



## Estimering af fordøjeligheden af organisk stof i kraftfoder ved brug af in vitro metoder med vomvæske

M. R. Weisbjerg, N. Witt<sup>1)</sup> og T. Hvelplund  
Afdeling for Forsøg med Kvæg og Får

<sup>1)</sup> Afdeling for Grovfoder og Kartoffler  
Statens Planteavlsvforsøg

Sammenhængen mellem fordøjeligheden af organisk stof hos får (FKOS) og opløseligheden af organisk stof in vitro ved anvendelse af vomvæske er undersøgt på et materiale bestående af 22 kraftfoderblandinger og 16 råvarer.

Tre forskellige in vitro metoder er undersøgt, henholdsvis standard metode, dvs. 48 timer med vomvæske efterfulgt af 48 timer med pepsin-HCl (metode 1), standard metode med den modifikation at der afsluttes med acetonevask (metode 2),

samt standard metoden udført på affedt materiale (metode 3).

Undersøgelsen viste, at det bedste grundlag for estimering af FKOS var metoden, hvor der blev afsluttet med acetonevask (metode 2). Standard metoden (metode 1) kan ikke anbefales til brug på kraftfoder.

Følgende sammenhæng blev fundet mellem opløseligheden af organisk stof in vitro (metode 2) og FKOS.

$$\text{FKOS (\%)} = -8,9 + 1,036 \times \% \text{ opløseligt organisk stof in vitro ved metode 2} \\ (R^2 = 0,84)$$

### Indledning

Fordøjeligheden er den faktor, der har størst betydning ved vurdering af energiværdien af et fodermiddel. Men da bestemmelse

af fordøjeligheder ved fordøjelighedsforsøg med får er meget resourcekrævende, er et af hovedformålene i et igangværende projekt at udvikle laboratoriemetoder til bestemmelse af fordøjelighed.

In vitro opløselighed af organisk stof ved inkubation med vomvæske er en anerkendt metode til bestemmelse af fordøjeligheden i græsmarksprodukter og andre grovfodermidler, men denne metodes evne til at forudsige fordøjeligheden af kraftfodermidler har kun været sparsomt undersøgt. I kraftfodermidler kan specielt et højt fedtindhold forventes at volde problemer, dels fordi fedt kan hæmme den mikrobielle omsætning, og dels fordi det er uvist, hvor stor en del af fedtet der er tilbage i det uopløste organiske stof efter inkubationer og vask. Formålet med denne undersøgelse var derfor at finde en in vitro metode med vomvæske, der er egnet til at forudsige fordøjeligheden af organisk stof hos får (FKOS) i kraftfoder.

## Materiale og metode

Undersøgelsen blev gennemført på et materiale bestående af 18 råvarer og 22 kommercielle kraftfoderblandinger (tabel 1), hvor FKOS var bestemt i forsøg med får. Variationen mellem de 40 fodermidler var: FKOS 64,1-93,3% og i % af tørstof: råaske 1,7-12,4; råprotein 3,1-43,7; råfedt 1,5-14,8; træstof 2,5-25,8; NDF 8,0-60,7; ADF 3,0-36,5; ADL 0,8-12,6; sukker 2,7-24,6; stivelse 0,2-76,3. Dog er FKOS ikke bestemt på 2 af råvarerne p.g.a. problemer med ædelyst og diarré hos forsøgsfårene. FKOS er gennemsnit af bestemmelser på 6 får delt på to forskellige hø:kraftfoderforhold (henholdsvis 1:3,5 og 1:1,25 på tørstof basis). Disse fordøjeligheder hos får er bestemt i perioden 1989-1991.

In vitro opløselighed med vomvæske blev gennemført ved 3 forskellige metoder.

Metode 1 blev gennemført som beskrevet af Møller et al. (1989), dvs. 48 timers inkubation med vomvæske efterfulgt af 48 timers inkubation med pepsin-HCl, hvorefter der afsluttes med vask med vand.

Metode 2 afveg fra metode 1, ved at den unedbrudte rest efter inkubationen blev vasket med acetone for at fjerne fedt før tørring og foraskning.

Metode 3 blev gennemført som metode 1, men på materiale, der var affedt før inkubation med vomvæske (soxhlet med diethyl æter).

Resultaterne er ved alle 3 metoder gennemsnit af 2 serier. I hver serie er opløseligheden bestemt ved en tredobbelt bestemmelse. Sammenhængen mellem FKOS og in vitro opløselighed blev bestemt ved regressionsanalyse.

## Resultater og diskussion

I tabel 1 er de fundne værdier for in vitro opløseligheden af organisk stof angivet som gennemsnit pr. metode sammen med FKOS. Den gennemsnitlige spredning på to uafhængige bestemmelser, der hver var bestemt ved en tredobbelt bestemmelse, var for metode 1 0,6, metode 2 0,8 og for metode 3 0,9 procentenhed.

Resultaterne fra de 3 metoder er sammenlignet i tabel 2. Opløseligheden af organisk stof i % ved metode 1, 2 og 3 benævnes henholdsvis vom1, vom2 og vom3. Resultaterne fra metode 3 er ikke umiddelbart sammenlignelige med resultaterne fra de andre to metoder, idet resultaterne her er angivet som opløseligheden af fedtfrit organisk stof, og ikke organisk stof som ved de to andre metoder.

Resultaterne fra metode 3 korrigeres til opløselighed af fedtfrit organisk stof i det oprindelige materiale ved følgende omregning:

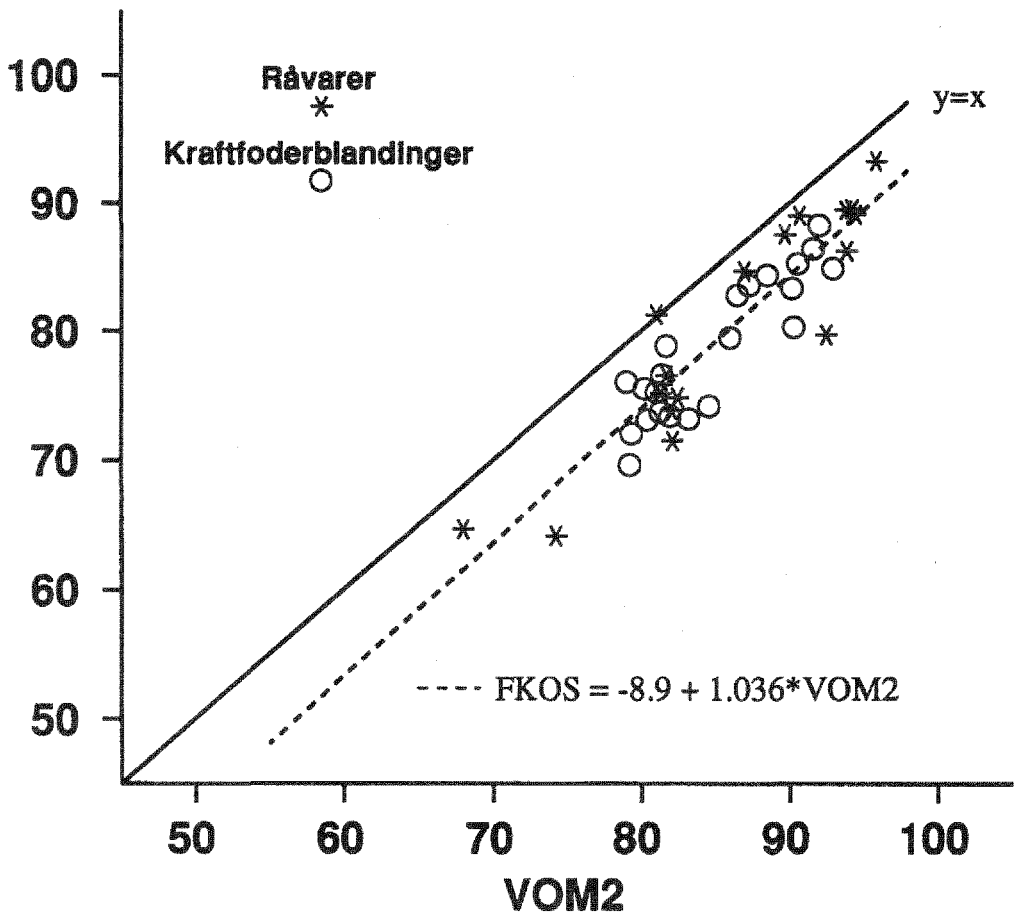
$$I \quad \text{Vom3kor} = ((100 - \% \text{ råfedt i organisk stof}) / 100) \cdot \text{vom3}$$

Af sammenligningen i tabel 2 fremgår det, at en afsluttende acetonevask (metode 2) giver værdier, som svarer til vom1 plus 61% af fedtprocenten i organisk stof.

De ukorrigerede vom3 værdier svarer til vom2, og til vom1 plus 60% af fedtprocenten i organisk stof.

Vom3 korrigeret med procent fedt i organisk stof (formel I) svarer til vom1 plus 74% af fedtprocenten i organisk stof.

**FKOS**



Figur 1. Sammenhæng mellem fordøjeligheden af organisk stof bestemt hos får (FKOS) og in vitro opløseligheden af organisk stof efter en afsluttende vask med acetone (vom2).

Regression på de korrigerede værdier for in vitro opløselighed af affedt materiale (regression nr. 6 og 7) gav resultater, der er meget lig resultaterne fra metode 2 (regression nr. 4 og 5), hvor der blev afsluttet med vask med acetone. Det tyder således ikke på, at fedtindholdet i blandingerne har haft en hæmmende virkning på mikrobernes omsætning af det organiske stof, når der inkuberes 48 timer med vomvæske.

Fordøjeligheden af råfedt hos får kan beregnes til  $0,96 - (1 / (\% \text{ råfedt i fodertørstof}))$

(Weisbjerg et al., 1991). Brug af fordøjet fedt beregnet fra denne formel i stedet for % fedt af organisk stof til addition til vom3kor gav kun en ubetydelig bedre beskrivelse af FKOS, som vist i tabel 3 (regression nr. 8).

### Konklusion

En simpel regression på vom2 (regression nr. 4, tabel 3 og figur 4) giver et resultat, der er væsentligt bedre end en simpel regression på vom1 (regression nr. 1, tabel 3), og som ikke er nævneværdig ringere end det resultat,

**Tabel 2. Sammenhæng mellem de 3 in vitro<sup>1</sup> metoder.**

Y variabel	X variabel(e)	N	Y =	S	R <sup>2</sup>	Største residualer <sup>3</sup>
Vom2	Vom1	39	28,4 + 0,72 vom1	2,3	0,88	Solskrå, palmeexpeller
Vom2	Vom1 Omfedt <sup>2</sup>	39	4,4 + 0,96 vom1 + 0,61 Omfedt	1,3	0,96	Palmeexpeller
Vom3	Vom1	39	21,0 + 0,80 vom1	2,3	0,90	Solskrå, palmeexpeller
Vom3	Vom1 Omfedt	39	-2,5 + 1,03 vom1 + 0,60 Omfedt	1,4	0,96	Palmeexpeller
Vom3	Vom2	40	-6,8 + 1,06 vom2	1,6	0,95	Tapioka
Vom3	Vom2 Omfedt	40	-4,4 + 1,04 vom2 - 0,06 Omfedt	1,6	0,95	Tapioka
(Vom3kor + Omfedt)	Vom1 Omfedt	39	3,0 + 0,97 vom1 + 0,74 Omfedt	1,4	0,96	

1 Metoderne er beskrevet i teksten

2 % råfedt af organisk stof

3 Residual > 4

Sammenhængen mellem in vitro opløselighed af organisk stof og FKOS er anskueliggjort i tabel 3 og i figur 1.

Det ses af tabel 3, at metode 1 (regression nr. 1) giver en ret dårlig estimering af FKOS. En antagelse om at alt fedtet er i den uopløste rest og er 100% fordøjeligt hos får, og derfor skal adderes til vom1, giver et endnu dårligere resultat (regression nr. 2).

En multipel regression på vom1 og procent fedt af organisk stof (regression nr. 3) giver en bedre sammenhæng. Regressionskoefficienter på 0,54 på fedtprocenten af organisk stof er betydelig lavere end den gennemsnitlige fordøjelighed af råfedt fundet hos får. Dette

kan forklares både med den store spredning, der er på dette estimat (0,15), samt med at metode 1 får en del af fedtet til at få i opløsning og blive udvasket, således som også sammenligningen mellem de 3 in vitro metoder i tabel 2 tydede på.

Metode 2 (regression nr. 4) var i stand til at estimere FKOS med omtrent samme sikkerhed som den multiple regression på vom1 og procent fedt af organisk stof. En multipel regression, hvor også procent fedt af organisk stof blev medtaget som x variabel, (regression nr. 5) øgede ikke sikkerheden og regressionskoefficienten var ikke signifikant forskellig fra 0.

**Tabel 3. Regressioner af fordøjeligheden af organisk stof fundet hos får (FKOS) mod in vitro opløseligheden<sup>1</sup> af organisk stof ved anvendelse af vomvæske.**

Nr.	Y variabel	X variabel(e)	N	Y =	Spredning på			S	R <sup>2</sup>	Største residualer <sup>3</sup>
					β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>			
1	FKOS	Vom1	37	21,0 + 0,746 vom1 + Omfedt)	5,0	0,06		3,3	0,80	Bom.kager, majs gluten foder, bl. 69, 63 og 72
2	FKOS	(Vom1 + Omfedt <sup>2</sup> )	37	-12,5 + 1,059 (vom1 + Omfedt)	8,2	0,09		3,4	0,78	Havre, majs gluten foder, byg, ærter, solskrå.
3	FKOS	Vom1 Omfedt	37	-0,5 + 0,962 vom1 + 0,537 Omfedt	7,5	0,08	0,15	2,9	0,85	Majs gluten foder.
4	FKOS	Vom2	38	-8,9 + 1,036 vom2	6,5	0,08		2,9	0,84	Majs gluten foder, havre.
5	FKOS	Vom2 Omfedt	38	-6,0 + 1,009 vom2 - 0,069 Omfedt	8,4	0,09	0,12	2,9	0,84	Majs gluten foder, havre.
6	FKOS	(Vom3kor + Omfedt)	38	-10,9 + 1,062 (vom3 kor + Omfedt)	6,9	0,08		3,0	0,83	Majs gluten foder, ærter, byg, bl. 67 og 69.
7	FKOS	Vom3kor Omfedt	38	-2,4 + 0,986 vom3 kor + 0,76 Omfedt)	7,9	0,09	0,17	2,9	0,84	Majs gluten foder, bl. 69.
8	FKOS	(Vom3kor + fordøjet fedt i % af org.stof) <sup>4</sup>	38	-8,4 + 1,051 (vom3 kor + fordøjet fedt i % af org. stof)	6,6	0,08		2,9	0,83	Majs gluten foder, ærter, byg, bl. 69 og 67.

1 Metoderne er beskrevet i teksten

2 % råfedt af organisk stof

3 Residual > 5

4 Beregnet efter Weisbjerg et al., 1991

**Tabel 1. Fordøjeligheden af organisk stof hos får (FKOS) og opløseligheden af organisk stof in vitro efter inkubation med vomvæske, opgivet i % af organisk stof. Vom1, vom2 og vom3 er gennemsnit af 2 serier og SEM1, SEM2 og SEM3 er de respektive spredninger på gennemsnittene. Nr. 62-83 er kommercielle kraftføderblandinger.**

Nr.	Navn	FKOS	vom1	SEM1	vom2	SEM2	vom3 <sup>1</sup>	SEM3
43	Byg	89,0	86,9	0,1	90,7	0,4	88,5	1,0
44	Hvede	89,2	91,3	0,4	94,4	0,7	94,1	0,3
45	Rug	89,5	91,1	0,2	93,8	0,2	93,6	0,4
46	Havre	81,3	76,8	1,6	81,1	0,2	82,0	0,6
47	Ærter	93,3	91,6	0,3	95,8	0,9	92,7	1,3
48	Bomskr.	74,9	77,4	0,1	82,5	0,8	79,4	0,1
50	Rapsskr.	75,2	74,1	0,2	81,4	0,7	76,2	0,7
51	Kokoska.	84,7	80,5	0,0	87,0	0,0	88,3	0,3
52	Roepil.	89,6	91,6	0,2	94,2	0,3	93,0	0,2
53	Hvedekl.		77,2		82,2	0,5	81,5	0,7
54	Tapioka	87,6	88,5	0,7	89,7	0,5	92,8	
55	Rapska.	73,9	69,9	0,5	82,1	0,3	79,3	0,4
56	Hørfrøk.	76,6	73,6	0,8	81,8	1,0	79,6	0,1
57	Palmeex.		66,6	0,1	70,5	1,4	68,7	1,9
58	Solskr.	64,7	64,3	0,3	68,0	0,9	66,2	1,0
59	Cit.pulp.	86,3	89,9	0,6	93,8	1,1	92,7	0,0
60	Majsflu.	79,7	87,9	0,4	92,5	1,0	92,6	0,1
61	Bom.ka.	64,1	67,3	0,8	74,3	0,2	70,9	0,5
62	Blanding	83,6	80,3	0,2	87,3	0,5	85,5	1,0
63	Blanding	78,9	69,9	0,4	81,7	1,9	79,6	1,1
64	Blanding	86,5	85,2	0,5	91,6	0,9	89,9	0,6
65	Blanding	76,1	67,6	0,4	79,1	1,4	76,7	0,5
66	Blanding	79,5	80,6	0,1	86,0	0,8	84,8	0,2
67	Blanding	73,2	73,9	1,0	83,3	1,4	82,1	0,1
68	Blanding	83,4	84,1	0,2	90,2	0,7	88,9	0,1
69	Blanding	74,2	79,0	0,3	84,6	0,5	83,9	0,1
70	Blanding	88,3	86,7	1,5	92,0	0,5	90,4	0,3
71	Blanding	85,3	84,5	1,1	90,6	0,6	88,8	0,3
72	Blanding	82,8	75,7	1,2	86,5	0,0	84,6	0,8
73	Blanding	75,6			80,3	1,1	79,9	1,2
74	Blanding	69,6	67,7	0,1	79,3	0,4	75,9	0,9
75	Blanding	80,3	86,1	0,3	90,3	0,2	87,5	0,6
76	Blanding	84,9	89,5	0,2	92,9	0,1	88,8	0,1
77	Blanding	73,5	70,0	0,3	82,0	0,6	77,1	1,7
78	Blanding	72,1	68,4	0,4	79,4	0,1	77,3	0,9
79	Blanding	73,8	68,3	0,0	81,3	0,2	77,8	0,7
80	Blanding	73,2	68,3	0,4	80,5	0,4	78,7	1,1
81	Blanding	76,7	72,2	0,2	81,5	0,0	77,9	0,9
82	Blanding	75,3	73,2	0,9	81,1	0,2	78,4	0,9
83	Blanding	84,4	83,8	0,1	88,6	0,3	86,3	0,7

<sup>1</sup> organisk stof fordøjelighed i % af fedtfrit organisk stof.

Resultaterne tyder på, at standardprocedu-  
ren uden afsluttende fedtekstraktion i gen-  
nemsnit trækker 30-40% af råfedtet ud af  
prøven. Således kan man ikke regne med at

alt råfedtet ved denne procedure er ladt til-  
bage i den uopløste rest, som det hidtil har  
været antaget ved brug af in vitro procedu-  
ren til fordøjelighedsbestemmelse.

der opnås ved mere komplicerede in vitro metoder eller multiple regressioner. Det må derfor anbefales at anvende metode 2 (vask med acetone efter inkubering), hvis man ønsker at estimere FKOS i kraftfodermidler ud fra in vitro opløseligheden af organisk stof ved brug af vomvæske. Standardmetoden (metode 1) kan derimod ikke anbefales brugt til kraftfodermidler, da en ukendt del af fedtet opløses ved denne metode.

## Litteraturliste

- Møller, E., Andersen, P.E. & Witt, N., 1989. En sammenligning af in vitro opløselighed og in vivo fordøjelighed af organisk stof i grovfoder. 13. beretning fra Fællesudvalget for Statens Planteavl- og Husdyrbrugsforsøg. 23 pp.
- Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T., Frandsen, J., Højland Frederiksen, J. & Aaes, O., 1991. Estimering af råfedts fordøjelighed hos drøvtyggere baseret på fodermidlernes indhold af råfedt. 804. Medd., Statens Husdyrbrugsforsøg. 6 pp.