

De samenstelling van visvoeders

Deel 6: Energie

door Dr. A.H.M. Terpstra, Ir. R.A.J. Bijl en Ir G. Rutjes (Coppens International BV.)

Vetten, koolhydraten en eiwitten zijn de belangrijkste bronnen van energie in het voer. De energie dichtheid van deze drie componenten is verschillend en de energie in een voer wordt bepaald door de hoeveelheid vetten, koolhydraten en eiwitten. De energie kan worden uitgedrukt als bruto, verteerbare en metaboliseerbare energie.

Bruto Energie

De bruto energie is de hoeveelheid energie die vrij komt bij volledige verbranding van het voer of een grondstof. De bruto energie wordt bepaald door het voer volledig te verbranden in een z.g. bomcalorimeter en de hoeveelheid energie (warmte) te meten die bij deze verbranding vrij komt. Zo kan men ook de bruto energie van vetten, koolhydraten en eiwitten afzonderlijk bepalen (zie Tabel 1).

Verteerbare Energie

De verteerbare energie is de hoeveelheid energie in het voer die door de vis wordt verteerd en dus door de vis wordt opgenomen. De verteerbaarheid van vetten, koolhydraten

en eiwitten is verschillend en hangt af van verschillende factoren. Sommige grondstoffen en voeders zijn beter verteerbaar dan andere en ook de hoeveelheid voer die door de vis wordt opgenomen speelt een rol; een hogere voedergift resulteert over het algemeen in een lagere vertering. De gemiddelde verteerbaarheden zoals die zijn vermeld in Tabel 1 worden meestal gebruikt voor het berekenen van de verteerbare energie in een voer.

Metaboliseerbare Energie

De metaboliseerbare energie in het voer is de energie die de vis daadwerkelijk kan benutten. Vetten en koolhydraten kunnen volledig door de vis worden verbrand voor

Tabel 1. Bruto, verteerbare en metaboliseerbare energie.

	Bruto Energie (kJ/gram)	Gemiddelde Veteerbaarheid (%)	Verteerbare Energie (kJ/gram)	Metaboliseerbare Energie (kJ/gram)
Vet	39.6	92	36.4	36.4
Eiwitten	23.7	94	22.2	17.5
Koolhydraten	17.2	88	15.1	15.1
Vezeel	17.2	0	0	0

Tabel 2. Verlies van energie bij de verbranding van eiwit in de vis als het vrijgekomen stikstof wordt uitgescheiden als ureum of ammoniak.

	Eindproduct	
	Ureum	Ammoniak
<i>Bruto energie in eiwit (kJ per gram eiwit)</i>	23,7	23,7
<i>Energie die verloren gaat in de vorm van ureum of ammoniak bij de verbranding van 1 gram eiwit¹ (kJ / gram eiwit)</i>	3,7	4,0
<i>Energie die verloren gaat voor de synthese van ureum bij de verbranding van 1 gram eiwit² (kJ / gram eiwit)</i>	2,1	0
<i>Netto energie (kJ per gram eiwit)</i>	17,9	19,7
<i>Verteringsverlies, ongeveer 6% (kJ per gram eiwit)</i>	1,1	1,2
<i>Metaboliseerbare energie (kJ / gram eiwit)³</i>	16,8	18,5

1. Bij de verbranding van 1 gram eiwit wordt 0.34 gram ureum gevormd (1 gram ureum bevat 10.8 kJ energie) of 0.20 gram ammoniak (1 gram ammoniak bevat 20.5 kJ energie).
2. Bij de verbranding van eiwit komt het stikstof vrij als ammoniak, er is dus geen extra energie nodig voor de synthese van ammoniak. Er is wel energie nodig voor de synthese van ureum uit ammoniak.
3. De vis scheidt het stikstof uit als ureum (ongeveer 15%) en ammoniak (ongeveer 85%). Daarom wordt een gemiddelde waarde van 17,5 kJ per gram metaboliseerbare energie gebruikt in Tabel 1.

energieproductie of worden benut voor de groei. De metaboliseerbare energie van vetten en koolhydraten zou dus gelijk zijn aan de bruto energie als vetten en koolhydraten volledig zouden worden verteerd. Eiwitten bevatten echter stikstof en de vis kan het stikstof dat bij de verbranding van eiwitten vrij komt in de vorm van ammoniak, alleen in de vorm van ammoniak en ureum uitscheiden. Ongeveer 85% van het vrijgekomen stikstof in de vis wordt uitgescheiden als ammoniak door de kieuwen en ongeveer 15% als ureum in de urine. Ammoniak en ureum bevatten een substantiële hoeveelheid energie, n.l. 1 gram ureum bevat 10.8 kJ energie en 1 gram ammoniak bevat 20.5 kJ energie. Verder kost het de vis energie om het ureum te synthetiseren uit ammoniak (Tabel 2). Dit betekent dat de vis de energie

in het eiwit niet volledig kan benutten, ook al zou het eiwit volledig worden verteerd. Van de bruto energie van 23.7 kJ per gram eiwit kan de vis slechts 17.5 kJ per gram eiwit daadwerkelijk benutten (zie Tabel 1 en 2); de rest van de energie gaat verloren (1) door onvolledige vertering van het eiwit (2) als energie in het uitgescheiden ureum en ammoniak en (3) als energie die nodig is voor de synthese van ureum, zie Tabel 2. Deze tabel laat zien dat de metaboliseerbare energie in eiwit enigszins hoger is wanneer het vrijgekomen stikstof wordt uitgescheiden in de vorm van ammoniak i.p.v. ureum; er is dan n.l. geen extra energie nodig om het ureum te synthetiseren. De vis scheidt de meeste stikstof (ongeveer 85%) uit in de vorm van ammoniak en daarom heeft het eiwit voor de vis een enigszins hogere

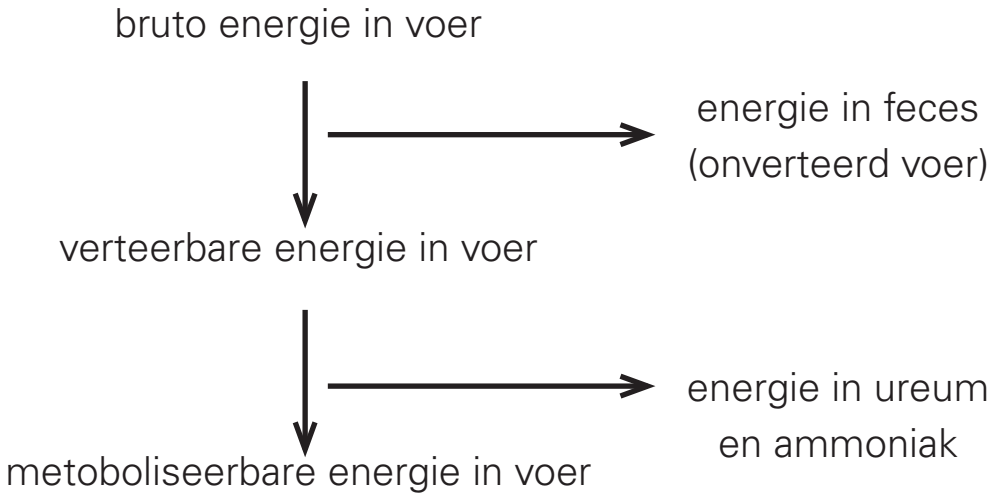
metaboliseerbare energiewaarde dan voor diersoorten die de stikstof alleen maar in de vorm van ureum kunnen uitscheiden (Tabel 2). Vogels scheiden stikstof uit in de vorm van urinezuur en de synthese van urinezuur uit ammoniak kost eveneens energie. Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de bruto, verteerbare en metaboliseerbare energie in het voer.

Berekening van de energie in een visvoer

Met behulp van de gegevens in Tabel 1 kan nu gemakkelijk de energie in een visvoer worden berekend. De hoeveelheid vetten, eiwitten en vezel staat vermeld op het label van een zak visvoer en deze waarden worden bepaald met de z.g. Weende analyse zoals beschreven in één van de vorige artikelen. We hebben als voorbeeld genomen een visvoer met 45% eiwit, 12% vet, 1,5% vezel, 10% as en 8% vocht, een typisch meerval

voer (Tabel 3). De koolhydraat fractie of het stikstofvrije extract ("Nitrogen Free Extract, NFE" in de Engelstalige literatuur) kan worden berekend als $100 - (45 + 12 + 1,5 + 10 + 8) = 23.5\%$.

Energie wordt gewoonlijk uitgedrukt in Joules (J) of kiloJoules (kJ; 1 kJ = 1000 Joules). Vroeger werd energie uitgedrukt in calorieën (cal) of kilocalorieën (kcal; 1 kcal = 1000 cal). Eén calorie is de hoeveelheid energie of warmte die nodig is om 1 gram water 1 graad Celsius in temperatuur te laten stijgen. De conversie van joules in calorieën is: 1 cal = 4,184 joule. Vaak wordt de calorie nog gebruikt naast de joule; labels op levensmiddelen in de supermarkt geven meestal beide waarden aan. In het metrische of SI (Système International) stelsel en in de wetenschap wordt echter alleen de joule gebruikt.



Figuur 1. Schematische voorstelling van bruto, verteerbare en metaboliseerbare energie in een voer.

Tabel 3. Voorbeeld van de berekening van de bruto, verteerbare en metaboliseerbare energie in een visvoer

	Samenstelling Voer1 (g/kg voer)	Bruto Energie2 (kJ/g)	Bruto Energie (MJ/kg voer)	Verteerbare Energie3 (kJ/g)	Verteerbare Energie4 (MJ/kg voer)	Metaboliseerbare Energie (kJ/g)	Metaboliseerbare Energie (MJ/kg voer)
Vet	120	39.6	4.75	36.4	4.37	36.4	4.37
Eiwit	450	23.7	10.67	22.2	9.99	17.5	7.88
Koolhydraten	235	17.2	4.04	15.1	3.55	15.1	3.55
Vezel	15	17.2	0.26	0	0	0	0
As	100	0	0	0	0	0	0
Vocht	80	0	0	0	0	0	0
Total	100		19.72		17.91		15.80

1. Het vet, eiwit, vezel, as en vocht wordt bepaald met de Weende analyse. De koolhydraat fractie (ook wel het "Nitrogen Free Extract (NFE)" of stikstofvrije extract genoemd) wordt berekend als $1000 - (\text{eiwit} + \text{vet} + \text{as} + \text{vezel} + \text{vocht})$.
2. De bruto energie in 1 gram vet, eiwit en koolhydraten
3. De verteerbare energie in 1 gram vet, eiwit en koolhydraten
4. De metaboliseerbare energie in 1 gram vet, eiwit en koolhydraten

Voorbeeld: vet heeft een verteerbare energie van 36.4 kJ per gram (zie vierde kolom), het voer bevat 120 gram vet per kg (eerste kolom), dus de verteerbare energie in het vet in het voer is $120 \times 36.4 = 4368 \text{ kJ} = 4.37 \text{ MJ}$, zie vijfde kolom (1 MJ = 1000 kJ).