invece osservato un incremento significativo dell'ingestione, dato questo che è particolarmente interessante se si considera anche il periodo estivo nel quale si è svolta l'indagine.

Il risultato indica la buona appetibilità del prodotto impiegato che si traduce in uno stimolo positivo al consumo giornaliero di alimenti. Il dato ottenuto, per quanto necessita di ulteriori conferme in ricerche di maggiore durata, è di sicuro interesse pratico e operativo essendo l'ingestione uno dei principali fattori critici della gestione alimentare delle bovine ad elevata produzione.

In *tabella 4* vengono sinteticamente riportati i risultati produttivi ottenuti. Dall'analisi dei dati si può evincere come il glicerolo abbia indotto un aumento della produzione di latte corretta al 4% di grasso che, mediamente, si è attestata su valori superiori a 1,5 kg per vacca al giorno; tali differenze, all'analisi statistica, sono risultate significative (P < 0,05). Il risultato descritto è frutto di due effetti combinati che riguardano sia la produzione giornaliera di latte e sia i titoli lipidici che sono risultati più elevati negli animali alimentati con glicerina.

Lo stimolo dei titoli lipidici è un risultato che, per certi aspetti, possiamo considerare inatteso; in effetti, secondo i dati reperibili in bibliografia, l'uso del glicerolo tende a deprimere la sintesi di acetato a livello ruminale, ci si sarebbe quindi potuto aspettare una flessione dei titoli lipidici che viceversa sono risultati maggiori nelle bovine del gruppo «glicerina». La giustificazione può risiedere nel possibile stimolo da parte del glicerolo alla sintesi di butirrato (fenomeno riportato in bibliografia) che, come noto,

rappresenta un precursore fondamentale quanto l'acetato, che la mammella utilizza per sintetizzare i lipidi del latte; un secondo elemento, che almeno in parte può giustificare le migliori risposte in termini di percentuali di grasso del latte, è collegato alla minore ingestione di amido (circa 500 g/giorno) delle bovine appartenenti alla tesi «glicerina» rispetto agli animali di controllo. L'amido infatti può indurre una flessione dei titoli lipidici anche e soprattutto favorendo la sintesi di intermedi del metabolismo lipidico del rumine (coniugati dell'acido linoleico) che possono avere una marcata azione inibitoria degli enzimi che in mammella presiedono alla sintesi del grasso del latte.

In ogni caso, l'impiego di glicerina in questa ricerca ha indotto in termini assoluti un vantaggio produttivo di tutto rispetto, migliorando i titoli lipidici del latte senza modificare gli altri parametri qualitativi considerati.

Quali opportunità

I risultati ottenuti in questa sperimentazione, per quanto necessitano di essere confermati nell'ambito di ricerche di maggiore durata, appaiono di particolare rilievo sotto il profilo pratico applicativo e stimolano interessanti quesiti che potranno trovare risposta in ulteriori e più approfondite indagini.

L'utilizzo di glicerina nella quantità di 1 kg/capo/giorno in sostituzione di

farina di mais è stato molto ben tollerato dalle bovine che non hanno presentato alcun problema sanitario o digestivo; la glicerina ha indotto un aumento significativo (P < 0,01) del consumo di sostanza secca con differenze che hanno superato il 3% rispetto al gruppo di controllo (0,75 kg/s.s./giorno).

Tale rilievo, osservato anche da altri autori ma solo in vacche in prossimità del parto, assume particolare interesse pratico e applicativo considerato che la ricerca è stata condotta nel periodo estivo.

La sostituzione di mais con glicerina ha aumentato la produzione media di latte (corretto al 4% di grasso) di oltre 1,5 kg/giorno (P < 0,05). Nell'insieme quindi si può di certo affermare che la glicerina rappresenta un'interessante alternativa rispetto alle comuni fonti energetiche e può essere inclusa nelle razioni delle bovine da latte in dosi anche di rilevanti entità e continuative nel tempo.

La maggiore disponibilità di sottoprodotti della produzione di biocarburanti che dovrebbe verificarsi nel prossimo futuro può rappresentare un'interessante opportunità di diversificare le diete contenendo i crescenti costi di alimentazione e limitando gli apporti di amidi che, come noto, se usati in eccesso possono influenzare negativamente l'ecosistema microbico ruminale elevando i rischi di acidosi; i risultati di questa indagine infine sembrano indicare che, al di là del ruolo energetico, la glicerina possa modulare positivamente le risposte metaboliche delle bovine migliorandone la risposta in termini di ingestione alimentare e di produzione del latte.

● **Andrea Formigoni, Mattia Fustini**
Dimorfipa - Università di Bologna
andrea.formigoni@unibo.it

Paolo Galliussi
ED&F Man Liquid Products - Bologna



Per consultare la bibliografia:
www.informatoreagrario.it/rdLia/09ia21_4327_web

La glicerina nella dieta efficace alternativa al mais

BIBLIOGRAFIA

DeFrain J.M., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Jardon P.W. (2004) - *Feeding glycerol to Transition Dairy Cows: Effects on Blood Metabolites and Lactation Performance*. J. Dairy Sci., 87: 4195-4206.

Chung Y.H., Rico D.E., Martinez C.M., Cassidy T.W., Noirot V., Ames A., Varga G.A. (2007) - *Effects of Feeding Dry Glycerin to Early Postpartum Holstein Dairy Cows on Lactational Performance and Metabolic Profiles*. J. Dairy Sci., 90: 5682-5691.

Overton T.R. (2007) - *Use of glycerol in dairy rations*. Cornell Nutrition Conference.

Schröder A., Südekum K.H. (2006) - *Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants*.

Osman M.A., Allen P.S., Mehyaar N.A., Bobe G., Coetzee J.F., Koehler K.J., Beitz D.C. (2008) - *Acute Metabolic Responses of Postpartal Dairy Cows to Subcutaneous Glucagon Injections, Oral Glycerol, or Both*. J. Dairy Sci. 91: 3311-3322.

Krehbiel C.R. (2008) - *Ruminal and physiological metabolism of glycerin*. Symposium: «Ruminant Nutrition: Glycerin as a Feed for Ruminants». J. Anim. Sci., Vol. 86, E-Suppl. 2/J. Dairy Sci. Vol. 91, E-Suppl. 1.