



## Udmalingsgradens betydning for næringsværdien i mel

### 3. Byg

*Birthe Pedersen og Bjørn O. Eggum*

*Afdelingen for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi*

Byg blev formalet til seks mel med udmalingsgrader fra 100% til 69%. De seks mel blev analyseret kemisk og undersøgt biologisk i balanceforsøg med rotter. Lysinindholdet faldt fra 3.30 i hel byg til 2.82 g/16 g N i det fineste mel, hvilket bevirkede et svagt fald i den biologiske værdi. Såvel proteinets sande fordøjelighed som fordøjelig energi steg signifikant med faldende udmalingsgrad. Indholdet af mineraler i byg med en udmalingsgrad på 69% var reduceret til 50% eller mindre af mineralindholdet i hel byg, faldet var størst for fosfor og jern. 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 fremstillet af hel byg var signifikant lavere end hos rotter fodret med de mere fine mel. Resultaterne tyder således på, at hel byg er en dårlig zinkkilde, og extra zink må tilføres for at sikre en optimal udnyttelse af bygens protein.

### Indledning

Byg bliver i overvejende grad anvendt som husdyrfoder og normalt fortæres den hele kerne uden en forudgående separering i skal og mere eller mindre hvidt mel. Der er en stigende interesse for at anvende flere produkter fra byg til human konsum, herved vil der opstå flere biprodukter fra byg, som kan anvendes til husdyr. Forsøget er desuden et led i en systematisk undersøgelse af, hvor i kornarternes kerne de forskellige næringsstoffer er indlejret, og hvor biologisk tilgængelige disse er. Til formålet blev der fremstillet seks mel med forskellige udmalingsgrad og næringsværdien af de enkelte mel blev bestemt.

### Materialer og metoder

Bygmel med udmalingsgrad fra 100% (hele

kernen) til 69% blev fremstillet på Afdelingen for Bioteknologi, Carlsberg. I alt blev seks mel analyseret kemisk og testet biologisk i balanceforsøg med rotter. I rotteforsøgene bestemtes proteinets sande fordøjelighed (SF), den biologiske værdi (BV), nettoproteinudnyttelsen (NPU), udnyttelig protein (UP) og fordøjelig energi (FE). Endvidere målt den tilsyneladende zinkabsorption og -retention. Zink, calcium og fosfor blev desuden bestemt i lårbensknoglen, medens 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.

**Tabel 1. Kemisk sammensætning (tørstofbasis) i bygmel med forskellig udmalingsgrad**

Udmalingsgrad (%)	100	93	85	81	75	69
Aske (%)	2.0	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8
Protein (%)	10.8	10.8	10.6	10.2	9.3	8.9
Lysin (g/16 g N)	3.3	3.2	3.0	2.9	2.8	2.8
Fedt (%)	3.3	3.1	2.6	2.5	1.9	1.7
Stivelse + sukker (%)	67.2	73.9	77.2	79.8	81.9	84.0
Træstof (%)	5.0	2.7	1.4	1.1	0.9	0.9
Tannin (%)	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
Energi (kJ/g)	18.7	18.7	18.5	18.3	18.2	18.1

## Resultater

Den kemiske sammensætning af de seks bygmel er anført i tabel 1. Med undtagelse af stivelse + sukker var koncentrationen af de øvrige næringsstoffer højere i hel byg end i mel med lavere udmalingsgrad. Proteinindholdet var 18% lavere i mel med en udmalingsgrad på 69% end i hel byg, medens indholdet af aske og tannin var ca. halveret. Lysinindholdet (g/16 g N) faldt nærmest lineært med udmalingsgraden og var ca. 15% lavere i det fineste mel sammenlignet med indholdet i den hele kerne. Træstofindholdet faldt drastisk, til 2.7%, allerede ved en udmalingsgrad på 93%. Der var 5.0% træstof i den hele kerne. Energiindholdet faldt kun svagt med faldende udmalingsgrad, faldet skyldes det lavere fedtindhold i de fineste mel.

Koncentrationen af fosfor, calcium, jern, zink og kobber var også stærkt reduceret i mel med lav udmalingsgrad sammenlignet med indholdet i hel byg. En reduktion på 50% eller mere fandtes for flere af mineralerne, faldet var størst for fosfor og jern. I mel med høj udmalingsgrad udgjorde fytin fosfor ca. 65% af total fosfor, medens de fineste mel kun indeholdt spor af fytin fosfor. Det molære forhold mellem fytinsyre:zink varierede

fra 39 i hel byg til 1 i mel med en udmalingsgrad på 69% (tabel 2).

Af tabel 3 fremgår det, at udmalingsgraden havde en signifikant effekt på proteinets fordøjelighed – med de laveste værdier i mel med høj udmalingsgrad. Der var en tendens til faldende biologiske værdier med aftagende udmalingsgrad, og nettoproteinudnyttelsen var stort set upåvirket af udmalingsgraden. Mængden af udnyttelig protein (g/100 g kerne) faldt nærmest lineært med faldende udmalingsgrad, hvilket skyldes mængden af protein, der fjernes ved afskalningen. Fordøjelig energi steg drastisk fra 80.5% i mel fremstillet af hel byg til 94.5% i det fineste mel.

Zinkbalanceværdierne for de seks mel er anført i tabel 4. Heraf fremgår det, at rotternes zinkindtag var langt højest, når der blev fodret med de grovere mel. Udskillelsen af zink med fæces var også størst, når der blev fortæret mel med høj udmalingsgrad; zinkudskillelsen med urinen var ret konstant. Den tilsyneladende zinkabsorption og -retention udtrykt i absolutte værdier var således signifikant højere fra mel med høj udmalingsgrad end fra finere mel. På trods af dette var

**Tabel 2. Mineralindhold (tørstofbasis) i bygmel med forskellig udmalingsgrad**

Udmalingsgrad (%)	100	93	85	81	75	69
Kalcium (mg/g)	0.51	0.39	0.31	0.29	0.25	0.23
Fosfor (mg/g)	3.6	3.5	3.0	2.6	1.9	1.6
Fytin fosfor (mg/g)	2.3	2.2	1.7	1.2	0.1	<0.1
Zink (ppm)	21	21	17	15	11	10
Kobber (ppm)	3.8	3.7	3.0	2.9	2.4	2.4
Jern (ppm)	66	32	24	21	16	11
Fytinsyre:zink	39	37	35	27	2	1

**Tabel 3. Proteinudnyttelse og fordøjelig energi (tørstofbasis) i rotter fodret med bygmel med forskellig udmalingsgrad**

Udmalingsgrad (%)	100	93	85	81	75	69
Sand protein fordøjelighed	87.4 <sup>a</sup>	88.9 <sup>ac</sup>	89.5 <sup>ac</sup>	90.9 <sup>abc</sup>	94.1 <sup>bc</sup>	93.0 <sup>c</sup>
Biologisk værdi	70.2	69.1	68.6	69.0	70.2	67.8
Nettoproteinudnyttelse	61.5	61.5	61.4	62.7	66.1	63.6
Udnyttelig protein (g/100 g mel)	6.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>
Udnyttelig protein (g/100 g kerne)	6.6 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	5.2 <sup>bc</sup>	4.7 <sup>c</sup>	3.9 <sup>d</sup>
Fordøjelig energi	80.5 <sup>a</sup>	87.0 <sup>b</sup>	91.1 <sup>c</sup>	92.8 <sup>cd</sup>	94.2 <sup>d</sup>	94.5 <sup>d</sup>

<sup>a-d</sup>) Gennemsnitsværdier med forskellige bogstaver i samme linie er signifikant ( $P < 0.05$ ) forskellige.

zinkkoncentrationen i lårbensknoglen signifikant lavere hos rotter fodret med hel byg end hos rotter fodret med de tre fineste mel; calcium og fosfor koncentrationen var derimod upåvirket af melenes udmalingsgrad (tabel 5). Koncentrationen af zink, kobber og jern i leveren var ikke signifikant påvirket af de forskellige meltyper.

Af tabel 6 fremgår det, at den biologiske værdi af proteinet i hel byg steg signifikant ved tilsæt-

og zinktilskuddet. Zinkretentionen steg markant hos de rotter, der fik tilsat extra zink, i en mængde (28 mg/kg foder) svarende til zinkindholdet i byggen (tabel 8).

### Diskussion og konklusion

Forskellene i lysinindholdet ved de forskellige udmalingsgrader skyldes, at fine mel indeholder relativt mere prolamin, som er lysinfattigt, end

**Tabel 4. Zinkbalance ( $\mu\text{g}/5$  dage) i rotter fodret med bygmel med forskellig udmalingsgrad**

Udmalingsgrad (%)	100	93	85	81	75	69
Indtag ( $\mu\text{g}$ )	962 <sup>a</sup>	868 <sup>b</sup>	782 <sup>c</sup>	668 <sup>d</sup>	494 <sup>e</sup>	436 <sup>f</sup>
Fæces ( $\mu\text{g}$ )	706 <sup>a</sup>	631 <sup>ab</sup>	555 <sup>b</sup>	432 <sup>c</sup>	360 <sup>cd</sup>	302 <sup>d</sup>
Urin ( $\mu\text{g}$ )	29	33	21	26	25	31
Tilsyneladende absorption ( $\mu\text{g}$ )	257 <sup>a</sup>	237 <sup>a</sup>	228 <sup>a</sup>	237 <sup>a</sup>	134 <sup>b</sup>	136 <sup>b</sup>
Tilsyneladende absorption (%)	27	27	29	35	27	31
Tilsyneladende retention ( $\mu\text{g}$ )	228 <sup>a</sup>	204 <sup>a</sup>	207 <sup>a</sup>	211 <sup>a</sup>	109 <sup>b</sup>	105 <sup>b</sup>
Tilsyneladende retention (%)	24	24	26	32	22	24

ning af såvel lysin som zink. Lysintilskuddet bevirkede samtidig en signifikant forøgelse af tilvæksten, medens dette ikke var tilfældet for zink. Koncentrationen af zink i lårbensknoglen steg signifikant ved tilsætning af zink til foderet, medens lysintilsætningen ingen effekt havde på dette kriterium (tabel 7). Leverens zinkkoncentration derimod steg, når lysin blev tilsat. Koncentrationen af de øvrige mineralstoffer, i såvel lårbensknoglen som leveren, var upåvirket af både lysin-

mel med højere udmalingsgrad. Prolaminfraktionen har endvidere en høj fordøjelighed, og derfor stiger proteinets fordøjelighed med aftagende udmalingsgrad. Det aftagende indhold af træstof og tannin med faldende udmalingsgrad er også medvirkende årsager til de stigende fordøjeligheder af såvel protein som energi.

Det høje zinkindhold i mel med høj udmalingsgrad mere end kompenserede for den øgede zinkudskillelse med fæces. Den tilsyneladende ab-

**Tabel 5. Mineralstofindholdet i lårbensknoglen fra rotter fodret med bygmel med forskellig udmalingsgrad**

Udmalingsgrad (%)	100	93	85	81	75	69
Tørvægt af lårbensknoglen (mg)	137	141	144	143	146	144
Zink (ppm)	154 <sup>a</sup>	175 <sup>ab</sup>	172 <sup>ab</sup>	199 <sup>b</sup>	196 <sup>b</sup>	190 <sup>b</sup>
Kalcium (mg/g)	178	169	177	177	179	183
Fosfor (mg/g)	93.8	93.4	94.6	95.2	96.0	94.5
Ca:P	1.89	1.81	1.87	1.86	1.87	1.89

**Tabel 6. Effekten af tilsat lysin eller zink på proteinudnyttelsen og tilvæksten (g/9 dage) hos rotter fodret med mel fra hel byg**

Tilsat	-	Lysin	Zink
Proteinets sande fordøjelighed .....	87.3	87.3	87.6
Biologisk værdi .....	72.8 <sup>a</sup>	81.5 <sup>b</sup>	78.6 <sup>b</sup>
Nettoproteinudnyttelse .....	63.6 <sup>a</sup>	71.2 <sup>b</sup>	68.8 <sup>b</sup>
Tilvækst .....	15.7 <sup>a</sup>	19.4 <sup>b</sup>	13.5 <sup>a</sup>

sorption og retention af zink fra hel byg var således mere end dobbelt så høj som fra mel med en udmalingsgrad på 69%.

På trods af dette var zinkkoncentrationen i lårbensknoglen, hos rotter fodret med mel med udmalingsgrad fra 85% og opefter, signifikant lavere

byg efter tilsætning af zink til foderet, indikerer stærkt, at de rotter som blev fodret med mel med høj udmalingsgrad havde en meget dårlig zinkstatus. Den biologiske udnyttelse af zink fra de ydre lag af bygkernen må være meget lav, og der synes at være faktorer foruden fytinsyre, som har

**Tabel 7. Effekten af tilsat lysin eller zink på mineralstofindholdet (tørstofbasis) i lårbensknoglen og leveren hos rotter fodret med mel fra hel byg**

Tilsat	-	Lysin	Zink
<i>Lårbensknoglen</i>			
Tørvægt (mg) .....	156	160	157
Zink (ppm) .....	166 <sup>a</sup>	162	192 <sup>b</sup>
Kalcium (mg/g) .....	170	168	172
Fosfor (mg/g) .....	92.8	91.0	91.8
<i>Lever</i>			
Tørvægt (g) .....	1.09	1.07	1.00
Zink (ppm) .....	83 <sup>a</sup>	110 <sup>b</sup>	85 <sup>a</sup>
Kobber (ppm) .....	13.6	16.0	13.5
Jern (ppm) .....	486	552	504

end hos rotter fodret med mel med lav udmalingsgrad. Zinkkoncentrationen i lårbensknoglen anses for at være en særdeles følsom indikator for zinkstatus og den lave zinkkoncentration i tillæg til stigningen i biologisk værdi af proteinet i hel

en meget negativ effekt på zinkudnyttelsen. Zink er nødvendig for en optimal udnyttelse af protein, og tilsætning af extra zink til hel byg synes at være nødvendig for at opnå en optimal udnyttelse af byggets protein.

**Tabel 8. Effekten af tilsat lysin eller zink på zinkbalancen ( $\mu\text{g}$  zink/5 dage) hos rotter fodret med mel fra hel byg**

Tilsat	-	Lysin	Zink
Indtag ( $\mu\text{g}$ ) .....	1399 <sup>a</sup>	1394 <sup>a</sup>	2784 <sup>b</sup>
Gødning ( $\mu\text{g}$ ) .....	1093 <sup>a</sup>	1153 <sup>a</sup>	2340 <sup>b</sup>
Urin ( $\mu\text{g}$ ) .....	30	25	30
Tilsyneladende absorption ( $\mu\text{g}$ ) .....	306 <sup>a</sup>	241 <sup>a</sup>	445 <sup>b</sup>
Tilsyneladende absorption (%) .....	22	17	16
Tilsyneladende retention ( $\mu\text{g}$ ) .....	276 <sup>a</sup>	217 <sup>a</sup>	415 <sup>b</sup>
Tilsyneladende retention (%) .....	20	16	15