



● Biotilgængeligheden af mineraler i rapsskrå

Torben Larsen, Afd. for Dyrefysiologi og Biokemi &
Brittmarie Sandström, Forskningsinstitut for Human Ernæring, KVL

Sammendrag

Tilgængeligheden af foderstoffernes naturlige mineraler er dårligt kendt, hvilket er en af grundene til, at svin i produktion tildeles adskillige uorganiske mineralsalte med henblik på at optimere produktionen.

Nærværende undersøgelse havde til hensigt at belyse biotilgængeligheden af rapsskrås naturlige mineralindhold og at undersøge, om dosering med kalciumkarbonat influerede på absorptionen af mikromineralerne fra rapsskrå. Forsøget udførtes som balanceforsøg med tyndtarmsfistulerede sogrise.

Resultaterne viste, at kalcium, fosfor, magnesium, jern, zink, kobber og mangan var tilgængelige fra rapsskrå i et omfang, der understøttede en moderat vækst (260 g dagligt). Dosering af kalcium havde in-

gen væsentlige indvirkninger på mikromineral absorptionen, men prægede Ca-absorption, udskillelse og aflejring. N aflejring aftog i sidste del af forsøget, hvilket pegede i retning af, at andre faktorer end protein hæmmede udnyttelsen af vækstpotentialet. Blodparametre antydede, at zink var den begrænsende faktor idet plasma-Zn og aktivitet af alkalisk fosfatase faldt til mindre end 40% af udgangsniveauet i løbet af forsøgsperioden.

Nedbrydningen af organisk stof fortsatte i blind- og tyktarmsregionen og N og aske absorberedes samme sted. I modsætning hertil blev de analyserede mineraler Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu og Mn tilsyneladende secerneret i blind- og tyktarmen. Dette tab af mineraler er muligvis forbundet med faktorer i foderet.

Indledning

Rapsskrå benyttes i betydelig grad som proteinkilde i svinefoder. Proteinets sammensætning er vel-afbalanceret med hensyn til aminosyrer, et forhold, der trods en lav fordøjelighed gør det attraktivt som proteinkilde. Sammenlignet med andre foderstoffer er rapsskrå desuden rig på mineraler, dette gælder både makro- og mikromineraler.

Generelt suppleres foder til svin med en række essentielle mineraler undtaget magnesium og kalium. Tilgængeligheden af foderets naturlige mineralindhold er dårligt belyst, og den drages ofte i tvivl med henvisning til foderets indhold af mineral-inhibitorer så som fytinsyre, tanniner og polyfenoler.

Hensigten med nærværende forsøg var at belyse biotilgængeligheden af nogle makro- og mikromineraler. Desuden var det hensigten at undersøge, om tilsætning af kalciumkarbonat til denne fytinsyrerige diæt havde indflydelse på optagelsen af andre mineraler fra rapsskrå.

Materialer og metoder.

Tolv sogrise med begyndelsesvægt ca. 30 kg. blev forsynet med T-kanyle i tyndtarmen omkring 10-20 cm fra udmundning i blindtarmen. Kanylens udformning var ændret i forhold til tidligere praksis, således at passage gennem tyndtarmen eller udledning til opsamling kunne kontrolleres udefra. Totale opsamlinger af tarmmateriale kunne således foretages, og analyser og beregninger af absorption i mave-tyndtarmsregionen kunne derfor udføres uden brug af markører i foderet.

Forsøgsfoderets sammensætning fremgår af tabel 1. Den eneste ingrediens i foderet, der blev varieret, var kalciumkarbonat, som blev tilsat med henholdsvis 0, 9.2 og 18.5 g pr. kg, hvilket svarer til henholdsvis 0, 3.7 og 7.4 g Ca pr. kg. Bortset fra natrium (-klorid) stammede alle øvrige mineraler fra rapsskrå, der ligeledes var eneste proteinkilde. Resultaterne fra analyserne af forsøgsfoderet er angivet i

Tabel 1. Sammensætning af forsøgsfoderet, g/kg foder

Diæt	1	2	3
Rapsskrå	400	400	400
Majsstivelse	597	597	597
Salt	2.5	2.5	2.5
Vitaminer*	0.5	0.5	0.5
Kalciumkarbonat	0	9.2	18.5

*vitaminer tilsat efter norm.

tabel 2. Ud over indholdet af kalcium viser behandlingerne kun variation i mineralindhold, der ligger indenfor analyseusikkerheden.

Dyrene blev fodret restriktivt, begyndende med 1400 g pr dag, stigende til 1600 g ved forsøgets afslutning (32 dage). Demineraliseret vand blev tildelt ad libitum. Grisene blev placeret i balancebure af rustfrit stål og fodret to gange dagligt. I tre opsamlingsperioder af 24 timers varighed blev tarmindehold via plastslange ledt til isåfkølet beholder, henholdsvis dag 15, 18 og 29. Gødning og urin blev opsamlet i to 5-dages perioder med henblik på balanceopgørelser, dagene 8-13 og dagene 22-27. Urin blev opsamlet via blærekateter og gødning blev opsamlet i plastposer fastspændt til grisenes bagparti. Alle udtagne prøver blev nedfrosset med regelmæssige intervaller. For at stabilisere totalopsamlingerne af tarmindehold og gødning blev foderindtaget holdt konstant under - og tre dage før opsamlinger. Blodprøver blev udtaget fra brystvene dag 4, 18 og 32. Alle remedier, der

Tabel 2. Analyseret indhold i forsøgsfoderet, g/kg tørstof

Diæt	1	2	3
Organisk stof, g	962.3	952.7	943.1
Kvælstof, g	26.3	26.0	25.6
Kalcium, g	3.2	7.2	11.0
Fosfor, g	6.1	6.0	6.1
Magnesium, g	1.9	1.9	1.9
Jern, mg	99	97	100
Zink, mg	26	26	26
Kobber, mg	3.2	3.2	3.2
Mangan, mg	22	23	24

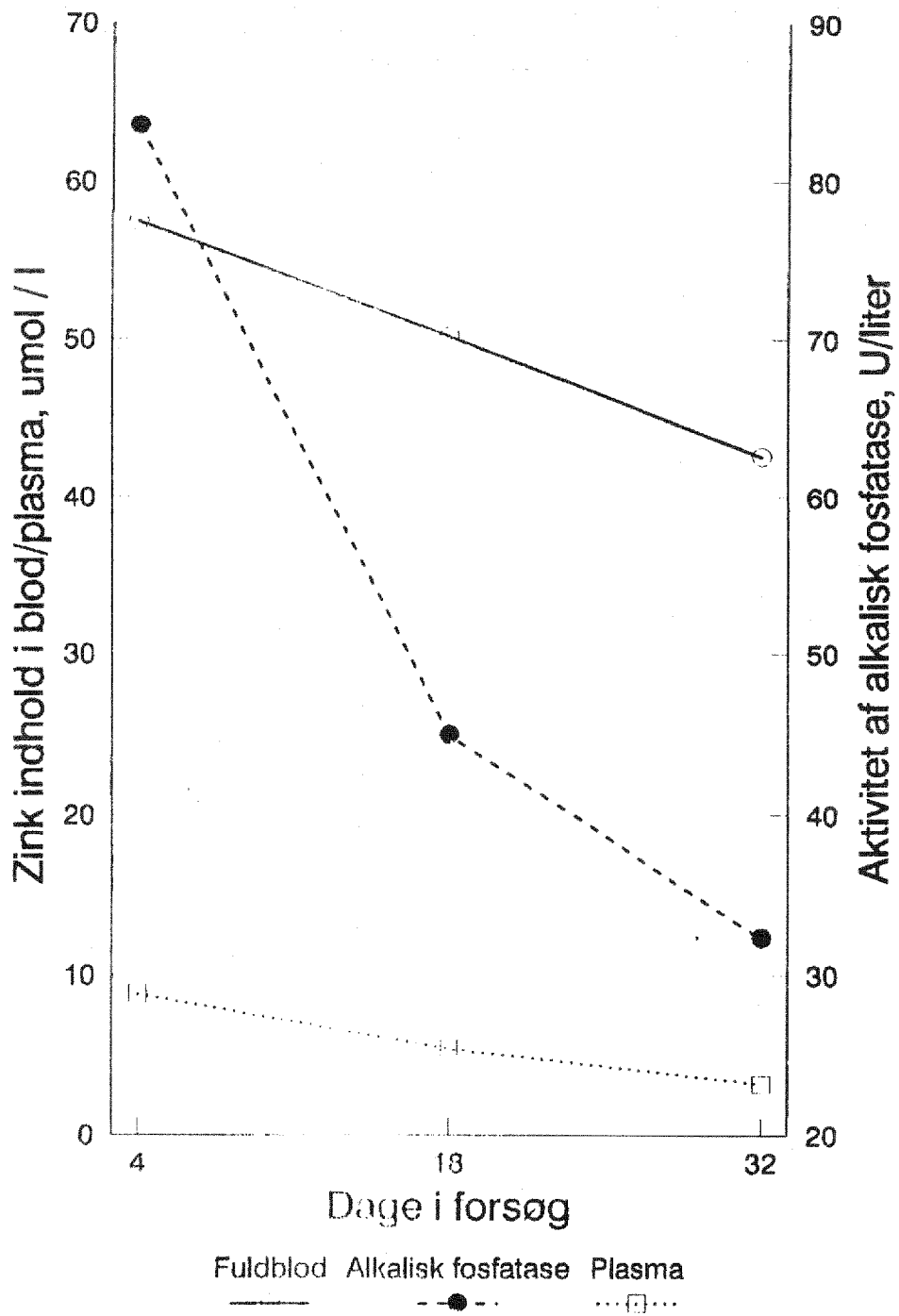


Fig. 1. Zinkindholdet i fuldblod og blodplasma og aktiviteten af alkalisk fosfatase i plasma gennem forsøgstiden

Tabel 5. Tilsyneladende absorption, udskillelse og aflejring af jern, zink, kobber og mangan målt ved tyndtarmen og over hele tarmkanalen (totalt). Absorption og aflejring er beregnet i forhold til indtag, urinudskillelse er beregnet i forhold til absorberet mængde (1)

	Tyndtarm				Totalt			
	1	2	3	SE	1	2	3	SE
Diæt								
Fe absorption	0.45 ^a	0.36 ^a	0.42 ^a	0.04	0.22 ^A	0.20 ^A	0.31 ^A	0.07
Fe i urin	–	–	–	–	0.11 ^A	0.10 ^A	0.10 ^A	0.05
Fe aflejring	–	–	–	–	0.20 ^A	0.18 ^A	0.28 ^A	0.06
Zn absorption	0.40 ^a	0.29 ^a	0.42 ^a	0.13	0.14 ^A	0.09 ^A	0.22 ^A	0.09
Zn i urin	–	–	–	–	0.18 ^A	0.19 ^A	0.09 ^A	0.04
Zn aflejring	–	–	–	–	0.12 ^A	0.08 ^A	0.20 ^A	0.09
Cu absorption	0.55 ^a	0.46 ^a	0.56 ^a	0.05	0.35 ^A	0.31 ^A	0.42 ^A	0.07
Cu i urin	–	–	–	–	0.27 ^A	0.15 ^A	0.17 ^A	0.06
Cu aflejring	–	–	–	–	0.26 ^A	0.26 ^A	0.35 ^A	0.07
Mn absorption	0.37 ^a	0.37 ^a	0.42 ^a	0.09	0.11 ^A	0.10 ^A	0.21 ^A	0.06

(1) Mangan ekskretion i urin ikke målt.

SE betegner variationen indenfor diæterne.

Værdier med forskellige bogstaver i rækkerne er signifikant forskellige, $p < 0.05$.

gængse opfattelse af fermentering af organisk stof i blind- og tyktarmen og absorption af lavmolekylært N og salte i blind- og tyktarmsregionen.

Daglig absorption af calcium udgjorde i gram - for de tre behandlinger - henholdsvis 1,7, 4,2 og 7,5 målt ved tyndtarmen og 0,6, 2,8 og 5,5 målt over hele tarmkanalen. Den relative (fraktionelle) absorption af Ca, Mg og P er angivet i tabel 4, hvor urinudskillelse og aflejring desuden er angivet for totalbalancerne. Calciumdoseringen til foderet førte til relativt større mængder absorberet og udskilt calcium. Nettoresultatet viser en signifikant øget aflejring af calcium for det moderate Ca-niveau (7,2 g/kg). Optagelsen af fosfor var gennemsnitlig 45% målt ved tyndtarmen og 32% målt over hele tarmsystemet, og calciumtilsætningen påvirkede ikke absorptionen af foderets naturlige fosforindhold. Magnesi-

um absorptionen og aflejringen viste specielt for det højeste Ca-niveau signifikant højere værdier. Gennemsnitlig blev mere end en tredjedel af det optagne magnesium udskilt via urinen.

Resultaterne for mikromineralerne jern, zink, kobber og mangan er vist i tabel 5. Forsøgets doseringer af calcium påvirkede ikke signifikant absorption, udskillelse eller aflejring af disse elementer. For totalbalancerne er de gennemsnitlige mængder af absorberet mineral henholdsvis 25, 16, 35 og 14 procent for Fe, Zn, Cu og Mn. Af den absorberede mængde udskiltes henholdsvis 10, 15 og 16 procent Fe, Zn, Cu atter med urinen.

Ved sammenligning af 1. og 2. N-balance, der er adskilt af 14 dage (tabel 6), ses, at N absorptionen er uforandret over det forløbne tidsrum, hvorimod udskillelse af N med urinen steg markant i 2. balance. Dette resulter-

Tabel 6. Sammenligning mellem kvælstofbalance 1 (dag 8-13) og kvælstofbalance 2 (dag 22-27) opgjort for alle diæter og gentagelser.

	1. balance	2. balance	SE
N absorption / N indtag	0.81 ^a	0.83 ^a	0.03
N urin / N absorption	0.40 ^b	0.58 ^a	0.06
N aflejret / N absorberet	0.49 ^a	0.35 ^b	0.05

SE angiver variationen indenfor balancerne.

Værdier i samme række med forskellige bogstaver er statistisk forskellige, $p < 0.001$.

Tabel 3. Tilsyneladende, relativ fordøjelse af organisk stof, og absorption af aske og kvælstof, målt ved enden af tyndtarmen og hele fordøjelseskanalen (totalt)

Diæt	Tyndtarm				Totalt			
	1	2	3	SE	1	2	3	SE
Org. stof	0.84 ^a	0.82 ^a	0.83 ^a	0.03	0.89 ^A	0.89 ^A	0.90 ^A	0.01
Aske	0.32 ^a	0.30 ^a	0.46 ^a	0.07	0.43 ^B	0.43 ^B	0.50 ^A	0.02
Kvælstof	0.78 ^a	0.75 ^a	0.77 ^a	0.03	0.82 ^A	0.82 ^A	0.82 ^A	0.02

SE betegner variationen indenfor diæterne.

Værdier med forskellige bogstaver i rækkerne er signifikant forskellige, $p < 0.05$.

indgik i forsøget, blev omhyggeligt syrevasket og skyllet for at reducere kontaminering med sporelementer fra omgivelserne.

Tre kuldsøskende blev tilfældigt fordelt på de tre foderbehandlinger og denne procedure blev gentaget i alt fire gange (blokke) adskilt af tid. De tre portioner døgnopsamling af tarmindhold blev analyseret separat; men resultaterne blev sammenvejet før de statistiske beregninger, således at ét dyr repræsenterede én gentagelse; gødnings- og urinopsamlinger behandledes på samme måde. Statistisk behandledes forsøget som et én-faktorforsøg (Ca-dosering) udført i blokke (kuld). Forskelle mellem behandlingsgennemsnit er vurderet ved 'Least Significant Difference', LSD test.

Resultater

Tilsyneladende, relativ fordøjelighed af organisk stof og absorption af kvælstof og aske er vist i tabel 3 for tyndtarmsregionen og over hele fordøjelseskanalen. Til sætningen af calciumkarbonat påvirkede ikke fordøjelsen af organisk stof eller kvælstof, hverken målt ved tyndtarmsfistlen eller målt som differens mellem indtag og indhold i gødning (totalt). Til sætning af calciumkarbonat til foderet øgede askeindholdet; men alligevel forsvandt en relativt større mængde aske både i tyndtarmen og over hele fordøjelseskanalen. Generelt for organisk stof, aske og N ses en større fraktion at være forsvundet efter passage af blind- og tyktarmen. Dette harmonerer vel med den

Tabel 4. Tilsyneladende absorption, udskillelse og aflejring af calcium, fosfor og magnesium målt ved enden af tyndtarmen og over hele tarmkanalen (totalt). Absorption og aflejring er angivet i forhold til indtaget, urinudskillelsen er angivet i forhold til den absorberede mængde

Diæt	Tyndtarm				Totalt			
	1	2	3	SE	1	2	3	SE
Ca absorption	0.37 ^a	0.42 ^a	0.50 ^a	0.09	0.13 ^B	0.29 ^A	0.37 ^A	0.04
Ca i urin	–	–	–	–	0.08 ^A	0.17 ^A	0.28 ^A	0.20
Ca aflejring	–	–	–	–	0.12 ^B	0.26 ^A	0.31 ^A	0.03
P absorption	0.44 ^a	0.40 ^a	0.47 ^a	0.05	0.34 ^A	0.28 ^A	0.32 ^A	0.02
P i urin	–	–	–	–	0.31 ^A	0.29 ^A	0.12 ^A	0.05
P aflejring	–	–	–	–	0.24 ^A	0.18 ^A	0.31 ^A	0.05
Mg absorption	0.36 ^a	0.33 ^a	0.45 ^a	0.06	0.22 ^B	0.28 ^B	0.42 ^A	0.04
Mg i urin	–	–	–	–	0.20 ^A	0.48 ^A	0.39 ^A	0.15
Mg aflejring	–	–	–	–	0.18 ^B	0.16 ^B	0.28 ^A	0.05

SE betegner variationen indenfor diæterne.

Værdier med forskellige bogstaver i rækkerne er signifikant forskellige, $p < 0.05$.

rede i en stærkt nedsat aflejring af N i forsøgsperiodens sidste del. Observationerne tyder på, at protein ikke har været den faktor, der begrænsede dyrenes vækst, men at andre faktorer i forsøgsperiodens forløb er blevet begrænsende.

Analysen af fuldblod og blodplasma viste sig for alle målte parametre at være upåvirket af foderets kalciumniveau. Blodets Ca, Cu, Fe og hæmoglobinniveau var uforandret i løbet af forsøgsperioden. For alle behandlinger steg både plasma P (totalt) og plasma Mg (respektivt $p < 0.05$ og $p < 0.001$) i løbet af perioden. Analysen af fuldblod P og Mg viste samme stigende tendens (respektivt $p < 0.05$ og $p < 0.01$) i løbet af forsøgsperioden.

Analysen af plasma- og fuldblods Zn og aktivitet af alkalisk fosfatase gennem forsøgsperioden er vist i fig. 1. Plasmaindholdet af zink faldt til 37% af udgangsniveauet ($p < 0.001$); indholdet i fuldblod faldt til 74% af udgangsniveauet, ($p < 0.10$), og aktiviteten af det zinkafhængige enzym alkalisk fosfatase (fra plasma) faldt til 39% af startniveauet ($p < 0.001$).

Diskussion

Sammenligninger mellem tyndtarmsbalancer og balancer over hele tarmsystemet viser for organisk stof, kvælstof og aske, at materiale nedbrydes/optages i blind- og tyktarmen. I modsætning hertil viser de her analyserede mineraler den modsatte tendens, absorption er tilsyneladende større over tyndtarmen end over hele tarmsystemet: Tilsyneladende mistes/secerner mineral i blind- og tyktarmen.

Dette tilsyneladende paradoks, at totale askemængder absorberes i blind- og tyktarm, mens de målte mineraler secerner, kan forklares ved overvældende reabsorption af natrium i tyktarmen (ikke vist). De mængder af de målte mineraler, der tilsyneladende mistes i blind- og tyktarmen er rimeligvis for store til alene at tilskrives tab af tarmceller og slitage. Tab af mineraler i blind- og tyktarmen er imidlertid også konstateret i tidligere undersøgelser, muligvis er fænomenet knyttet til en i foderet forekommende faktor.

Generelt kan mineraler i rapsskrå udnyttes af svinene og således understøtte en vis tilvækst. Negative balancer blev ikke konstateret i forsøget. Kalciumdosering til foderet syntes ikke at influere væsentligt på absorptionen af de øvrige mineraler. Hvis uopløselige komplekser af fytinsyre-kalcium-sporelementer er dannet, er dannelsen muligvis allerede foregået på det lave Ca-niveau, således at yderligere kalcium ikke har fremmet kompleksdannelsen. Zinkoptagelsen var generelt lav, gennemsnitlig 5.4 mg/dag målt i totalbalancerne, og urinudskillelsen var tilsvarende 0.7 mg/dag. Dyrenes aflejring af zink var således gennemsnitlig 4.7 mg/dag. Zinkforsyningen har sandsynligvis været den begrænsende faktor for vækst, og dyrene har muligvis været tæt på organismens depoter af zink. Dyrene viste ikke kliniske symptomer på zinkmangel ved forsøgets afslutning; men en yderligere forlængelse af forsøgsperioden ville muligvis have medført fremkomst af disse symptomer, kendt som parakeratose.