



27. SEPTEMBER

NR. 512

Udmalingsgradens betydning for næringsværdien i mel

6. Sorghum

Birthe Pedersen og Bjørn O. Eggum
Afdelingen for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi

Sorghum blev formalet til seks mel med udmalingsgrader fra 100 til 64%. De seks mel blev analyseret kemisk og undersøgt biologisk i balanceforsøg med rotter. Lysinindholdet faldt fra 2.02 i hel sorghum til 1.30 g/16 g N i det fineste mel. De lave lysinværdier bevirkede lave biologiske værdier i alle meltyper. Såvel proteinets sande fordøjelighed som fordøjelig energi steg svagt med faldende udmalingsgrad. Indholdet af mineraler i mel fra sorghum aftog generelt jo finere melet var. Kun 1/4 af zinkindholdet i hel sorghum var igen i mel med en udmalingsgrad på 64%, men samtidig var størstedelen af fytinsyren fjernet. Udtrykt i absolutte værdier var den tilsyneladende zinkabsorption og -retention signifikant højere fra mel med høj udmalingsgrad end fra mere fine mel til trods for et langt højere fytinsyreindhold i de mere grove mel. Zinkkoncentrationen i lårbensknoglen hos rotter fodret med mel tilsat de begrænsende aminosyrer var lav. Forsøgene viste således, at sorghum er en ringe zinkkilde, samtidig med at proteinkvaliteten er dårlig.

Indledning

Sorghum er den femte mest dyrkede af kornarterne, og størstedelen går til humant konsum. Ofte anvendes en udmalingsgrad på 100% (hele kernen), men der er et stigende ønske om fremstilling af hvidt mel fra sorghum.

Sorghumkernen består af tre hoveddele: perikarp udgør ca. 8%, kimen ca. 10%, mens endospermen vil udgøre mere end 80%. Visse sorghumsorter har lige nedenunder perikarplaget et meget pigmenteret testalag med et højt tanninindhold, som vil sænke fordøjeligheden af såvel protein som energi. Kimen indeholder 70% af asken i den hele kerne, men kimen har samtidig et højt indhold af fytinsyre, der kan have en uheldig effekt på mineralstoffernes udnyttelse. Den stør-

ste del af endospermen er meget næringsfattig og har et særdeles lavt indhold af essentielle aminosyrer. Faktorer som tannin, fytinsyre og fibre, der alle kan påvirke næringsstoffernes udnyttelse, kan stort set fjernes under formalingen, men samtidigt falder koncentrationen af flere vigtige næringsstoffer drastisk i det færdige mel.

Formålet med dette forsøg var at undersøge effekten af udmalingsgraden på næringsværdien af mel fra sorghum.

Materialer og metoder

Mel med udmalingsgrad fra 100% (hele kernen) til 64% blev fremstillet på Afdelingen for Bioteknologi, Carlsberg. I alt blev seks mel analyseret kemisk og testet biologisk i balanceforsøg med

Tabel 1. Kemisk sammensætning (tørstofbasis) i mel fra sorghum med forskellig udmalingsgrad

Udmalingsgrad (%)	100	95	90	80	73	64
Aske (%)	2.0	1.8	1.6	1.2	1.1	0.9
Protein (%)	15.6	15.8	16.0	16.3	16.3	16.7
Lysin (g/16 g N)	2.02	2.04	1.89	1.64	1.58	1.30
Fedt (%)	4.2	4.0	3.5	2.7	2.2	1.7
Stivelse+sukker (%)	72.9	74.2	74.8	76.6	79.1	81.5
Træstof (%)	2.2	1.8	1.8	1.6	1.2	0.8
Tannin (%)	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2
Energi (kJ/g)	19.0	19.0	19.0	18.9	18.8	18.7

Tabel 2. Mineralindhold (tørstofbasis) i mel fra sorghum med forskellig udmalingsgrad

Udmalingsgrad (%)	100	95	90	80	73	64
Kalcium (mg/g)	0.50	0.30	0.22	0.37	0.54	0.61
Fosfor (mg/g)	4.0	3.9	3.4	2.4	1.9	1.5
Fytinofosfor (mg/g)	3.1	3.0	2.7	1.6	1.2	0.4
Zink (ppm)	36	33	30	21	16	10
Kobber (ppm)	4.9	4.3	4.0	3.3	2.8	2.4
Jern (ppm)	179	104	65	83	76	54
Fytinsyre:zink	31	33	32	27	26	14

rotter. I rotteforsøgene bestemtes proteinets sande fordøjelighed (SF), den biologiske værdi (BV), nettoproteinudnyttelsen (NPU) og fordøjelig energi (FE). Endvidere målt den tilsyneladende zinkabsorption og -retention. Zink, kalcium og fosfor blev desuden bestemt i lårbensknoglen, mens zink, kobber og jern blev målt i leveren. For at undgå zinkforureninger blev der anvendt rustfrit stål i burmaterialet og destilleret afioniseret drikkevand. Ellers blev afdelingens sædvanlige teknik ved rotteforsøgene benyttet.

Resultater

Den kemiske sammensætning af de seks mel fra sorghum er anført i tabel 1. Med undtagelse af stivelse + sukker og protein var koncentrationen af de øvrige næringsstoffer højere i hel sorghum end i mel med lavere udmalingsgrad. Ved en udmalingsgrad på 64% var indholdet af aske, fedt, træstof og tannin reduceret til 40% af det tilsvarende indhold i den hele kerne. Energiindholdet var ret upåvirket af udmalingsgraden, mens lysinindholdet i det fineste mel faldt til 65% af indholdet i hel sorghum.

Indholdet af de enkelte mineralstoffer var også stærkt afhængig af udmalingsgraden (tabel 2). Generelt aftog aske og mineralstofindholdet med

faldende udmalingsgrad, men sorghumprøven synes at have været kontamineret med kalcium og jern. Kun 1/4 af zinkindholdet i hel sorghum var igen i det fineste mel, men samtidig var størstedelen af fytinsyren fjernet.

Foderoptagelsen var signifikant lavest hos rotter, der fik de fineste mel, og disse rotter havde næsten ingen tilvækst (tabel 3). SF var høj i alle mel og steg svagt med faldende udmalingsgrad. BV og NPU var ikke signifikant påvirkede af udmalingsgraden. Energiens fordøjelighed steg fra 87% i mel fra hel kerne til 91% i det fineste mel.

Resultaterne fra zinkbalancerne er vist i tabel 4. Det ses, at såvel indtaget som den fækale ekskretion var langt højere hos rotter fodret med mel med høj udmalingsgrad end hos dyrene fodret med de fine mel. Zinkudskillelsen med urinen var ikke signifikant forskellig holdene imellem. Den tilsyneladende absorption og retention af zink var langt højere fra hel sorghum og mel med høj udmalingsgrad end fra meltyperne med lavere udmalingsgrad. Den tilsyneladende relative absorption og retention af zink i pct. var uafhængig af udmalingsgraden. Af tabel 5 ses det, at indholdet af zink, kalcium og fosfor i lårbensknoglen ikke var påvirket af melenes udmalingsgrad.

Zinkbalancerne for meltyperne med 100, 80 og

Tabel 3. Foderoptagelse (tørstofbasis), tilvækst, proteinudnyttelse og fordøjelig energi hos rotter fodret med mel fra sorghum med forskellig udmalingsgrad

Udmalingsgrad (%)	100	95	90	80	73	64
Foderoptagelse (g/9 dage)	81.5 ^a	77.2 ^{ab}	74.5 ^{abc}	78.7 ^{ab}	70.0 ^{bc}	65.6 ^c
Tilvækst (g/9 dage)	10.4 ^a	7.4 ^{ab}	4.9 ^{bc}	8.0 ^{ab}	1.7 ^c	1.1 ^c
Proteinets sande fordøjelighed (%)	92.9 ^a	93.1 ^{ab}	94.9 ^{ab}	95.0 ^{ab}	93.7 ^{ab}	96.1 ^b
Proteinets biologiske værdi (%)	58.9	61.2	54.4	55.8	53.1	54.4
Nettoproteinudnyttelsen (%)	54.7	56.9	51.6	53.0	49.8	52.3
Fordøjelig energi (%)	87.0 ^a	87.0 ^a	87.7 ^a	90.5 ^b	88.3 ^a	90.5 ^b

a-b) Gennemsnitsværdier med forskellige bogstaver i samme linie er signifikant ($P < 0.05$) forskellige.

Tabel 4. Zinkbalance ($\mu\text{g}/5$ dage) hos rotter fodret med mel fra sorghum med forskellig udmalingsgrad

Udmalingsgrad (%)	100	95	90	80	73	64
Indtag (μg)	979 ^a	845 ^b	758 ^b	570 ^c	400 ^d	232 ^e
Fæces (μg)	828 ^a	701 ^b	620 ^b	456 ^c	332 ^d	178 ^e
Urin (μg)	20	31	36	31	33	33
Tilsyneladende absorption (μg)	151 ^a	144 ^a	138 ^a	114 ^{ab}	69 ^{ab}	54 ^b
Tilsyneladende absorption (%)	16	17	18	20	20	23
Tilsyneladende retention (μg)	132 ^a	113 ^{ab}	102 ^{abc}	83 ^{abc}	36 ^{bc}	21 ^c
Tilsyneladende retention (%)	14	13	13	14	10	9

64% udmalingsgrad, når de mest begrænsende aminosyrer (lysin, methionin, tryptofan, treonin) var tilsat de tre mel er vist i tabel 6. Efter tilsætning af aminosyrerne var der ingen forskel på foderoptagelsen eller tilvæksten holdene imellem. Som ved de usupplementerede mel (tabel 4) var den tilsyneladende absorption og retention signifikant højere fra groft mel end fra fint mel.

Mineralstofindholdet i lårbensknoglen hos rotter fodret med diæter tilsat ekstra aminosyrer, er vist i tabel 7. Heraf fremgår det, at koncentrationen af zink i lårbensknoglen var lavest hos de rotter, som fik det fineste mel. Koncentrationen af de øvrige mineraler var ikke påvirket af udmalingsgraden. Ved at sammenligne værdierne for zinkudnyttelsen fra diæter henholdsvis med og uden ekstra aminosyrer fremgår det, at den tilsyneladende zinkabsorption og retention var højere

hos rotter, der fik tilført ekstra aminosyrer, og udskillelsen af zink med urinen var lavere. Lårbensknoglens zinkkoncentration var lavere hos de rotter, der fik ekstra aminosyrer i foderet, men indholdet af kalcium og fosfor var upåvirket af aminosyretilsætningen.

Diskussion og konklusion

Mel fra sorghum med forskellig udmalingsgrad varierede i kemisk sammensætning, mens energiindholdet stort set var upåvirket af meltypen. Både fedt og askeindholdet i den fineste fraktion var langt højere end i hånddissekeret endosperm; og dette viser, at en betydelig del af kimen stadigvæk må indgå selv i mel med en udmalingsgrad på kun 64%. Dette forklarer også tilstedeværelsen af fytinsyre i det fineste mel.

Tabel 5. Mineralstofindhold i lårbensknoglen fra rotter fodret med mel fra sorghum med forskellig udmalingsgrad

Udmalingsgrad (%)	100	95	90	80	73	64
Tørvægt af lårbensknoglen (mg)	143	144	147	135	139	135
Zink (ppm)	200	198	190	191	191	196
Kalcium (mg/g)	174	174	175	174	179	177
Fosfor (mg/g)	94.5	92.9	93.0	94.3	94.5	94.4
Ca:P	1.84	1.87	1.88	1.84	1.88	1.87

Tabel 6. Zinkbalance ($\mu\text{g}/5$ dage) hos rotter fodret med mel fra sorghum tilsat lysin, methionin, tryptofan og treonin

Udmalingsgrad (%)	100 ^d	80 ^d	64 ^d
Indtag (μg)	1009 ^a	583 ^b	252 ^c
Fæces (μg)	788 ^a	425 ^b	191 ^c
Urin (μg)	19	24	25
Tilsyneladende absorption (μg)	222 ^a	158 ^b	61 ^c
Tilsyneladende absorption (%)	22	28	24
Tilsyneladende retention (μg)	203 ^a	135 ^b	36 ^c
Tilsyneladende retention (%)	20	24	14

^d) Der er tilsat 2.0 g L-lysin, 2.0 g DL-methionin, 1.0 g L-tryptofan og 1.0 g L-treonin/kg fodertørstof

Den meget lave tilvækst hos de rotter, som fik de fineste meltyper, skyldes den meget ringe proteinkvalitet i disse partier. Tilvæksten var så lav, at proteinkvaliteten blev målt på vedligeholdetsstadiet, hvor lysinbehovet er lavt, og der var derfor ingen lineær sammenhæng mellem lysinindholdet og BV. Aminosyretilsætningen bevirkede en kraftig stigning i BV og i rotternes tilvækst.

Zinkkoncentrationen i lårbensknoglen var lav hos rotter, der fik tilsat ekstra aminosyrer til diæterne, sammenlignet med koncentrationen hos dyrene uden denne tilsætning. Da zink er et essentielt stof ved proteinsyntesen, bevirkede aminosyretilsætningen formodentlig at zinkbehovet steg, og mindre zink var derfor til rådighed for

Tabel 7. Mineralstofindhold i lårbensknoglen hos rotter fodret med mel fra sorghum tilsat lysin, methionin, tryptofan og treonin

Udmalingsgrad (%)	100	80	64
Lårbensknoglen:			
Tørvægt (mg)	155	151	150
Zink (ppm)	167 ^a	177 ^a	154 ^b
Kalcium (mg/g)	172	170	173
Fosfor (mg/g)	92.3	93.3	94.4

aflejring i knoglerne. Når proteinkvaliteten blev forbedret ved en tilsætning af de begrænsende aminosyrer, blev rotternes zinkstatus forringet, og kun de rotter, som ikke fik ekstra aminosyrer i foderet, var i stand til at opretholde en normal zinkstatus. De rotter, som fik ekstra aminosyrer var kun i stand til at hæve den tilsyneladende zinkabsorption og -retention lidt, og zinkens tilgængelighed må antages at være den begrænsende faktor. Den lave tilgængelighed af zink i sorghum kan skyldes det høje indhold af fytinsyre. Med aftagende udmalingsgrad faldt indholdet af fytinsyre, men zinkindholdet faldt samtidig. Den tilsyneladende absorption og aflejring af zink fra de fineste meltyper var således meget lav, og zinkkoncentrationen i lårbensknoglen var lavest hos de rotter, der fik det fineste mel tilsat aminosyrer. Heraf kan det konkluderes, at mel fra sorghum er en dårlig zinkkilde, og i særdeleshed når udmalingsgraden er lav. Resultaterne viser endvidere, at proteinkvaliteten i mel fra sorghum er ringe uanset udmalingsgraden.