

Principer för skattning av energiinnehåll i foder till grisar

Jan Erik Lindberg

Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Box 7024, 750 07 Uppsala.

Sammanfattning

Målet med detta projekt var att kritiskt utvärdera olika system för skattning av energivärdet i foder till grisar, och att baserat på denna studie föreslå åtgärder till förbättring av nuvarande system eller en övergång till ett alternativt system. Utgångspunkten för detta arbete var en allmänt utbredd uppfattning inom näringen att vårt nuvarande system för värdering av energiinnehållet i foder till grisar (baserat på omsättbar energi) inte tillräckligt väl förmår beskriva den variation som normalt finns i praktiken, både inom och mellan fodermedel. Om så är fallet bidrar detta till oönskad variation i energitilldelning inom svensk grisproduktionen med negativ inverkan på effektiviteten i produktionen, bl.a. tillväxt och foderutnyttjande, och därmed också en negativ inverkan på lönsamheten i produktionen.

Inom ramen för detta projekt har olika beräkningar av energivärdet genomförts på ett urval av fodermedel med känd kemisk sammansättning. Aktuell information om olika system för energivärdering av foder till grisar i Europa har hämtats från publicerade arbeten, och genom direkt kontakt med forskare och näring. Urvalet av fodermedel för detta arbete har baserats på dem som ansetts intressanta för svenska förhållanden, men också med ambition att skapa en stor variation i näringsinnehåll. För att nöjaktigt kunna jämföra olika system för beräkning av energivärdet och kunna genomföra beräkningar av energiinnehållet enligt föreslagna värderingssystem har samtliga insamlade foderprover analyserats kemiskt, och med *in vitro* metodik (enzymatisk smältbarhet), vid institutionens egna laboratorier.

De beräkningar och jämförelser som gjorts inom ramen för detta projekt visar att det finns lite att vinna på att välja ett förfinat system för beräkning av omsättbar energi jämfört med det system som används idag. Även om de absoluta energivärdena skiljer sig mellan de två system som jämförts blir den inbördes rangering av fodermedlen densamma. Denna studie visar också att de två system som använts för beräkning av nettoenergi (det holländska och det franska) sinsemellan ger jämförbara resultat och kan därmed anses vara likvärdiga. Däremot ger det nya danska energivärderingssystemet som bygger på potentiell fysiologisk energi (PFE) en annan rangering av fodermedel än de system som använts för beräkning av nettoenergi. Detta kan förklaras av att olika principer använts för beräkningarna och av skillnader i det relativa energibidraget från olika näringskomponenter i fodret mellan PFE och systemen för nettoenergi. En avgörande skillnad är att det vid beräkning av nettoenergi används information om foderkomponenternas smältbarhet *in vivo*, medan man vid beräkningar av PFE baserar beräkningarna av näringsämnenas tillgänglighet på fodrets smältbarhet *in vitro*. Detta kan vara en bidragande orsak till de skillnader som redovisats mellan PFE systemet och systemen för nettoenergi.

Både det holländska och franska energivärderingssystemet får anses väl beprövade i praktisk tillämpning och är båda baserade på en stabil vetenskaplig grund. Det nya danska PFE systemet får anses vila på en solid teoretisk grund, men är däremot relativt oprövat i praktisk tillämpning. Mot denna bakgrund är det svårt att biologiskt värdera de skillnader som redovisats vid en jämförelse mellan dessa båda principer för värdering av fodrets energiinnehåll till grisar. Framtiden får utvisa om de skillnader som noterats är reella och om det finns fördelar med en värdering enligt PFE systemet jämfört med ett system baserat på nettoenergi.

Baserat på de beräkningar och jämförelser som genomförts inom detta projekt ges följande rekommendationer vad gäller användning av system för skattning av fodrets energivärde inom svensk grisköttsproduktion.

För att bättre kunna skatta fodrets energivärde och därmed effektivare kunna utnyttja befintliga foderresurser inom svensk grisköttsproduktion föreslås;

- ❖ Att vi övergår från att karakterisera fodrets innehåll av kolhydrater enligt råanalysen (växttråd och N-fria extraktivämnen) till att beskriva fodrets innehåll av kolhydrater med en kemisk analys av socker och stärkelse, samt en restfraktion som representerar övriga kolhydrater i fodret. Restfraktion beräknas från fodrets innehåll av organisk substans samt övriga analyserade komponenter [restfraktion = organisk substans – (råprotein + råfett + socker + stärkelse)]
- ❖ Att vi övergår från vårt nuvarande system att skatta energivärdet i foder till grisar (omsättbar energi) till ett system baserat på nettoenergi.
- ❖ Att kontrollerade studier genomförs med det nya systemet, i samverkan mellan SLU och näringen, för att fastlägga lämpliga normer för tilldelning av nettoenergi för olika kategorier grisar, och som kan utgöra ett nationellt underlag för rådgivning och praktisk tillämpning.

Det förtjänar påpekas att en övergång till ett nettoenergivärderingssystem inom svensk grisköttsproduktion också innebär att vi kan uppnå en bättre harmonisering med övriga länder inom EU när det gäller fodervärdering till grisar. Sannolikt är den föreslagna förändringen långsiktigt till gagn för den svenska lantbruksnäringen då den bör underlätta utbytet av varor och tjänster inom EU.

Bakgrund

Principer för skattning av energiinnehåll

Ett foders innehåll av energi kan beräknas som summan av bidraget från enskilda ingående fodermedel. Detta görs under antagandet att värdena framtagna för enskilda fodermedel är additiva när de blandas i ett foder, dvs. det föreligger ingen avvikelse från rätlinjighet. Den förhärskande principen för beräkning av energi i enskilda fodermedel bygger på kännedom om näringsinnehåll (kemisk sammansättning), samt näringsämnenas smältbarhet och energiinnehåll (energi per enhet smält näring) (se Henry et al., 1988; Noblet & Henry, 1993;). Denna princip gäller oavsett om energiinnehållet skall anges som smältbar energi (SE), omsättbar energi (OE) eller nettoenergi (NE). Om energivärdet skall anges som potentiell fysiologisk energi (PFE) skattas den biokemiskt tillgängliga energin i smältbara näringsämnen i fodret (Boisen & Verstegen, 1998a, b).

Om man enbart har intresse av att veta fodrets innehåll av SE kan denna skattas från innehållet av bruttoenergi (BE) och energins smältbarhet (dE). Innehållet av BE kan antingen bestämmas genom förbränning (kalorimetriskt) eller skattas genom beräkning av BE från näringsinnehåll (Schiemann et al., 1972). Energins smältbarhet (dE) kan skattas från fodrets innehåll av växtfiber (Schiemann et al., 1972; Just, 1982; Noblet & Henry, 1988; Lindberg & Pedersen, 2003) eller från andelen *in vitro* smältbar energi (Boisen & Fernandez, 1997; Lindberg & Pedersen, 2003). Med vetskap om innehållet av SE i ett fodermedel (eller foder) kan därefter innehållet av OE och NE skattas (Noblet & Henry, 1993).

Sverige och övriga Norden

För närvarande används fyra olika energivärderingssystem i de nordiska länderna. Det äldre danska som baseras på NE (används i Norge & Island), det finska NE systemet (som baseras på det holländska NE systemet), det svenska som baseras på OE och det nya danska energivärderingssystemet som baseras på potentiellt fysiologisk energi (PFE).

Vid en jämförelse mellan det svenska OE systemet, och det danska och finska NE systemen (Lindberg, 1997) konstateras att det föreligger påtagliga och betydelsefulla skillnader mellan länder med avseende på de värden på näringsämnenas energiinnehåll som används, rangering av fodermedel (Tabell 1) och smältbarheter för näringsämnen i vanliga fodermedel. Ett intressant resultat från denna studie var att det danska NE systemet och det svenska OE systemet skattade i stort sett överensstämmande relativa värden för energiförbrukning hos slaktsvin.

Tabell 1. Absoluta (MJ/kg torrs substans) och relativa (korn=100) energivärden i några vanliga fodermedel beräknade från olika system för energivärdering i Norden^{1,2}

	Korn	Vete	Havre	SBM	FM	SBP	RSM
OE (Dk, N, Is), MJ	14.9	15.8	13.7	15.9	17.1	13.9	12.7
Relativtal	100	106	92	107	115	93	85
NE (Dk, N, Is), MJ	9.3	10.0	8.4	10.1	11.0	8.5	7.6
Relativtal	100	107	90	109	118	91	82
NE (Fin), MJ	10.4	11.1	9.9	9.3	8.8	8.8	7.7
Relativtal	100	107	95	89	85	85	74
OE (S), MJ	14.2	15.2	13.0	14.7	15.4	13.0	11.7
Relativtal	100	107	91	103	108	91	82

1/ Data från Lindberg (1997): OE = omsättbar energi, NE = netto energi, Dk = Danmark, N = Norge, Is = Island, Fin = Finland, S = Sverige; 2/ Kemisk sammansättning och smältbarhet för respektive fodermedel hämtade från Simonsson (1994); SBM = sojamjöl; RSM = rapsmjöl; FM = fiskmjöl; SBP = sockerbetsfiber.

Enligt Boisen (2003; personligt meddelande) finns betydelsefulla skillnader i relativt energiinnehåll i fodrets näringskomponenter mellan det äldre danska NE systemet och andra NE system som används i Europa (Tabell 2). Mest uttalat är detta för den fraktion som representerar den fermenterbara fibern (i grovtarm) och för råprotein, men betydande skillnader kan också konstateras för råfett. Detta pekar på betydelsen av att noga välja bland de NE system som finns tillgängliga för att uppnå en så god beskrivning av energivärdet som möjligt. Enligt Noblet & Le Goff (2001) kan den andel av fodrets innehåll av omsättbar energi som kan utnyttjas som nettoenergi (NE/OE) skattas till 0,5-0,6 för kostfiber och 0,8 för stärkelse. Ökad användning inom svensk grisköttsproduktion av olika biprodukter från livsmedelsindustrin och mer fiberrika fodermedel kan således medföra uppenbara risker för en felaktig energivärdering om denna baserat på nuvarande OE system.

Tabell 2. Relativt energivärde (stärkelse = 100) för näringsämnen enligt olika system #

	Netto energi (NE)			Potentiell fysiologisk energi (PFE)	
	DK (1982)	NL (1993)	F (2000)	Generellt	DK (2002)
Stärkelse	100	100	100	100	100
Kostfiber fermenterbar	100	70	84	60	60
Råprotein	123	80	78	92	85
Råfett	219	267	243	223	271

Uppgifter från Boisen (2003, personligt meddelande); DK = Danmark, NL = Nederländerna, F = Frankrike.

System som baseras på PFE (potentiell fysiologisk energi) bygger på en skattning av näringsämnenas utnyttjande i grisens mag-tarmkanal (tunntarm resp. grovtarm) samt den energi som biokemiskt kan utvinnas ur respektive näringsämne (Boisen & Verstegen, 1998a, b; Boisen, 2002). PFE systemet utgör ett nytt och alternativt sätt att beskriva fodrets innehåll av för djuret tillgänglig energi. I Danmark har ett PFE system introducerats och används för närvarande för fodervärdering i dansk grisproduktion. Som framgår (Tabell 2) skiljer sig det relativa energibidraget från olika näringsämnen påtagligt mellan det tidigare använda NE systemet och det nya PFE systemet. Enligt tillgänglig information (Boisen, 2005 personligt meddelande) har det nya PFE systemet ännu inte utvärderats i kontrollerade studier.

Material och metoder

Foderprover

I denna studie har det ingått totalt 21 fodermedel, där prover uttagits från ett parti av respektive fodermedel (Appendix; Tabell I). Dessa valdes för att representera fodermedel som används, eller potentiellt skulle kunna användas, i foder till grisar. Dessutom valdes fodermedel som på grund av sin sammansättning skulle öka variationen för en enskild komponent t.ex. råprotein, råfett eller kolhydrater.

Beräkningar

Innehållet av bruttoenergi (BE) i utvalda fodermedel beräknades från det analyserade innehållet av olika kemiska komponenter (Tabell 3). Totalt användes tre modeller för dessa beräkningar (CVB, 2000; Rostock, 2004; Sauvant et al., 2004). Erhållna beräknade värden har jämförts med det bestämda (kalorimetriskt) innehållet av BE.

Innehållet av OE, NE och PFE i utvalda fodermedel beräknades från det analyserade innehållet av olika kemiska komponenter (Tabell 4). Andelen smältbara näringsämnen beräknades från tabulerade koefficienter (Simonsson, 1994). Smältbarheten för socker och stärkelse antogs vara 98 % och smältbarheten för restfraktionen av kolhydrater beräknades

från smältbarheten av organisk substans och smältbarheten för övriga näringskomponenter. För PFE användes dessutom fodermedlens analyserade innehåll av *in vitro* smältbar organisk substans för beräkningarna (Boisen, 2004). Totalt användes två modeller för beräkning av OE (Simonsson, 1994; Rostock, 2004) och två modeller för beräkning av NE (CVB, 2000; Sauvant et al., 2004). Dessutom beräknades fodermedlens innehåll av NE från deras innehåll av SE enligt INRA (se BSAS, 2003). I denna modell beräknades SE från det bestämda (kalorimetriskt)innehållet av BE och den skattade smältbarheten av energi (dE). De skattade värdena för dE erhöles från fodermedlens innehåll av NDF eller deras *in vitro* smältbarhet av organisk substans (ELOSf) (Lindberg & Pedersen, 2003).

Tabell 3. Energiinnehåll (kJ/g) i kemiska komponenter i foder för beräkning av bruttoenergi (BE)

	Energiinnehåll i komponent (kJ/g) #								Referens
	CP	EE	ST	SU	CF	Aska	Rest	Fix	
BE	23,6	39,3	17,5	15,8	-	-	17,5	-	CVB, 2000
BE	23,6	39,8	17,5	16	-	-	18,9	-	Rostock, 2003
BE	6,17	21,93	-	-	3,87	-18,67		17,3	Sauvant et al., 2004

CP = råprotein; EE = råfett; ST = stärkelse; SU = socker; CF = växttråd; Rest = organisk restfraktion (organisk substans - (CP + EE + ST + SU)); Fix = konstant faktor.

Analys

Foderprover från respektive fodermedel analyserades för innehåll av torrsbstans (103 °C i 16 timmar), aska (600 °C i 3 timmar), råprotein (Nordic committee on food analysis, 1976), råfett (EG-fett) (Official Journal of the European Communities, 1984), växttråd (Jennische & Larsson, 1990), socker och stärkelse (Larsson and Bengtsson, 1983), NDF (neutral detergent fibre; Pettersson & Lindberg, 1997) och enzymlöslig organisk substans *in vitro* (ELOS; Boisen, 1991; Boisen & Fernandez, 1997). Fodermedlens innehåll av bruttoenergi bestämdes genom förbränning i en bombkalorimeter (Gallenkamp).

Tabell 4. Energiinnehåll (kJ/g) i smältbara kemiska komponenter i foder för beräkning av omsättbar energi (OE), nettoenergi (NE) och potentiell fysiologisk energi (PFE)

	Energiinnehåll i smältbar komponent (kJ/g) #							Referens
	DCP	DEE	DST	DSU	DCF	DNFE	Drest	
OE	20,5	39,8	17,3	16			17,2	Rostock, 2003
OE	19,3	34,8			14,7	16,8		Simonsson, 1994
NE	12,1	35	14,3	11,9			8,6	Sauvant et al., 2004
NE	10,8	36,1	13,5	12,2			9,5	CVB, 2000
NE	11	27	12,7	11,6			12,0-0,14 (80-dE)	Rostock, 2003
PFE	9,9	31,7	11,3	11,3			7	Boisen, 2004

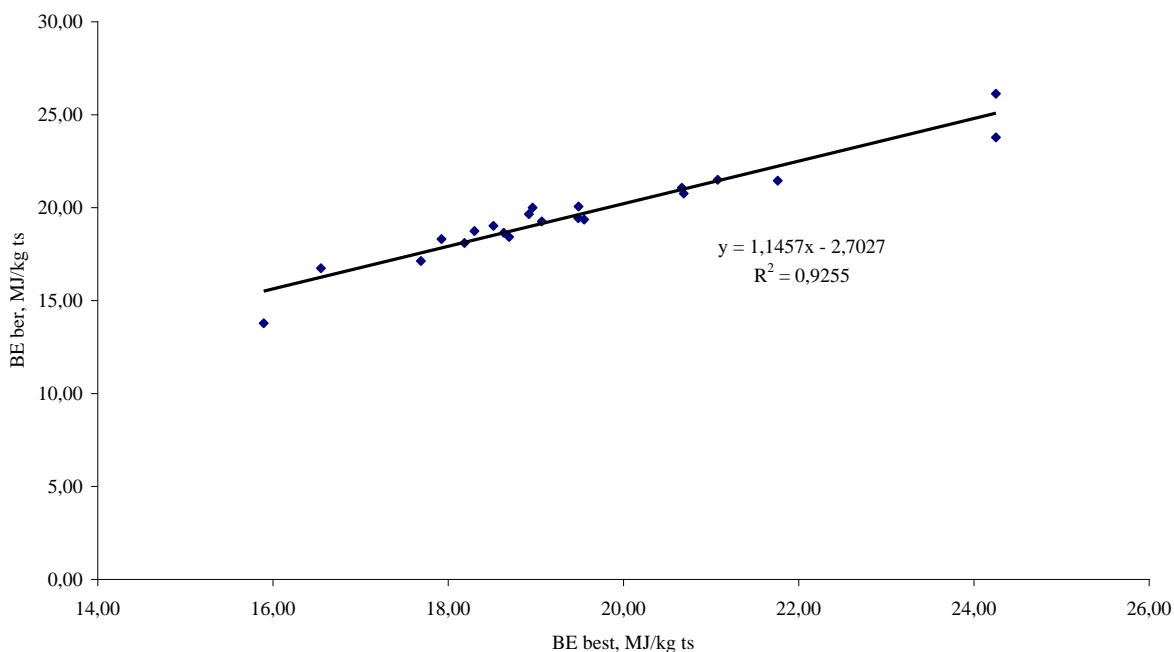
Fekalt smältbar komponent, för förklaringar se Tabell 3.

Resultat

Kemisk sammansättning

Den kemiska sammansättningen uppvisade en stor variation mellan studerade fodermedel (Appendix; Tabell I). Variationsvidden (g/kg torrsbstans) var 18-208 för aska, 105-781 för råprotein, 0-239 för växttråd, 0-331 för råfett, 0-689 för socker, 0-709 för stärkelse, 0-624 för NDF och 95-830 för NFE (kvävefria extraktivämnen). Den organiska substansens smältbarhet

in vitro (ELOS) varierade från 34,5 till 97,8 % för ELOS_i (tunntarm) och från 48 till 100 % för ELOS_f (total) (Appendix; Tabell I).



Figur 1. Sambandet mellan det analyserade (BE best) och det beräknade (BE ber) innehållet (MJ per kg torrs substans) av bruttoenergi (BE) enligt INRA (Sauvant et al., 2004).

Bruttoenergi

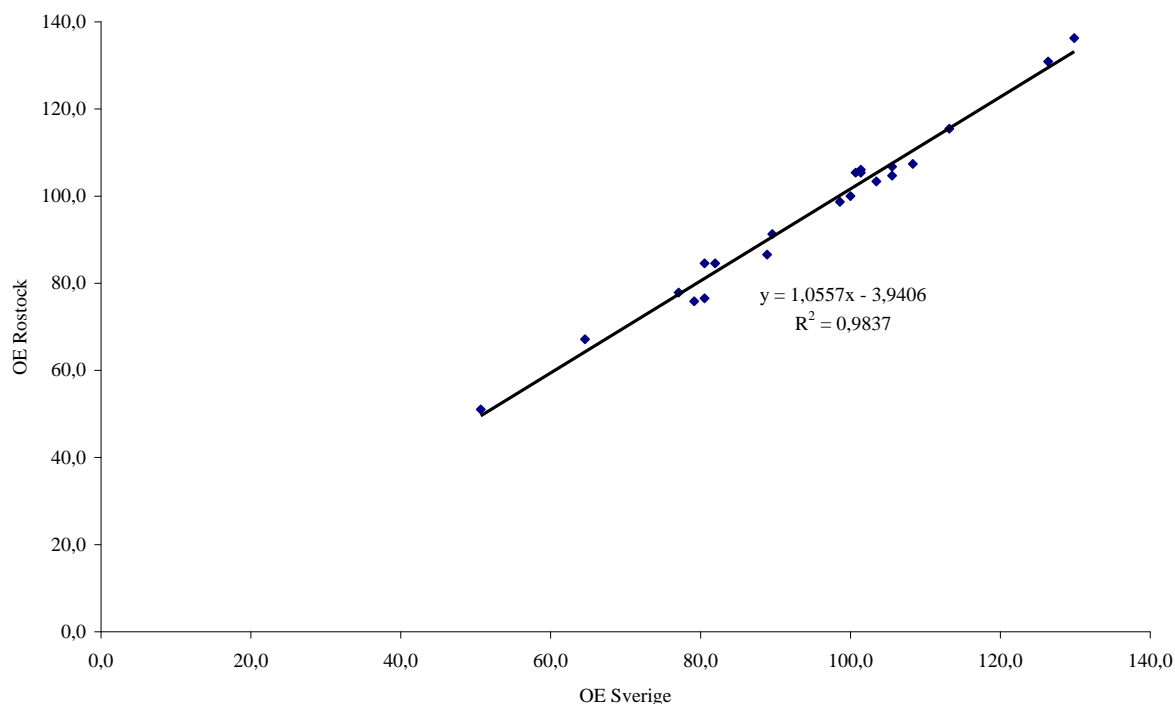
Det analyserade innehållet (per kg torrs substans) av bruttoenergi (BE) var i genomsnitt 19,45 ($\pm 2,11$) MJ (Appendix; Tabell II). Det lägsta värdet uppmättes för melass (15,89 MJ) och det högsta värdena uppmättes för majsgluten och rapsfrö (24,25 MJ).

Det beräknade innehållet av BE var väl korrelerat till det analyserade innehållet av BE för samtliga använda modeller (Figur 1). Sambanden mellan beräknat (y) innehåll av BE (MJ/kg torrs substans) och analyserat innehåll (x) av BE skiljde sig mellan använda modeller (Sauvant et al., (2004): $y = 1,1447x - 2,7027$, $R^2 = 0,92$; CVB (2000): $y = 1,0709x - 1,5621$, $R^2 = 0,91$; Rostock (2003): $y = 1,066x - 1,0244$, $R^2 = 0,90$). I genomsnitt skattades innehållet (per kg torrs substans) av BE till 19,57 ($\pm 2,52$) MJ enligt INRA (Sauvant et al., 2004), 19,27 ($\pm 2,37$) MJ enligt (CVB, 2000) och 19,71 ($\pm 2,37$) MJ enligt Rostock (2003).

Omsättbar energi

Det beräknade innehållet (per kg torrs substans) av omsättbar energi (OE) enligt Simonsson (1994) var i genomsnitt 13,63 ($\pm 2,74$) MJ och enligt Rostock (2003) i genomsnitt 14,30 ($\pm 3,02$) MJ (Appendix; Tabell II). Med få undantag (rapsmjöl & expro), var det beräknade absoluta innehållet av OE högre enligt Rostock (2003) än enligt Simonsson (1994).

Rangeringen av energiinnehåll i valda fodermedel var i stort sett densamma oavsett beräkningsmodell (Appendix; Tabell III; Figur 2).



Figur 2. Sambandet mellan det beräknade relativa (korn = 100) innehållet (MJ per kg torrs substans) av omsättbar energi (OE) enligt Simonsson (1994; OE Sverige) och enligt Rostock (2003; OE Rostock).

Nettoenergi

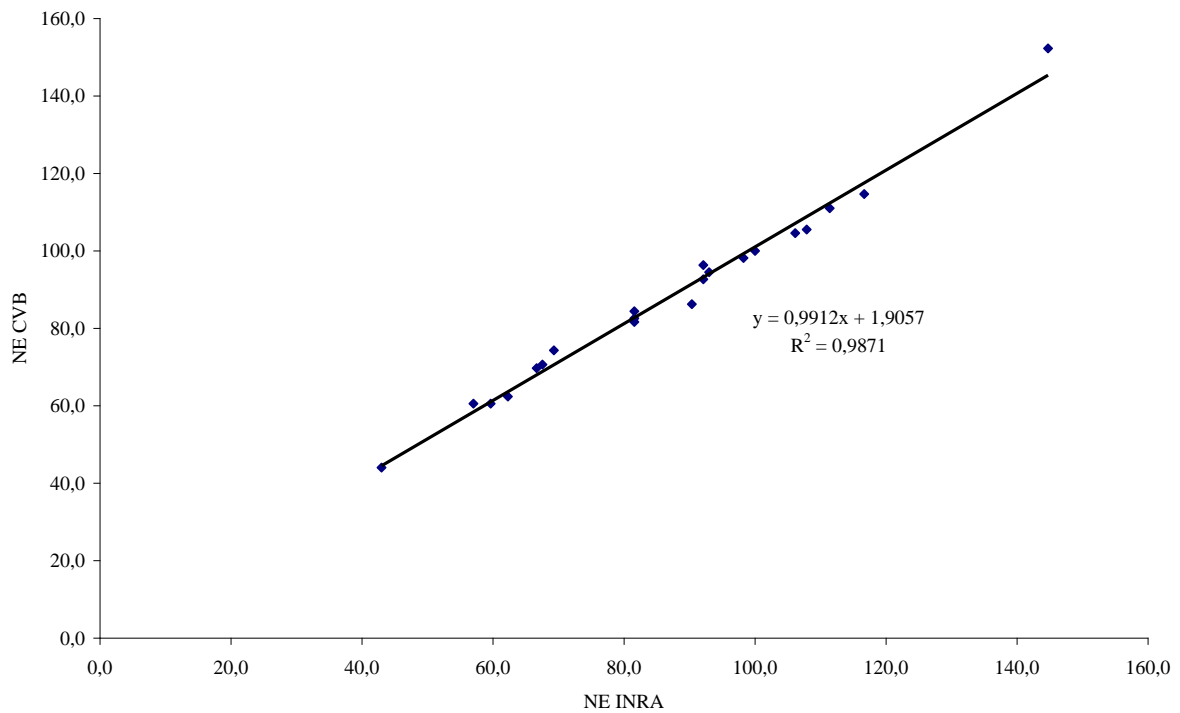
Det beräknade innehållet (per kg torrs substans) av nettoenergi (NE) enligt INRA (Sauvant et al., 2004) var i genomsnitt 9,89 ($\pm 2,72$) MJ och enligt CVB (2000) i genomsnitt 9,59 ($\pm 2,60$) MJ (Appendix; Tabell II). Motsvarande värden för NE beräknat från innehållet av SE (BSAS, 2003) var för dE skattat från innehållet av NDF (NE_{NDF}) i genomsnitt 9,19 ($\pm 2,97$) MJ och för dE skattat från ELOSf (NE_{ELOS}) i genomsnitt 9,51 ($\pm 2,39$) MJ (Appendix; Tabell II).

Rangeringen av energiinnehåll i valda fodermedel var i stort sett densamma för NE beräknat enligt INRA (Sauvant et al., 2004) och enligt CVB (2000) (Appendix; Tabell III; Figur 3). NE skattat från fodermedlens innehåll av NDF (NE_{NDF}) gav en annan rangering än NE_{INRA} ($y = 1,0236x - 5,338$; $r^2 = 0,82$). NE_{NDF} gav lägre energivärden för vetekli, drav, soypass, rapsfrö/vete och melass, medan det gav högre energivärden för majs gluten, protamyl och betför jämfört med NE_{INRA} . NE skatta från fodermedlens smältbarhet *in vitro* (NE_{ELOS}) gav också en annan rangering än NE_{INRA} ($y = 0,7385 + 19,358$; $r^2 = 0,70$). NE_{ELOS} gav lägre energivärden för vetekli, drav, majs gluten och protamyl, medan det gav högre energivärden för soypass, rapsmjöl, expro, rapsfrö/vete, betför och melass jämfört med NE_{INRA} .

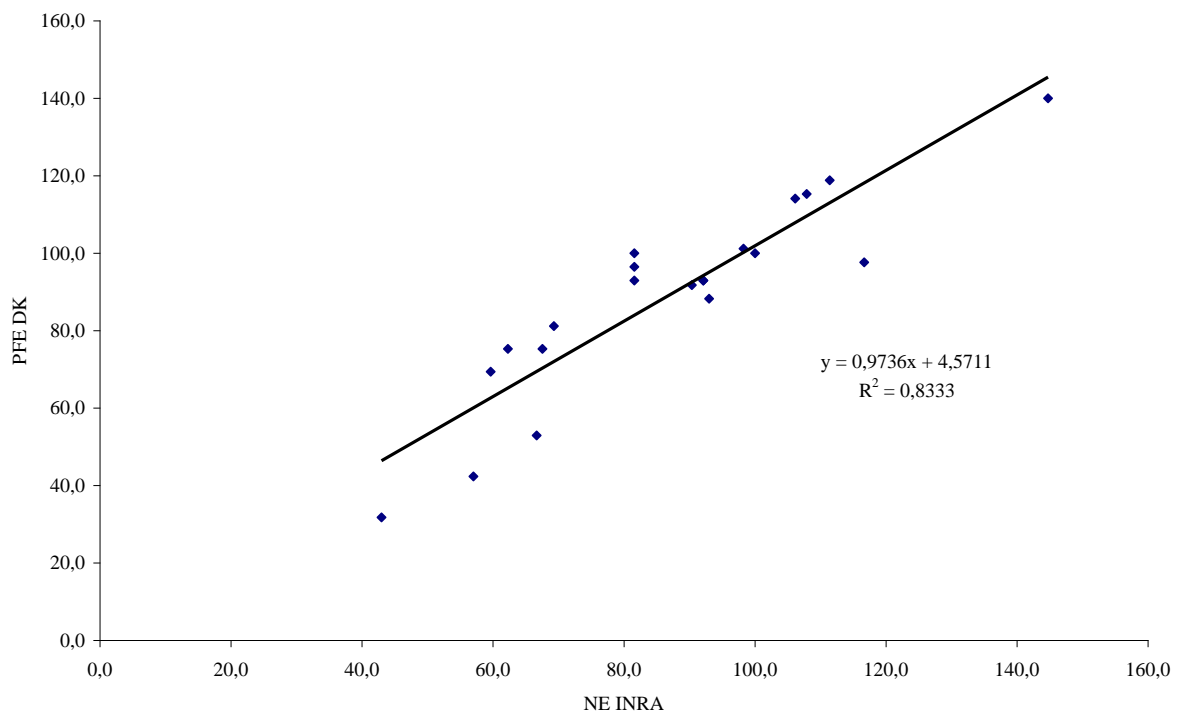
Potentiell fysiologisk energi

Det beräknade innehållet (per kg torrs substans) av potentiell fysiologisk energi (PFE) enligt Boisen (2004) var i genomsnitt 7,57 ($\pm 2,16$) MJ (Appendix; Tabell II).

Rangeringen av energiinnehåll i valda fodermedel uppvisade påtagliga skillnader när detta uttrycktes som NE beräknat enligt INRA (Sauvant et al., 2004) och som PFE beräknat enligt Boisen (2004) (Appendix; Tabell III; Figur 4). De mest påtagliga skillnaderna uppvisade följande grupper; drav, rapsmjöl och expro (relativa NE värden; 57-62); betför, vetekli och drank (relativa NE värden; 67-69); sojamjöl, vetefodermjöl och melass (relativa NE värden; 82-93); samt vete, rågvete och majs gluten (relativa NE värden; 106 och 117).



Figur 3. Sambandet mellan det beräknade relativa (korn = 100) innehållet (MJ per kg torrs substans) av nettoenergi (NE) enligt INRA (Sauvant et al., 2004; NE INRA) och NE enligt CVB (2000; NE CVB).

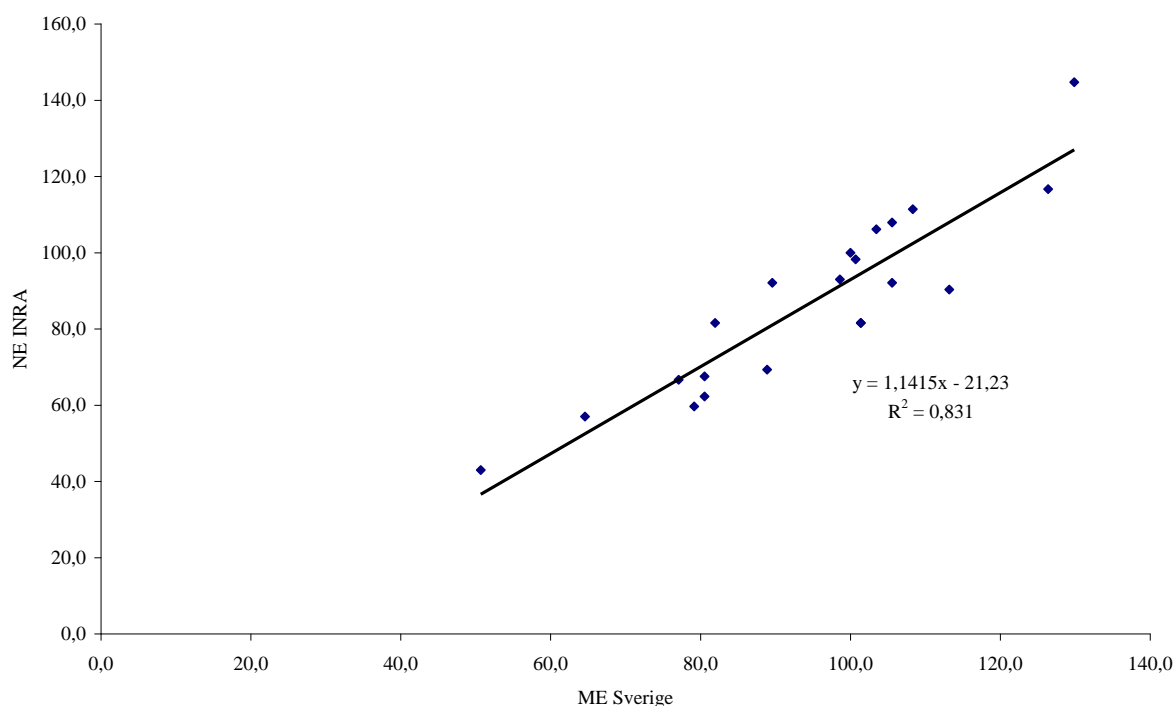


Figur 4. Sambandet mellan det beräknade relativa (korn = 100) innehållet (MJ per kg torrs substans) av nettoenergi (NE) enligt INRA (Sauvant et al., 2004; NE INRA) och potentiell fysiologisk energi (PFE) enligt Boisen (2004; PFE DK).

Diskussion

Analys av näringsinnehåll

Innehållet av näringsämnen i fodermedel anges i Sverige, liksom i många andra länder, med hjälp av s.k. råanalys (vatten, aska, råprotein, råfett och växttråd). I råanalysen beskrivs innehållet av kolhydrater av växttråd, vilket antas ange innehåll av växtfiber, och Nfe (kvävefria extraktivämen). Nfe beräknas och utgör skillnaden mellan innehållet av torrs substans och näringsämnen plus aska enligt råanalys, och antas beskriva fodrets innehåll av lättillgängliga kolhydrater (t.ex. socker, stärkelse etc.). De i råanalysen ingående kemiska analyserna är väl beprövade och robusta, men har nackdelen att de för i synnerhet kolhydratfraktionen av fodret på ett näringsmässigt otillfredsställande sätt beskriver denna fraktion (Bach Knudsen, 2001). Således ingår i Nfe, förutom lättillgängliga kolhydrater, en varierande andel växtfiber och lignin. Det har hävdats att en övergång till att beskriva fodrets innehåll av kolhydrater enligt mer modern metodik (socker, stärkelse & fiberkolhydrater; se Bach Knudsen, 2001), skulle kunna bidra till en förbättrad precision vid beräkning av energiinnehåll i foder till grisar (Noblet & Henry, 1993; Noblet & Le Goff, 2001). Frågan är om detta påstående gäller oavsett hur energivärdet uttrycks. För svenska grisproducenter är det framför allt intressant att se om detta stämmer vid beräkning av OE. En jämförelse av vår nuvarande beräkningsmodell för OE med den som föreslagits från Rostock (2003) bör ge en ganska god bild av om detta påstående gäller.



Figur 4. Sambandet mellan det beräknade relativa (korn = 100) innehållet (MJ per kg torrs substans) av nettoenergi (NE) enligt INRA (Sauvant et al., 2004; NE INRA) och omsättbar energi (OE) enligt Simonsson (1994; OE Sverige).

I det energivärderingssystem för OE i grisfoder som nyligen föreslagits från Rostock (2003; OE Rostock), och som bygger på en mycket omfattande databas, beskrivs innehållet av kolhydrater i fodret med socker, stärkelse och en s.k. restfraktion. Restfraktionen skall representera den svårsmälta fiberrika delen av kolhydratfraktionen i fodret. För övriga

analyserade fraktioner i fodret (råprotein och råfett) föreligger inga skillnader mellan de båda systemen. Däremot finns en skillnad mellan OE Rostock och det svenska OE systemet (Simonsson, 1994; OE Sverige) för det relativa energivärdet hos råprotein och råfett. I OE Rostock har råfett ett högre energivärde relativt råprotein ($39,8/20,5 = 194$) jämfört med OE SE ($34,8/19,3 = 180$). Detta påverkar värderingen av protein- och fettrika fodermedel.

Resultatet från denna studie visar att det föreligger en skillnad i absoluta OE värden mellan det nuvarande svenska OE systemet (Simonsson, 1994; OE Sverige) och OE Rostock. Detta beror på generellt högre energivärden för smältbart råprotein och råfett i OE Rostock jämfört med OE Sverige. Däremot förefaller rangeringen av fodermedel vara i stort sett densamma oavsett system (Figur 2). Detta antyder att det finns relativt lite att vinna i ökad precision vid skattning av energivärdet på att införa en kemisk mer korrekt analys av fodrets kolhydratfraktion så länge energivärdet uttrycks som OE.

Näringsämnenas smältbarhet

Näringsämnenas smältbarhet liksom energivärdet i fodermedel till grisar uppvisar en betydande variation inte bara mellan, utan också inom, fodermedel (Henry et al., 1988). Detta gäller i hög grad för spannmål och dess biprodukter (Jørgensen, 1998; Fernandez, 1998) som ju utgör basen i svenska svinfoder. Med nuvarande system (baserad på råanalys) för värdering av energiinnehåll i foder till grisar kan inte den näringsmässiga variation som finns inom och mellan fodermedel i praktiken tillräckligt väl beskrivas. Detta medför att vi med otillräcklig precision skattar med fodret tillförd energi i grisproduktionen, vilket bidrar till en okontrollerad variation i energitilldelning och får en negativ påverkan på effektiviteten i produktionen (bl.a. tillväxt och foderutnyttjande).

Fodrets innehåll av växtfiber är den enskilt största och kvantitativt viktigaste komponenten vid skattning av fodrets energivärde (Noblet & Henry, 1993). Smältbarheten av kostfiber hos gris är i genomsnitt 40-50 %, men med en variation från 0 för kostfiber med högt innehåll av lignin och olösliga växtfibrer, till 80-90 % för kostfiber med högt innehåll av pektin och lösliga växtfibrer (Noblet & Le Goff, 2001). Man kan därför förvänta sig en betydande variation i energiutnyttjande mellan foder beroende på skillnader i sammansättning (lignin, lösliga och olösliga växtfiber) av kostfiber. Både smältbarhet och utnyttjandet av kostfiber ökar med stigande ålder hos grisar, med högst värden för vuxna suggor (Noblet & Le Goff, 2001). För växande grisar bidrar smält kostfiber i begränsad omfattning till SE och OE i fodret på grund av ökade endogena förluster av protein och fett vid ökat intag av kostfiber, samt negativ påverkan av kostfiber också på andra näringsämnen.

De brister som diskuterats i fråga om råanalysen, och det skattade innehållet av lättillgängliga och svårtillgängliga kolhydrater i fodret, medför också svårigheter att med god säkerhet kunna ange en någorlunda korrekt faktor för de smältbara näringsämnenas energiinnehåll.

Val av energivärderingssystem

De beräkningar och jämförelser som gjorts inom ramen för detta projekt visar att det finns lite att vinna på att välja ett förfinat system för beräkning av omsättbar energi jämfört med det system som används idag. Även om de absoluta energivärdena skiljer sig mellan systemen blir den inbördes rangering av fodermedlen densamma. Studien visar också att de systemen som använts för beräkning av nettoenergi sinsemellan ger jämförbara resultat, medan det nya danska energivärderingssystemet som bygger på potentiell fysiologisk energi (PFE) ger en annan rangering av fodermedel än systemen för beräkning av nettoenergi. Detta kan förklaras av olika principer för beräkningarna och av skillnader i det relativa energibidraget från olika näringskomponenter i fodret. Vid beräkning av nettoenergi används information om foderkomponenternas smältbarhet *in vivo* medan det vid beräkningar av PFE baseras på

fodrets smältbarhet *in vitro*, vilket kan ha bidragit till de skillnader som redovisats. Både det holländska och franska energivärderingssystemet får anses väl beprövade i praktisk tillämpning och är baserade på en stabil vetenskaplig grund. Det nya danska PFE systemet får anses vila på en solid teoretisk, men är däremot relativt oprövat i praktisk tillämpning. Mot denna bakgrund är det svårt att biologiska värdera de skillnader som redovisats vid en jämförelse mellan dessa båda principer för värdering av fodrets energiinnehåll. Framtiden får utvisa om de skillnader som noterats är reella och om det finns fördelar med en värdering enligt PFE systemet jämfört med ett system baserat på nettoenergi.

Rekommendation

För att bättre kunna skatta fodrets energivärde och därmed effektivare kunna utnyttja befintliga foderresurser inom svensk grisköttsproduktion föreslås;

- ❖ Att vi övergår från att karakterisera fodrets innehåll av kolhydrater enligt råanalysen (växttråd och N-fria extraktivämen) till att beskriva fodrets innehåll av kolhydrater med en kemisk analys av socker och stärkelse, samt en restfraktion som representerar övriga kolhydrater i fodret. Restfraktion beräknas från fodrets innehåll av organisk substans samt övriga analyserade komponenter [restfraktion = organisk substans – (råprotein + råfett + socker + stärkelse)]
- ❖ Att vi övergår från vårt nuvarande system att skatta energivärdet i foder till grisar (omsättbar energi) till ett system baserat på nettoenergi.
- ❖ Att kontrollerade studier genomförs med det nya systemet, i samverkan mellan SLU och näringen, för att fastlägga lämpliga normer för tilldelning av nettoenergi för olika kategorier grisar, och som kan utgöra ett nationellt underlag för rådgivning och praktisk tillämpning.

Referenser

- Bach Knudsen, K. E., 2001. The nutritional significance of dietary fibre analysis. *Animal Feed Science and Technology* 90, 3-20.
- Boisen, S., 1991. A model for feed evaluation based on *in vitro* digestible dry matter and protein. In: *In vitro* digestion for pigs and poultry, M. F. Fuller (ed.), CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK, pp. 135-145.
- Boisen, S., 2002. *In vitro* methods for analysing nutrient digestibility-and their implementation in present and future feed evaluation systems for pigs. Avhandling för doktorsgrad. Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Foulum, Denmark.
- Boisen, S., 2004. Calculations of energy value according to the new Danish feed evaluation system for pigs. Technical note, DIAS, Foulum, Denmark.
- Boisen, S. & Fernandez, J. A., 1997. Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pigs by *in vitro* analysis. *Animal Feed Science and Technology* 68, 277-286.
- Boisen, S. & Verstegen, M. W. A., 1998a. Evaluation of feedstuffs and pig diets. Energy or nutrient-based evaluation systems? I. Limitations of present energy evaluation systems. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 48, 86-94.
- Boisen, S. & Verstegen, M. W. A., 1998b. Evaluation of feedstuffs and pig diets. Energy or nutrient-based evaluation systems? II. Proposal for a new nutrient-based evaluation system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 48, 95-102.
- BSAS, 2003. Nutrient requirement standards for pigs (Authors: C. T. Whittimore, M. J. Hazzledine and W. H. Close). British Society of Animal Science, Penicuik, UK.
- CVB, 2000. Veevoedertabel. Centraal Veevoederbureau Nederland, Lelystad, The Netherlands.
- Fernandez, J. A., 1997. Prediction of energy and protein digestibility. NJF Utredning/Rapport Nr. 119, pp. 59-70.
- Henry, Y., Vogt, H. & Zoiopoulos, P. E., 1988. Feed evaluation and nutritional requirements. III. Pigs and poultry. *Livestock Production Science* 19, 299-354.

- Jørgensen, H., 1997. Factors affecting energy value of feedstuffs-Available data. NJF Utredning/Rapport Nr. 119, pp. 32-41.
- Jennische, P. & Larsson, K., 1990. Traditionella svenska analysmetoder för vallfoder och växtmaterial. SLL Rapport nr 60.
- Just, A., 1982. The influence of crude fibre from cereals on the net energy value of diets for growth in pigs. *Livestock Production Science* 9, 569-580.
- Larsson, K., Bengtsson, S., 1983. Bestämning av lättillgängliga kolhydrater i växtmaterial. Metodrapport nr 22.
- Lindberg, J. E., 1997. Comparison of current energy evaluation systems for pigs in the Nordic countries. NJF Utredning/Rapport Nr. 119, pp. 9-18.
- Lindberg, J. E. & Pedersen, C., 2003. Prediction of energy digestibility in pig feeds. *EAAP publication* 109, 201-204.
- Noblet, J. & Henry, Y., 1993. Energy evaluation systems for pig diets: a review. *Livestock Production Science* 36, 121-141.
- Noblet, J. & Perez, J. M., 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy value of pig diets from chemical composition. *Journal of Animal Science* 71, 3389-3398.
- Noblet, J. & Le Goff, G., 2001. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology* 90, 35-52.
- Nordic committee on food analysis, 1976. Nitrogen. Determination in foods and feeds according to Kjeldahl, 3rd edn.
- Official Journal of the European Communities, 1984. Determination of crude oils and fat. Method B.
- Pettersson, Å. & Lindberg, J. E., 1997. Ileal and total tract digestibility in pigs of naked and hulled barley with different starch composition. *Animal Feed Science and Technology* 66, 97-109.
- Rostock, 2003. Rostock Feed Evaluation System (Authors: M. Beyer, A. Chudy, L. Hoffmann, W. Jentsch, W. Laube, K. Nehring and R. Schiemann). Research Institute for the Biology of Farm Animals (FNB), Research Unit Nutritional Physiology "Oscar Kellner", Dummerstorf, Germany.
- Sauvant, D., Perez, J. M. & Tran, G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands and INRA, Paris, France.
- Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W. & Chudy, A., 1972. Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 344p.
- Simonsson, A., 1994. Näringsrekommendationer och fodermedelstabeller till svin. Sveriges Lantbruksuniversitet, Info Rapporter, Husdjur 75.

Appendix

Tabell I. Torrsubstans (%), kemisk sammansättning (g/kg torrsubstans) och *in vitro* smältbarhet (%) av organisk substans i studerade foderprover [§]

	Ts, %	I torrsubstans, g/kg						In vitro smältbarhet, %			
		Aska	Råprotein	Växttråd	Råfett	Socker	Stärkelse	NDF	NFE	ELOSi	ELOSf
Korn	88,2	22	111	49	30	58	595	173	788	72,1	85,2
Havre	89,3	29	105	103	57	15	497	258	706	68,5	74,4
Vete	87,2	18	124	26	22	29	709	105	810	86,5	92
Rågvete	87,4	21	102	26	21	47	698	117	830	84,8	91,8
Majs	88,4	18	106	17	41	30	704	74	818	84,1	93,3
Vetefodermjöl	87,4	36	164	68	48	70	392	278	684	64,9	75,9
Vetekli	88,3	57	162	108	48	70	173	469	625	42,6	55,9
Drank	91,1	48	317	84	68	26	33	372	483	53,3	69,3
Drav	89,6	59	226	174	95	11	39	624	446	22,6	37,6
Majsgluten	92,1	23	613	13	126	7	190	58	225	74,9	68,3
Sojamjöl	87,6	72	536	67	30	88	4	144	295	71,2	93,2
Soypass	85,5	71	546	69	29	78	1	375	285	74,5	93,6
Rapsmjöl	87,5	81	399	136	40	103	17	286	344	56,3	80,3
Expro	88,9	78	378	153	30	95	4	331	361	53,1	78,4
Rapsfrö/vete	91,8	34	175	165	331	47	205	178	295	56,8	71,7
Ärtor	87,4	40	232	75	21	46	480	140	632	75,2	91,3
Linfrökaka	90,9	60	325	87	125	36	59	213	403	54,8	77,5
Protamyl	91,3	82	781	3	39	17	21	32	95	65,7	75,6
Betfor	90,1	70	105	138	0	225	82	274	687	57	91,3
Melass	75,3	208	129	0	0	689	0	0	663	97,8	100
Lucernpellets	87,4	127	140	239	19	39	129	493	475	34,5	48

[§] NDF = neutral detergent fibre; NFE = kvävefria extraktvännen; ELOS = enzymlöslig organisk substans *in vitro* enligt Boisen (1991) och Boisen & Fernandez (1997); ELOSi = skattad smälbarhet i tunntarm; ELOSf = skattad total (fekal) smältbarhet

Tabell II. Innehåll (MJ/kg torrs substans) av bruttoenergi (BE), omsättbar energi (OE), nettoenergi (NE) och potentiell fysiologisk energi (PFE) i studerade foderprover

	BE *	BE #	BE ##	BE ###	OE §	OE §#	NE §§	NE §§§	NE &	NE &&	PFE &&&
Korn	18,70	18,42	18,35	18,63	14,4	14,9	11,4	10,9	11,0	11,4	8,5
Havre	19,55	19,36	18,85	19,30	12,9	13,6	10,5	10,1	10,1	10,3	7,9
Vete	17,92	18,31	18,37	18,53	15,2	15,6	12,3	11,5	11,7	12,1	9,8
Rågvete	18,19	18,10	18,13	18,31	14,9	15,4	12,1	11,4	11,7	12,3	9,7
Majs	18,64	18,65	18,67	18,84	15,6	16,0	12,7	12,1	12,7	12,9	10,1
Vetefodermjöl	19,07	19,26	18,80	19,24	14,2	14,7	10,6	10,3	9,2	9,9	7,5
Vetekli	18,52	19,02	18,42	19,14	11,1	11,6	7,6	7,6	5,9	6,4	4,5
Drank	20,69	20,76	20,03	20,78	11,6	12,6	7,7	7,7	7,3	8,5	6,4
Drav	21,08	21,50	19,90	20,75	9,3	10,0	6,5	6,6	4,0	4,2	3,6
Majsgluten	24,25	23,78	23,57	23,69	18,2	19,5	13,3	12,5	13,9	9,7	8,3
Sojamjöl	18,96	20,00	20,01	20,42	14,6	15,7	9,3	9,0	8,5	9,6	7,9
Soypass	19,49	20,06	20,09	20,50	14,6	15,8	9,3	8,9	5,6	10,0	8,2
Rapsmjöl	18,92	19,65	19,21	19,76	11,6	11,4	7,1	6,8	7,0	8,3	6,4
Expro	19,48	19,43	18,93	19,55	11,4	11,3	6,8	6,6	6,6	8,3	5,9
Rapsfrö/vete	24,25	26,13	25,11	25,57	18,7	20,3	16,5	16,6	14,4	12,8	11,9
Ärtor	18,30	18,74	18,59	18,87	14,5	15,7	11,2	10,7	10,3	11,1	8,6
Linfrökaka	20,67	21,07	21,10	21,72	15,2	15,9	10,5	10,5	10,0	10,0	7,9
Protamyl	21,76	21,45	21,65	21,76	16,3	17,2	10,3	9,4	11,2	8,1	7,8
Betfor	16,55	16,74	16,53	17,30	12,8	12,9	7,9	8,1	10,1	9,3	6,9
Melass	15,89	13,78	13,93	14,07	11,8	12,6	9,3	9,2	7,1	10,2	8,5
Lucernpellets	17,69	17,13	16,48	17,26	7,3	7,6	4,9	4,8	4,6	4,4	2,7

* Analyserat innehåll; # Beräknat enl. INRA (Sauvant et al., 2004); ## Beräknat enl. CVB (2000); ### Beräknat enl. Rostock (2003); § Beräknat enl. Simonsson (1994); §# Beräknat enl. Rostock (2003); §§ Beräknat enl. INRA (se BSAS, 2003); §§§ Beräknat enl. CVB (2000); & Beräknat enl. INRA (se BSAS, 2003) och SE från NDF (Lindberg & Pedersen, 2003); && Beräknat enl. INRA (se BSAS, 2003) och SE från ELOSf (Lindberg & Pedersen, 2003); &&& Beräknat enl. Boisen (2004).

Tabell III. Rangering av fodermedel, relativt innehållet i korn, med avseende på energiinnehåll (MJ/kg torrs substans) beräknat enligt olika principer

	BE *	BE #	BE ##	BE ###	OE §	OE §#	NE §§	NE §§§	NE &	NE &&	PFE &&&
Korn	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Havre	104,6	105,1	102,7	103,6	89,6	91,3	92,1	92,7	91,8	90,4	92,9
Vete	95,9	99,4	100,1	99,5	105,6	104,7	107,9	105,5	106,4	106,1	115,3
Rågvete	97,3	98,3	98,8	98,3	103,5	103,4	106,1	104,6	106,4	107,9	114,1
Majs	99,7	101,2	101,7	101,1	108,3	107,4	111,4	111,0	115,5	113,2	118,8
Vetefodermjöl	102,0	104,6	102,5	103,3	98,6	98,7	93,0	94,5	83,6	86,8	88,2
Vetekli	99,0	103,3	100,4	102,7	77,1	77,9	66,7	69,7	53,6	56,1	52,9
Drank	110,7	112,7	109,2	111,5	80,6	84,6	67,5	70,6	66,4	74,6	75,3
Drav	112,7	116,7	108,4	111,4	64,6	67,1	57,0	60,6	36,4	36,8	42,4
Majsgluten	129,7	129,1	128,4	127,2	126,4	130,9	116,7	114,7	126,4	85,1	97,6
Sojamjöl	101,4	108,6	109,0	109,6	101,4	105,4	81,6	82,6	77,3	84,2	92,9
Soypass	104,2	108,9	109,5	110,0	101,4	106,0	81,6	81,7	50,9	87,7	96,5
Rapsmjöl	101,2	106,7	104,7	106,1	80,6	76,5	62,3	62,4	63,6	72,8	75,3
Expro	104,2	105,5	103,2	104,9	79,2	75,8	59,6	60,6	60,0	72,8	69,4
Rapsfrö/vete	129,7	141,9	136,8	137,3	129,9	136,2	144,7	152,3	130,9	112,3	140,0
Ärtor	97,9	101,7	101,3	101,3	100,7	105,4	98,2	98,2	93,6	97,4	101,2
Linfrökaka	110,5	114,4	115,0	116,6	105,6	106,7	92,1	96,3	90,9	87,7	92,9
Protamyl	116,4	116,4	118,0	116,8	113,2	115,4	90,4	86,2	101,8	71,1	91,8
Betfor	88,5	90,9	90,1	92,9	88,9	86,6	69,3	74,3	91,8	81,6	81,2
Melass	85,0	74,8	75,9	75,5	81,9	84,6	81,6	84,4	64,5	89,5	100,0
Lucernpellets	94,6	93,0	89,8	92,6	50,7	51,0	43,0	44,0	41,8	38,6	31,8

* Analyserat innehåll; # Beräknat enl. INRA (Sauvant et al., 2004); ## Beräknat enl. CVB (2000); ### Beräknat enl. Rostock (2003); § Beräknat enl. Simonsson (1994); §# Beräknat enl. Rostock (2003); §§ Beräknat enl. INRA (se BSAS, 2003); §§§ Beräknat enl. CVB (2000); & Beräknat enl. INRA (se BSAS, 2003) och SE från NDF (Lindberg & Pedersen, 2003); && Beräknat enl. INRA (se BSAS, 2003) och SE från ELOSf (Lindberg & Pedersen, 2003); &&& Beräknat enl. Boisen (2004).