



### Beregning af fjerkræfoderblandingers indhold af omsættelig energi

Vagn E. Petersen

Afdelingen for forsøg med fjerkræ og kaniner

En undersøgelse er gennemført med henblik på at undersøge den generelle gyldighed af Härtels formel, til beregning af fjerkræfoderblandingers indhold af omsættelig energi.

KJ OE pr. kg foder =

$15,10 \times \text{g råprotein} + 32,17 \times \text{g råfedt} + 16,99 \times \text{g stivelse} + 10,9 \times \text{g sukker}$ .

Formlen viser sig at have generel gyldighed i hvert fald inden for området fra 10,5 til 15,1 MJ, svarende fra 2500 til 3600 kcal OE pr. kg tørstof. De med Härtels formel udarbejdede skøn svarer bedre til blandingernes direkte bestemte indhold af omsættelig energi end de, der opnås ved at anvende den af statens foderstofkontrol p.t. godkendte metode.

#### Indledning

Fjerkræproducenter har igennem længere tid fremsat ønske om – ud fra foderblandingers indhold af organiske stoffer – at kunne beregne foderblandingers indhold af omsættelig energi. Til dette formål er der i tidens løb udarbejdet forskellige formler bl.a. af Sibbald et al. (1963), Bolton (1963) og Härtel (1977).

Ved beregning af omsættelig energi indgår foderets indhold af råprotein, råfedt, stivelse og sukker i Sibbalds formel, medens der i Boltons formel indgår råprotein, råfedt og tilgængelig kulhydrat, hvilket er stivelse + sukker. Indledende undersøgelser har vist, at Sibbalds formel giver rigtigere skøn end Boltons formel, men begge lider af den svaghed, at de er baseret på foderets indhold af råfedt uden forudgående saltsyrehydrolyse, således som det i dag kræves, såfremt

der i foderet indgår foderstoffer af animalsk oprindelse. Härtels formel er den nyeste og er udarbejdet på grundlag af erfaringer, indvundet med de to førstnævnte formler. Denne formel bygger på foderets indhold af råprotein, råfedt efter forudgående saltsyrehydrolyse, stivelse og sukker. Med henblik på at undersøge denne formels almen gyldighed ved udarbejdelse af skøn over fjerkræfoderblandingers indhold af omsættelig energi, er der i løbet af 1980 og 1981 udført en række direkte energibestemmelser i foderblandinger af temmelig varierende sammensætning både med hensyn til valg af fodermidler og indhold af næringskomponenter.

#### Metode og materialer

Den til fordøjelighedsforsøgene anvendte metode er beskrevet i beretning nr. 509. I alt er

fordøjeligheden og indholdet af omsættelig energi blevet bestemt i 30 blandinger, hvoraf de 14 var blandinger, der blev anvendt i fodringsforsøg, medens de resterende blev fremstillet med specielt henblik på at blive brugt i denne undersøgelse. Disse blandinger havde enten et meget lavt eller meget højt beregnet energiindhold, og det blev tilstræbt, at deres indhold af protein, fedt, stivelse, sukker, træstof og NFE-rest varierede mere og uafhængigt af hverandre, end tilfældet er i almindelige brugsblandinger. Hensigten med dette var at udsætte den af Härtel konstruerede formel for så hård en prøve som muligt.

De kemiske analyser er for de første 12 blandingers vedkommende udført på statens foderstofkontrol, medens analyserne for de 18 er udført på afdelingen for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi, hvor også alle analyser på gødningsprøverne og bestemmelse af bruttoenergi i foder og gødning er udført.

#### Undersøgelsens resultat

Af de 30 blandinger, hvis energiindhold blev bestemt, er 3 blevet udeladt, fordi der viste sig at være dårlig overensstemmelse mellem gentagelser vedrørende deres indhold af omsættelig energi; resultaterne af de øvrige 27 blandinger indgår i de følgende beregninger. I tabel 1 er vist blandingerens gennemsnitlige indhold samt variationen fra laveste til højeste indhold.

**Tabel 1. Blandingernes analyserede indhold, g pr. kg tørstof**

Næringsstof:	Gns.	Mindste	Største	CV
Råprotein ...	208,5	138,8	313,8	20,1
Råfedt .....	55,9	32,8	104,2	35,9
Stivelse .....	441,2	312,6	658,3	17,4
Sukker .....	47,6	16,0	78,0	37,2
Træstof .....	50,0	19,9	91,0	37,4
NFE-rest .....	131,4	82,6	214,3	26,2

Af tabel 1 ses, at det ikke lykkedes at fremstille foderblandingerne, så der er samme variation for alle næringsstofferne, idet variationen, udtrykt ved CV, kun er halv så stor for råprotein og stivelse som for råfedt og sukker.

For at blandingerne bedst muligt kan tjene for-

målet med denne undersøgelse, skal der så vidt muligt ikke være samkorrelation mellem deres indhold af næringsstoffer; dette er søgt undgået i de 16 foderblandinger, der blev fremstillet specielt med henblik på denne undersøgelse. I tabel 2 er vist, i hvor stor udstrækning dette er lykkedes.

**Tabel 2. Korrelationen mellem blandingerens næringskomponenter**

Næringsstof:	Råfedt	Stivelse	Sukker	Træstof	NFE-rest
Råprotein		-0,42*			
Råfedt ...					
Stivelse ..			-0,38*	-0,73***	-0,70***
Sukker ...					0,46**
Træstof ..					0,92***

\*, \*\* og \*\*\* angiver henholdsvis 95, 99 og 99,9% sandsynlighed for en reel sammenhæng mellem indholdet af næringskomponenter.

Af tabel 2 fremgår, at det i stor udstrækning er lykkedes at undgå samkorrelation mellem næringskomponenter, hvorfor blandingerne må anses for velegnet til formålet.

I tabel 3 er vist blandingerens indhold af omsættelig energi, bestemt i fordøjelighedsforsøgene; skøn over deres indhold, beregnet ved hjælp af Härtels formel og blandingerens analyserede indhold af råprotein, råfedt, stivelse og sukker.

Af tabel 3 fremgår, at blandingerens direkte bestemte energiindhold varierede fra 10,66 til 14,96 MJ OE pr. kg tørstof, svarende fra 9,38 til 13,16 MJ OE pr. kg foder eller fra 2240 til 3150 kcal OE pr. kg foder. I gennemsnit var det med Härtels formel udarbejdede skøn 0,07 MJ eller 18 kcal OE større pr. kg tørstof end det direkte bestemte indhold. For de første 11 blandingers vedkommende ligger skønnet i gennemsnit 16 kcal OE under det direkte bestemte indhold af OE. Til sammenligning kan anføres, at disse 11 blandinger i gennemsnit efter den af statens foderstofkontrol godkendte metode indeholdt 3350 kcal OE pr. kg tørstof, svarende til 214 kcal OE eller 0,90 MJ OE mere end disse blandingers virkelige indhold af OE. På grundlag af blandingerens direkte bestemte energiindhold og deres indhold af råprotein, råfedt, stivelse og sukker er beregnet en flersidet regressionsligning eller en formel af samme konstruktion som Härtels.

Denne formel siger, at:

$$\text{KJ OE pr. kg foder} =$$

$$16,23 \times \text{g råprotein} + 31,84 \times \text{g råfedt} + 16,86 \times \text{g stivelse} + 6,11 \times \text{g sukker} ; R^2 = 0,94$$

$R^2$  fortæller, at 94% af variationen i materialet er opfanget af regressionsligningen.

**Tabel 3. Blandingernes direkte bestemte og beregnede indhold af omsættelig energi, MJ pr. kg tørstof**

Blandning:	Direkte bestemt	Beregn. skøn eft. Härtel	Forsk. el
1	13,15	12,73	- 0,42
2	12,95	12,59	- 0,36
4	13,91	13,79	- 0,12
5	13,77	13,51	- 0,26
6	13,37	13,30	- 0,07
7	13,77	13,85	+ 0,08
8	13,59	13,56	- 0,03
9	13,05	13,26	+ 0,21
10	13,05	12,59	- 0,46
11	11,71	12,29	+ 0,58
12	12,01	12,12	+ 0,11
13	14,96	15,15	+ 0,19
14	14,61	14,64	+ 0,03
15	14,01	14,13	+ 0,12
16	13,41	13,61	+ 0,20
17	12,79	13,10	+ 0,31
19	10,66	11,61	+ 0,95
20	12,31	12,15	- 0,16
22	11,97	12,21	+ 0,24
23	12,82	12,98	+ 0,16
24	13,54	13,55	+ 0,01
25	12,86	12,93	+ 0,07
26	11,59	11,59	0,00
27	11,04	11,04	0,00
28	11,35	11,43	+ 0,08
29	11,29	11,53	+ 0,24
30	14,42	14,72	+ 0,30
Gns.	12,89	12,96	+ 0,07

På grundlag af næringskomponenternes afvigelse i de enkelte blandinger fra alle blandingers gennemsnitlige indhold af næringskomponenter er blandingerne energiindhold justeret ved at multiplicere afvigelserne med de respektive regressionskoefficienter med modsat fortegn. Denne justering af blandingerne viste, at de uanset deres direkte bestemte energiindhold efter justeringen fordelte sig ligeligt omkring blandingerne gennemsnitlige energiindhold eller med andre ord, den beregnede formel giver ikke anledning til

skøn, der afviger mere fra en blandings virkelige indhold af OE ved lavt indhold end ved en blanding med højt indhold af OE. Blandingernes gennemsnitlige justerede energiindhold var  $12,89 \pm 0,28$  MJ OE pr. kg tørstof. Disse prøver viser, at fordøjelighedsforsøgene er gennemført med en rimelig grad af præcision, og at de indvundne resultater derfor kan bruges til kontrol af den almene gyldighed af Härtels formel. En sammenligning af de af dette materiale beregnede og de af Härtel beregnede regressionskoefficienter er vist i tabel 4.

**Tabel 4. Sammenligning af regressionskoefficienter**

For:	Koefficienter			t-test	P
	Nærværende	S $\bar{x}$ *)	Härtel		
Råprotein	16,23	$\pm 1,59$	15,10	0,71	< 0,4
Råfedt ...	31,84	$\pm 3,64$	32,17	0,09	< 0,5
Stivelse ..	16,86	$\pm 1,05$	16,99	0,12	< 0,5
Sukker ...	6,11	$\pm 4,18$	10,92	1,15	< 0,2

\*)  $S\bar{x}$  = Middelfejl på middeltal.

Af tabel 4 ses, at nærværende regressionskoefficienter plus eller minus deres middelfejl overlapper Härtels koefficienter, når det gælder råprotein, råfedt og stivelse. En t-test, beregnet for de enkelte næringsstoffers koefficienter og de deraf afledte P-værdier, viser, at der er fra 20 til 50% sandsynlighed for, at nærværende og Härtels koefficienter ikke afviger signifikant fra hverandre.

At der er numerisk forskel på koefficienterne er ikke overraskende i betragtning af, at regressionskoefficienterne er produktet af næringskomponenternes fordøjelighedskoefficient og pågældende næringskomponents brændværdi. Da brændværdien er konstant, er betingelsen for, at koefficienterne i nærværende undersøgelse og i Härtels formel er ens, at begge formler er udarbejdet på grundlag af foderblandinger, hvor fordøjeligheden af de enkelte næringskomponenter har været nøjagtig ens.

I figur 1 er blandingerne direkte bestemte energiindhold i relation til det ifølge Härtels formel beregnede energiindhold indtegnet med punkter. Forholdet mellem blandingerne direkte

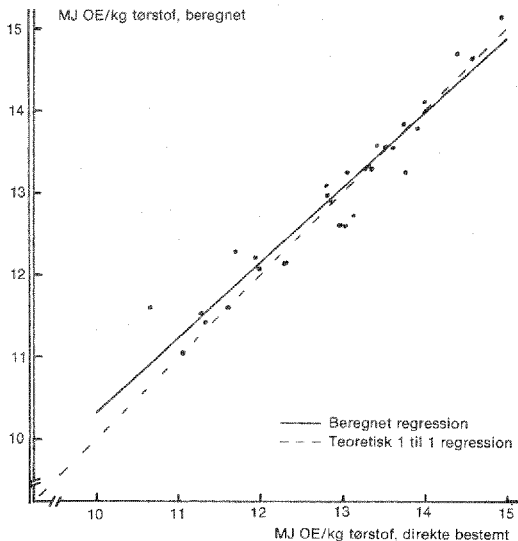


Fig. 1. Direkte bestemt indhold af omsættelig energi i relation til det beregnede efter Härtels formel.

bestemte indhold af omsættelig energi og deres efter Härtels formel beregnede energiindhold kan beskrives med ligningen:

$$\text{MJ OE pr. kg tørstof (Härtel)} = 1,207 + 0,912 \times \text{MJ OE, bestemt direkte} ; r^2 = 0,93$$

Hældningen på regressionslinien afviger ikke signifikant fra forholdet 1 til 1, men er dog så stor ( $P < 0,08$ ), at det er fundet betryggende at undersøge, om afvigelsen skyldes systematiske fejl ved Härtels formel. Dette blev gjort ved for hvert næringsstof at beregne en regression mellem næringsstof og de enkelte blandingers afvigelse mellem direkte bestemt og beregnet indhold af omsættelig energi; følgende opstilling viser resultatet af denne undersøgelse.

Af opstillingen fremgår, at der på grundlag af disse parametre ikke kan påvises systematiske årsager til de observerede afvigelser; afvigelsen

#### Afvigelsesernes sammenhæng med blandingerens indhold af

1) Råprotein:	$167-0,12 \times \text{g råprotein}$	;	$r^2 = 0,005$	;	$P < 0,72$
2) Råfedt:	$157-0,26 \times \text{g råfedt}$	;	$r^2 = 0,006$	;	$P < 0,71$
3) Stivelse:	$156-0,03 \times \text{g stivelse}$	;	$r^2 = 0,001$	;	$P < 0,87$
4) Sukker:	$99-0,91 \times \text{g sukker}$	;	$r^2 = 0,054$	;	$P < 0,24$
5) Træstof:	$136-0,13 \times \text{g træstof}$	;	$r^2 = 0,001$	;	$P < 0,86$
6) NFE-rest:	$152-0,07 \times \text{g NFE-rest}$	;	$r^2 = 0,001$	;	$P < 0,86$

må derfor betegnes som værende af tilfældig natur.

#### Konklusion

På grundlag af de med denne undersøgelse indvundne erfaringer kan det konkluderes, at Härtels formel er et udmærket hjælpemiddel til beregning af skøn over fjerkræfoderblandingers indhold af omsættelig energi.

#### Litteratur

Bolton, W., 1963, Poultry Nutrition. Bull. No. 174, Ministry of Agric., Fisheries and Food, Stat. Off., London.

Härtel, H., 1977. Beziehungen zwischen der N-korrigierten umsetzbaren Energie und den Nährstoffgehalten des Futters beim Huhn. Archiv für Geflügelkunde 41:152-182.

Petersen, Vagn E., Thomsen, Gaardbo M., 1981. Fordøjelighedsforsøg med fjerkræ samt nogle fodermidlers fordøjelighed og indhold af omsættelig energi. 509. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

Sibbald, I. R., Czarnocki, J., Slinger, S. J., and Ashton, G. C., 1963. The Prediction of the metabolizable energy content of poultry feedingstuffs from a knowledge of their chemical composition. Poultry Science 42:486-492.