

Melk en vlees worden beter van

Dat de kwaliteit van producten en productiesystemen gelijktijdig kan worden verbeterd, werd recent aangetoond door de verrijking van veevoer met omega-3-visolievetzuren. Een dergelijke verrijking (circa 4%) verlaagt aanzienlijk (16% tot maximaal 40%) de milieubelastende methaanvorming in de pensmaag van herkauwers. De omzetting van de toegediende vetzuren door de micro-organismen in de pensmaag kan bovendien resulteren in 'gezonder' vlees en melk.

Veerle Fievez en Daniël Demeyer*

Bij de microbiële voorvertering van voer in de pensmaag van herkauwers komt, naast vluchtige vetzuren (azijnzuur, propionzuur en boterzuur) en koolstofdioxide, metabole waterstof vrij. Om een zo volledig mogelijke vertering van ruwvoer, dat hoofdzakelijk uit celwanden (ruwvezel) bestaat, te waarborgen dient waterstof continu te worden afgevoerd. Methanogene bacteriën in de pensmaag zorgen hiervoor door te fungeren als waterstofacceptoren (anaërobe oxidatie). In vergelijking met de vluchtige vetzuren, die door de herkauwer als nut-

5%. Deze lagere methaanproductie is te wijten aan een verhoogde propionzuurproductie. Propionzuur is een alternatieve afvoerweg voor metabole waterstof.

Recentelijk kwam er ook een ecologische reden voor de noodzaak om de methanogenese in de pensmaag te verminderen: wereldwijd is de productie van methaangas verantwoordelijk voor een vijfde van het broeikas-effect. De methaanuitstoot als gevolg van de pensfermentatie bij melk- en vleesproductie door herkauwers maakt in België ongeveer 35% van de methaanproductie uit.

Tabel 1 Relatieve¹ (%) inhibitie (-) of stimulatie (+) in de pens van propionzuur- en methaanproductie en van afbraak van organisch materiaal (*in vitro*) of ruwvezel (*in vivo*) door soja- of visoliesupplementatie (4% van droge stof).

Olie toegediend	Propionzuur	Methaan	Degradatie organisch materiaal of ruwvezel
IN VITRO (48 h)			
Visolie 13*	+ 39,6 ^c	- 37,9 ^c	- 3,5 ^c
Visolie 30*	+ 64,2 ^a	- 70,9 ^a	- 11,4 ^b
Sojaolie	+ 49,3 ^b	- 56,7 ^b	- 17,9 ^a
IN VIVO			
Visolie 30*	+ 24,0	- 16,4	- 10,2

¹ $(X_{\text{olievrije controle}} - X_{\text{oliegesupplementeerde behandeling}}) \times 100 / X_{\text{olievrije controle}}$, met X = propionzuur, methaan of degradatie organisch materiaal of ruwvezel

* Visolie 13 en 30 bevatten respectievelijk 13 en 30% eicosapentaënen- en docosahexaënenzuren (EPA + DHA)

^{a,b,c} Waarden van het *in vitro*-experiment met verschillende superscripten binnen eenzelfde kolom verschillen significant ($p < 0,05$)

*Dr. ir. V. Fievez en ere-prof. dr. ir. D. Demeyer, Vakgroep Dierlijke Productie, Universiteit Gent, +32-92649007, veerle.fievez@ugent.be, daniel.demeyer@ugent.be.

riënten worden gebruikt, betekent het opgerispte methaangas echter een energieverlies (figuur 1).

Al decennia wordt geprobeerd dit energieverlies, dat bij arm ruwvoer zoals stro, kan oplopen tot meer dan 10% van de totale energie-inhoud van het voer, te verlagen. Bij de zetmeel- en eiwitrijke rantsoenen die de intensieve veehouderij kenmerken, bedraagt het verlies nog steeds circa

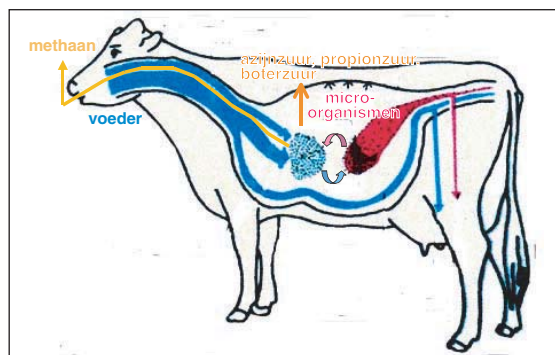


Fig. 1 Schematische samenvatting van omzettingen in de pens van organisch materiaal uit het voeder (blauw) met productie en uitvloeit van microbieel organisch materiaal (paars), productie en absorptie van vluchtige vetzuren (oranje) en productie en oprisping van methaan (geel).

Fig. 1 Schematic summary of transformations in the rumen of feed organic material (blue) with production and outflow of microbial organic matter (pink), production and absorption of volatile fatty acids (orange) and production and eructation of methane (yellow).

Samenvatting

Het broeikas-effect heeft soms verrassende oorzaken zoals het opboeren van methaan door herkauwers. Methaan is, na koolstofdioxide, het belangrijkste broeikasgas en herkauwers zijn wereldwijd verantwoordelijk voor 22% van de methaanuitstoot. Bovendien betekent methaanproductie een niet-verwaarloosbaar energieverlies voor de herkauwer. Het toevoegen van visolie aan een herkauwersrantsoen (4% op drogestofbasis) kan de methaanproductie door bacteriën in de pensmaag met 16 tot maximaal 40% terugdringen. Bovendien had visolie geen merkbaar negatief effect op de vertering door de dieren, wat in eerdere pogingen om de methaanproductie terug te dringen met behulp van andere oliën wel het geval was. De verhoogde uitvloeit uit de pens van de omega-3-vetzuren en geconjugeerd linolzuur of zijn precursor, vacceenzuur, suggereert bovendien dat visoliesupplementatie aanleiding kan geven tot melk en vlees met een gezondere vetzuursamenstelling. Plantaardige alternatieven voor de visolie als bron voor deze 'functionele' vetzuren dienen te worden gezocht.

Abstract

Sometimes, the greenhouse effect has unexpected causes, such as the burping of methane by ruminants. Ruminants are responsible for 22% of the world-wide methane emission, the most important greenhouse gas after carbon dioxide. Moreover, methane production represents a non-negligible energy loss for the animal. Research showed around 4% fish oil in the ruminant's diet slashed the bacteria's methane production in the rumen by 16 to 40%. Crucially, adding fish oil did not disrupt normal digestion, a major problem with previous attempts to suppress methane production by means of an oily diet. Moreover, rumen outflow of omega-3 fatty acids and conjugated linoleic acid or its precursor vaccenic acid proved to be higher than usual. Hence, their is scope for fish oil supplemented diets to be associated with the production of milk and meat with higher levels of 'good' fats, making it healthier to drink or eat. Research is now focussing on vegetal alternatives for fish oil as a source of these 'functional' fatty acids.

visolie in veevoer

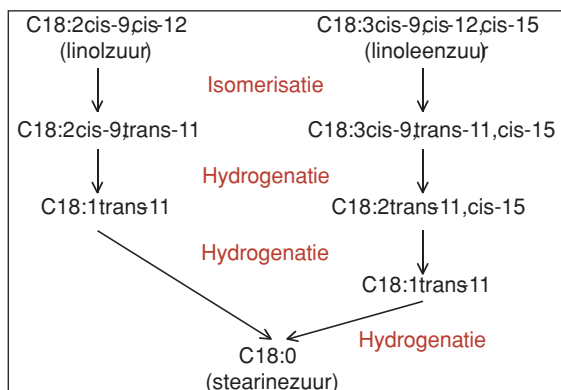


Fig. 2 Overzicht van de belangrijkste intermediërs tijdens de hydrogenatie in de pens van linol- en linoleenzuur.

Fig. 2 Overview of main intermediate products during rumen hydrogenation of linoleic and linolenic acid.

Oliën als methaanremmer

Al lang is bekend dat oliën, aanwezig in oliehoudende zaden zoals de sojaboon en lijnzaad, de methanogenese remmen. Het betreft voornamelijk en respectievelijk het omega-6-poly-onverzadigd vetzuur linolzuur (C18:2 ω-6) en het omega-3-polyonverzadigd vetzuur linoleenzuur (C18:3 ω-3) die remmend werken na vrijstelling uit triacylglycerolen door microbiële hydrolyse (lipolyse). Maar deze 'vrije' vetzuren remmen ook de vertering in de pensmaag (vooral ruwvezel), zodat het gebruik van oliën en oliehoudende zaden in de voeding van herkauwers beperkt blijft.

Door Franse onderzoekers werd echter vastgesteld dat deze vermindering van de vertering uitbleef bij visoliesupplementatie [4]. *In vitro*- en *in vivo*-experimenten in het laboratorium van de vakgroep Dierlijke Productie van de Universiteit Gent bevestigden dit [5]. Het onderzoek toonde verder aan dat visoliesupplementatie leidde tot een sterke onderdrukking van de methaan- en een stimulatie van de propionzuurproductie. De vergelijking *in vitro* tussen sojaolie en visolie suggereerde bovendien dat het methaanremmend effect van visolie groter is dan dat van sojaolie. Tevens werd bij sojaolie een vermindering van de fermentatie waargenomen. De resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in tabel 1.

Het verlagend effect van de visolievetzuren op de methaanproductie (% remming) bleek bepaald door de toegediende hoeveelheden olie, het gehalte aan eicosapentaëenzuur (C20:5 ω-3 of EPA) en docosahexaëenzuur (C22:6 ω-3 of DHA) en hun vrijstelling door lipolyse (R² = 0,80). Hieruit blijkt dat het remmend effect wordt veroor-

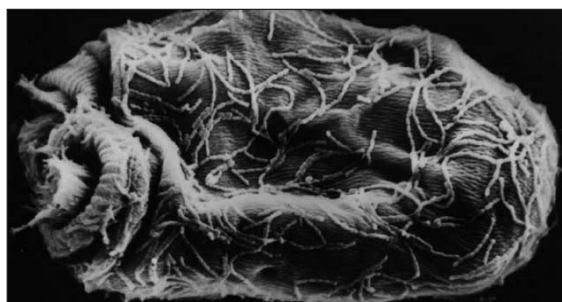


Fig. 4 Methaanbacteriën vastgehecht op het protozoaire oppervlak.

Fig. 4 Methane bacteria attached on the protozoal surface.

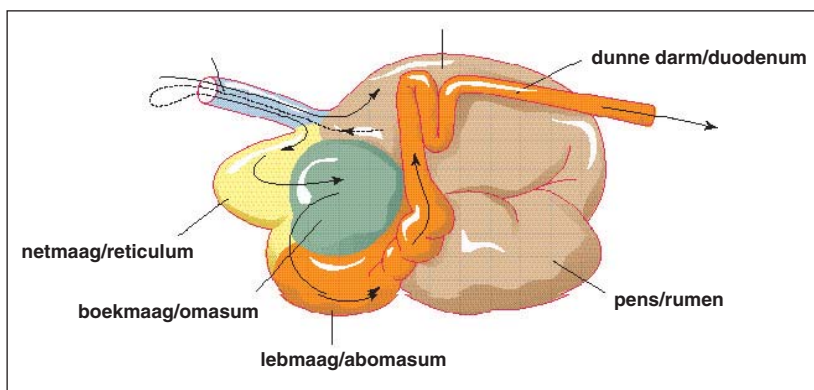


Fig. 3 Algemeen schema van het pré-duodenale gastro-intestinaal kanaal van de herkauwer gekenmerkt door vier magen (pens, netmaag, boekmaag en lebmaag).

Fig. 3 General scheme of the pre-duodenal gastro-intestinal tract of a ruminant characterised by four stomachs (rumen, reticulum, omasum and abomasum).

zaakt door 'vrije' vetzuren en toeneemt met de graad van onverzadigdheid.

Lipolyse en hydrogenatie

Een andere reden voor nader onderzoek van het effect van visolie op de methanogenese was de 'gezondheidswaarde' voor zowel mens [9] als dier van de omega-3-visolievetzuren. Onverzadigde vetzuren uit het voer worden echter 'gehydrogeneerd' na vrijkomen door lipolyse in de pensmaag. Tijdens dit microbiële proces worden onverzadigde bindingen verzadigd door opname van waterstof. Uit onderzoek door de vakgroep bleek echter dat EPA en DHA duidelijk minder snel vrijkomen en worden gehydroge-

De methaanuitstoot als gevolg van de pensfermentatie bij melk- en vleesproductie door herkauwers bedraagt in België circa 35% van de methaanproductie

neerd dan linolzuur [2]. Dit resulteert in een verhoogde aanvoer en absorptie van omega-3-vetzuren in de dunne darm.

Ook geconjugeerd linolzuur (CLA en voornamelijk C18:2 cis-9, trans-11) krijgt momenteel veel aandacht vanwege een reeks gezondheidsbevorderende 'functionele' effecten (anticarcinogeen). Het toevoegen van visolie aan het voer van lacterende koeien zou het CLA-gehalte in de melk verhogen [3]. Het *in vitro*-onderzoek [1] suggereert dat dit te wijten is aan een onvolledige hydrogenatie in de pens van octadecapolyeenzuren tot stearinezuur, met ophoping van isomeren die fungeren als tussenstadia.

Hydrogenatie van linol- en linoleenzuur gebeurt inder-

Tabel 2 Effect van de verrijking van een krachtvoer/hooirantsoen met soja-, lijn- of visolie op de gehalten vacceenzuur (C18:1 trans-11), CLA (C18:2 cis-9, trans-11), eicosapentaëenzuur (C20:5 ω-3) en docosahexaëenzuur (C22:6 ω-3) (% van totale intramusculaire vetzuren van de Longissimus thoracis na afmesten van lammeren gedurende 1 maand).

	Sojaolie	Lijnolie	Visolie
C18:1 trans-11	2,99	2,66	2,55
C18:2 cis-9, trans-11	1,41	1,24	1,25
C20:5 ω-3	1,06 ^b	1,23 ^b	2,31 ^a
C22:6 ω-3	0,40 ^b	0,43 ^b	0,95 ^a

^{a, b} Waarden met verschillend superscript binnen eenzelfde rij verschillen significant (p < 0,05).

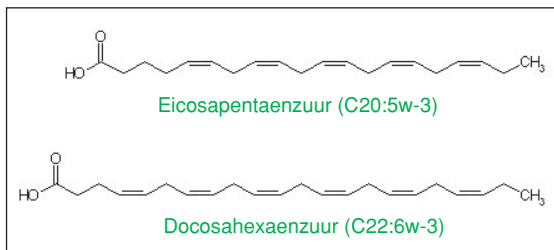


Fig. 5 De twee belangrijkste omega-3-visolievetzuren.

Fig. 5 The two predominant omega-3 fish oil fatty acids.

daad door samenwerking van verschillende bacteriën waarbij allereerst de plaats en configuratie (cis) van de dubbele bindingen worden veranderd. Als belangrijkste tussenstadia worden daarbij een reeks geconjugeerde en transisomeren gevormd waarvan de belangrijkste zijn weergegeven in figuur 2. Visoliesupplementatie blijkt de biohydrogenatie van linol- en linoleenzuur uit andere oliebronnen (bijvoorbeeld zonnebloem- en lijnolie) te remmen. Bij deze isomeren is vooral vacceenzuur (C18:1 trans-11) belangrijk. CLA zou immers vooral in uier [6] en spierweefsel [8] worden gevormd door omzetting van het uit de pensmaag afkomstige vacceenzuur.

Bijvoeren

Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat het bijvoeren van visolie, naast het remmen van de methaanproductie, ook de vetzuursamenstelling van melk en vlees in gunstige zin kan beïnvloeden. Het gaat dan zowel om het EPA- en DHA- als het CLA-gehalte. Tabel 2 toont resultaten [1] over het effect van een maand visolie bijvoeren (4% van een krachtvoer/hooirantsoen met een totaal vetgehalte van 8%) op de samenstelling van lamsvlees.

Voeren van visolie resulteert duidelijk in een verhoogd EPA- en DHA-gehalte van het intramusculair vet. In tegenstelling tot melk werd echter geen effect gevonden op het vacceenzuur- of het CLA-gehalte. Dit kan echter verband houden met de korte afmestfase van een maand. Binnenkort worden de resultaten verwacht van twee en drie maanden afmesten op een visoliegesupplementeerd rantsoen.

Alternatieven

Het is duidelijk dat in de melk- en vleesproductie het via de veevoeding verstrekken van oliën die rijk zijn aan de omega-3-vetzuren EPA en DHA de kwaliteit van zowel het eindproduct als van het productiesysteem kan verbeteren. Andere aspecten van de complexe kwaliteitsproblematiek verbonden aan dergelijke 'functionele veevoeding' vragen echter om verder onderzoek en ontwikkeling. Het betreft:

1. De beperkte beschikbaarheid door het gebruik van vismeel in de aquacultuur en de beperkte houdbaarheid door



Fig. 6 Incubatievatje met pensinoculum voor de in vitro studie van methaanproductie, vezelafbraak en lipolyse en hydrogenatie van vetzuren.

Fig. 6 Incubation flask with rumen inoculum for in vitro determination of methane production, fibre degradation and lipolysis and hydrogenation of fatty acids.

de hoge oxidatiegevoeligheid van visolie. Ook is visolie duur. Bovendien wordt het gebruik van dierlijke producten in de herkauwersvoeding algemeen afgewezen. Omega-3-vetzuren in visserijproducten zijn echter afkomstig van aquatische plantaardige organismen (algen), de enige organismen die in belangrijke mate in staat zijn linoleenzuur om te zetten tot EPA en DHA. De vakgroep Dierlijke

Voeren van visolie resulteert duidelijk in een verhoogd

EPA- en DHA- van het intramusculair vet

Productie van de Universiteit Gent onderzoekt samen met een industriële partner mogelijkheden voor het gebruik van deze microalgen in de herkauwersvoeding. Anderen denken aan de incorporatie van de betreffende enzymen in terrestrische planten door genetische modificatie [7].

2. De effecten van omega-3-vetzuren op de houdbaarheid en smakelijkheid van melk en vlees (de zogenoemde 'tainting', vlees of melk die naar vis ruiken). De relatie met de problematiek van antioxidanta in de veevoeding en levensmiddelen moet verder worden onderzocht.
3. De effecten van omega-3-vetzuren in de veevoeding op de fysiologie van het dier [10]. Bovendien zou het dier bij geurafwijkingen het voer kunnen weigeren. ■

Literatuur

1. Chow TT, Fievez V, De Beule M, Moloney AP, Raes K, Demeyer D & De Smet S (2003). In vitro studie van het effect van visolie op de accumulatie van intermediairen in het hydrogenatieproces van linol- en linoleenzuur. Proceedings 28e Studiedag Nederlandstalige Voedingsonderzoekers, 34-35.
2. Dohme F, Fievez V, Raes K & Demeyer D (2003). Increasing levels of two different fish oils lower ruminal biohydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid in vitro. Animal Research, accepted.
3. Donovan DC, Schingoethe DJ, Baer RJ, Ryali J, Hippen AR & Franklin ST (2000). Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 83, 2620-2628.
4. Doreau M & Chilliard Y (1997). Effects of ruminal or post-ruminal fish oil supplementation on intake and digestion in dairy cows. Reproduction, Nutrition, Development, 37, 113-124.
5. Fievez V, Dohme F, Danneels M, Raes K & Demeyer D (2003). Fish oil as potent rumen methane inhibitor and its associated effects on rumen fermentation studied in vitro and in vivo. Animal Feed Science and Technology 104, 41-58.
6. Griinari JM, Corl BA, Lacy SH, Chouinard PY, Nurmela KVV & Bauman DE (2000). Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta-9-desaturase. Journal of Nutrition, 130, 2285-2291.
7. Heinz E (2002). Genetechnology of fatty acid desaturation. Book of Abstracts, 2nd Congress Of the European Federation for the Science and technology of lipids, Nov. 6-8 2002, Strasbourg.
8. Raes K, De Smet S & Demeyer D (2001). Effect of double-muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and poly-unsaturated fatty acids. Animal Science, 73, 253-260.
- 9/ Ruiters A (2003). Vis(vetzuren) voor hoofd en hart. Voedingsmiddelentechnologie 36, no.7, 53-55.
10. Scott RW & Ashes JR (1993). Dietary lipids for ruminants: protection, utilisation and effects on remodelling of skeletal muscle lipids. Australian Journal of Agricultural Research, 44, 827-835.