



## Udmalingsgradens betydning for næringsværdien i mel

### 5. Majs

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

Fem forskellige typer majsmel med et varierende indhold af de enkelte botaniske komponenter blev fremstillet. De fem meltyper blev analyseret kemisk og testet biologisk i balanceforsøg med rotter. De kemiske analyser viste, at specielt lysin- og tryptofanindholdet er lavt i alle typer mel fra majs, indholdet af mineraler er også lavt. Omkring 70% af fedtet og mineralerne er lokaliseret i kimen, så mængden af kim i melet har en afgørende indflydelse på dets kemiske sammensætning. Fytinsyreindholdet er også meget højt i kimen. Proteinkvaliteten varierede meget, alt afhængig af hvilke botaniske komponenter der indgik i melet. Fordøjelig energi var høj i alle partier men negativt korreleret til fiberindholdet. Den tilsyneladende absorption og retention af zink var højest hos rotter fodret med mel fra hel majs, men til trods for dette var zinkkoncentrationen i lårbensknoglen lavest hos de dyr, der fik hel majs.

### Indledning

Majs er den tredje mest betydningsfulde kornafgrøde. Mere end 40% af verdens majsproduktion stammer fra USA, hvor 85% bliver brugt som husdyrfoder i modsætning til de fleste andre lande, hvor majs i første række bliver anvendt som føde til mennesker. Mange forskellige typer mel fremstilles fra majs. Raffineret, afkimet majsmel har ikke de samme harskningsproblemer, som mel fremstillet af hele kernen.

Selv uden fraseparering af skal og kim, har majs et lavt indhold af flere essentielle næringsstoffer. Kernen består af 82% endosperm, 12% kim og 6% skaldele. Ca. 50% af proteinet i endospermen be-

står af zein, som er meget lav i lysin og tryptofan. Kimen har et langt højere indhold af disse aminosyrer og har derfor en langt bedre proteinkvalitet. En stor del af de vigtigste mineraler findes også i kimen. Men det skal her understreges, at størstedelen af fytinsyren, som kan have en uheldig effekt på mineralstofudnyttelsen, specielt på zink, også findes i kimen. Fibrene i den ydre del af kernen kan også have en negativ effekt på udnyttelsen af både mineraler og protein.

Formålet med dette forsøg var at undersøge effekten af raffineringsgraden på næringsværdien af mel fra majs.

## Materialer og metoder

Fem forskellige typer af majs mel blev fremstillet på Afdelingen for Bioteknologi, Carlsberg. Disse blev 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. For at undgå zinkforureninger blev der anvendt rustfrit stål i burmaterialet og destilleret, afioniseret vand. Ellers blev afdelingens sædvanlige teknik ved rotteforsøgene benyttet.

## Resultater

Den kemiske sammensætning af de fem majs mel varierer betydeligt, som vist i tabel 1. I det

»hårde« endosperm, indeholder mere af den ydre del af kernen, samtidig med at kimen delvis er fjernet.

Indholdet af de enkelte mineralstoffer, især zink, blev stærkt reduceret ved afkimningen (tabel 2). Fytingfosfor udgjorde 81% af det totale fosfor i hel majs, medens der kun var spor af fytingssyre i det afkimerede mel. Det molære fytingssyre:zink forhold varierede fra 41 i hel majs og 43 i den fine fraktion til 2 i det afkimerede mel.

Foderoptagelsen var den samme for alle seks hold, men tilvæksten varierede signifikant (tabel 3). Tilvæksten hos rotter, der fik afkimeret mel, var signifikant lavere end hos rotter, der fik hel majs. Tilvæksten var tæt korreleret med lysin ( $r = 0.99$ ) og tryptofan ( $r = 0.97$ ) i de fem typer mel. Tilsætning af lysin og tryptofan bevirkede en drastisk stigning i tilvæksten. Proteinets sande fordøjelighed var høj i alle hold, med den højeste værdi for

Tabel 1. Kemisk sammensætning (tørstofbasis) af de forskellige majs mel

Majsmateriale	Hel	Afskallet + Sigtet			Afkimet
		Partikelstørrelse	<340 $\mu$	<840 $\mu$	
Aske (%)	1.4	1.4	1.4	1.1	0.4
Protein (%)	9.9	8.9	9.4	10.1	8.7
Fedt (%)	5.2	5.4	4.8	3.9	1.4
Stivelse + sukker (%)	76.0	81.4	81.3	80.9	89.2
NDF fibre (%)	10.7	4.3	6.2	7.3	3.5
Lysin (g/16g N)	2.95	3.24	2.87	2.56	1.85
Tryptofan (g/16g N)	0.75	0.82	0.76	0.69	0.52
Energi (kJ/g)	18.8	19.0	18.8	18.7	18.3

afkimerede mel var i indholdet af fedt og mineraler reduceret til ca. 30% af de tilsvarende indhold i hel majs. Fiberindholdet var også stærkt reduceret. Energiindholdet var lidt lavere i afkimeret mel sammenlignet med hel mel, medens proteinindholdet var 12% lavere. Lysin og tryptofanindholdet i det afkimerede mel blev reduceret til henholdsvis 63 og 69% af de tilsvarende værdier i hel majs. Tre meltyper blev fremstillet ved afskalning, formaling og sigtning. Den fine fraktion (<340 $\mu$ ) stammer primært fra den »melede« endosperm, kimen indgår i denne fraktion, men skaldelene er stort set fjernet. Den grove fraktion (500-1000 $\mu$ ), der i første række består af den

afkimeret mel. Den biologiske værdi varierede stærkt grupperne imellem. Aminosyretilsætningen bevirkede en kraftig stigning i den biologiske værdi. Mængden af udnyttelig protein i afkimeret majs blev reduceret til 83% af værdien i hel majs. Fordøjelig energi varierede fra 90% i hel majs til 96% i det afkimerede mel.

Resultaterne fra zinkbalancerne er vist i tabel 4. Zinkoptagelsen var meget lavere hos rotter fodret med afkimeret majs end hos rotter fodret med hel majs. Zinkudskillelsen med fæces var dog langt højere hos dyr, der fik hel majs. Zinkudskillelsen med urinen var ikke signifikant forskellig, omend den laveste værdi blev registreret for

**Tabel 2. Mineralstofindholdet (tørstofbasis) i de forskellige majsmel**

Majsmateriale	Hel	Afskallet + Sigtet			Afkimet
		Partikelstørrelse	<340 $\mu$	<840 $\mu$	
Calcium (mg/g) .....	30.8	30.5	27.0	26.7	14.5
Fosfor (mg/g) .....	3.1	3.4	3.0	2.5	0.9
Fytinofosfor (mg/g) .....	2.5	2.7	2.3	1.8	<0.1
Zink (ppm) .....	21.0	21.8	20.6	17.1	4.4
Kobber (ppm) .....	1.8	1.9	1.9	1.4	0.7
Jern (ppm) .....	23.3	30.7	24.5	19.7	10.8
Fytinsyre:zink .....	41	43	40	37	2

**Tabel 3. Tilvækst, proteinudnyttelse og fordøjelig energi (tørstofbasis) hos rotter fodret med de forskellige majsmel**

Majsmateriale	Hel	Hel + Lys, Trp <sup>d)</sup>	Afskallet + Sigtet			Afkimet
			Partikelstørrelse	<340 $\mu$	<840 $\mu$	
Tilvækst (g/9 dage) .....	15.2 <sup>a</sup>	21.3 <sup>b</sup>	15.4 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	8.5 <sup>c</sup>
Sand proteinfordøjelighed (%) .....	95.6 <sup>a</sup>	95.4 <sup>a</sup>	97.7 <sup>a</sup>	97.6 <sup>a</sup>	96.4 <sup>a</sup>	101.1 <sup>b</sup>
Biologisk værdi (%) .....	61.7 <sup>bc</sup>	78.4 <sup>d</sup>	68.6 <sup>c</sup>	60.3 <sup>ab</sup>	53.6 <sup>a</sup>	54.1 <sup>ab</sup>
Nettoproteinudnyttelsen (%) .....	58.9 <sup>a</sup>	74.8 <sup>c</sup>	67.0 <sup>b</sup>	58.9 <sup>a</sup>	51.7 <sup>a</sup>	54.7 <sup>a</sup>
Udnyttelig protein (g/100g) .....	5.8 <sup>bc</sup>	7.4 <sup>d</sup>	5.9 <sup>c</sup>	5.6 <sup>bc</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>
Fordøjelig energi (%) .....	89.9 <sup>a</sup>	89.4 <sup>a</sup>	95.3 <sup>c</sup>	95.1 <sup>c</sup>	93.0 <sup>b</sup>	95.8 <sup>c</sup>
Fordøjelig energi (kJ/g) .....	16.9 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a</sup>	18.1 <sup>c</sup>	17.9 <sup>c</sup>	17.4 <sup>b</sup>	17.5 <sup>b</sup>

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

<sup>d)</sup> Der blev tilsat 2.0g L-lysin, HCl og 0.5g L-tryptofan/kg diæt.

**Tabel 4. Zinkbalance ( $\mu$ g/5 dage) hos rotter fodret med de forskellige majsmel**

Majsmateriale	Hel	Hel + Lys, Trp <sup>d)</sup>	Afskallet + Sigtet			Afkimet
			Partikelstørrelse	<340 $\mu$	<840 $\mu$	
Indtaget ( $\mu$ g) .....	1017 <sup>a</sup>	1025 <sup>a</sup>	970 <sup>a</sup>	978 <sup>a</sup>	728 <sup>b</sup>	235 <sup>c</sup>
Fæces ( $\mu$ g) .....	733 <sup>a</sup>	757 <sup>a</sup>	782 <sup>a</sup>	760 <sup>a</sup>	577 <sup>b</sup>	130 <sup>c</sup>
Urin ( $\mu$ g) .....	45	41	40	42	55	26
Tilsyneladende absorption ( $\mu$ g) ..	285 <sup>a</sup>	269 <sup>a</sup>	188 <sup>abc</sup>	218 <sup>ab</sup>	158 <sup>bc</sup>	88 <sup>c</sup>
Tilsyneladende absorption (%) .....	28 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	40 <sup>b</sup>
Tilsyneladende retention ( $\mu$ g) .....	242 <sup>a</sup>	235 <sup>a</sup>	148 <sup>ab</sup>	176 <sup>ab</sup>	103 <sup>b</sup>	61 <sup>b</sup>
Tilsyneladende retention (%) .....	24 <sup>ab</sup>	23 <sup>ab</sup>	15 <sup>b</sup>	18 <sup>ab</sup>	14 <sup>b</sup>	28 <sup>a</sup>

det afkimedede mel. Medens den tilsyneladende absorption og retention af zink således var højest hos rotter fodret med hel majsmel, var den procentiske absorption af zink højest hos det hold, der fik det afkimedede mel. Aminosyretilsætningen havde ingen effekt på hverken den totale udskillelse eller på den tilsyneladende absorption eller retention af zink.

Mineralstofindholdet i lårbensknoglerne er vist i tabel 5. Zinkkoncentrationen var højest hos rotter fodret med den grove fraktion og lavest hos rotter fodret med hel majs. Calcium og fosforkoncentrationen i knoglen var uafhængig af hvilken type mel, der blev fortæret.

**Table 5. Mineralstofindholdet i lårbensknoglen fra rotter fodret med de forskellige majs mel**

Majsmateriale Partikelstørrelse	Hel	Hel + Lys, Trp <sup>0</sup>	Afskallet + Sigtet			Afkimet
			<340 $\mu$	<840 $\mu$	500-1000 $\mu$	
Tørvægt af lårbensknoglen (mg) . . .	134 <sup>a</sup>	149 <sup>b</sup>	136 <sup>a</sup>	131 <sup>a</sup>	131 <sup>a</sup>	129 <sup>a</sup>
Zink (ppm) . . . . .	187 <sup>a</sup>	187 <sup>a</sup>	200 <sup>ab</sup>	210 <sup>ab</sup>	215 <sup>b</sup>	199 <sup>ab</sup>
Kalcium (mg/g) . . . . .	150	151	146	146	146	146
Fosfor (mg/g) . . . . .	93.4	91.4	93.4	93.9	92.5	92.5
Ca:P . . . . .	1.61	1.64	1.56	1.55	1.58	1.58

**Diskussion og konklusion**

Den kemiske sammensætning af de forskellige mel af majs er stærkt afhængig af til hvilken grad kildet og kimen er fjernet. Kimen har et højt indhold af fedt og protein og indeholder endvidere størstedelen af mineralstofferne i majs-kernen. Herved får afkimet mel et meget lavt indhold af de enkelte mineraler og fedt.

Kimen indeholder langt mere lysin og tryptofan end endospermen, og da kimen indgår i den fine fraktion, vil den biologiske værdi af proteinet i denne fraktion være langt højere end i den grove fraktion, hvor proteinet hovedsagelig udgøres af zein. Det store positive udslag for tilsætning af lysin + tryptofan viser helt klart, at disse to aminosyrer er de første begrænsede faktorer i majsprotein. Fordøjeligheden af energi såvel som af protein aftog med stigende indhold af fibre (NDF), men det skal understreges, at indholdet af fordøjelig energi i de forskellige melyper kun varierede lidt.

Mineralstofindholdet i majs er gennemgående lavere end i de øvrige kornarter. Endvidere er mineralstofferne samt fytinsyren stærkt koncentreret i kimen, hvorfor de forskellige melypers indhold af mineralstoffer samt fytinsyre vil være direkte afhængig af, om kimen indgår i den pågældende fraktion. Det skal bemærkes, at rotter, som fik hel majs fortærede mest zink, men samtidig havde den laveste zinkkoncentration i lårbens-

knoglen. Dette indikerer en lav udnyttelse af zink fra hel majs, hvilket kan skyldes det høje fytinsyreindhold. På den anden side var zinkudnyttelsen hos rotter, der fik de afskallede og sigtede fraktioner, ikke negativt påvirket af det samme fytinsyreindhold. Dette indikerer en vekselvirkning mellem fibre og fytinsyre med hensyn til zinkudnyttelsen, hvilket også er fundet i udenlandske forsøg.

Den tilsyneladende retention af zink var også højest hos rotter, der fik hel majs, men til trods for dette havde disse rotter den laveste zinkkoncentration i lårbensknoglen. Lignende resultater er fundet i forsøg med byg og ris. En mulig forklaring på disse forhold er, at absorberede spaltningsprodukter fra fytinsyre påvirker fordelingen og zinkaflejringen i organismen. Det skal endvidere påpeges, at zinkindholdet i lårbensknoglen hos rotter, der fik afkimet majs mel, var normal til trods for det lave zinkindhold i dette mel. Dette skyldes formodentlig, at disse rotter havde en lav tilvækst – og dermed et lavt behov – samt at zink fra afkimet mel absorberes let.

Afslutningsvis kan siges, at indhold og tilgængelighed af de enkelte næringsstoffer i majs mel er stærkt afhængig af, hvilke botaniske komponenter melet indeholder. Dette indikerer, at biprodukter fra majs, der anvendes som husdyrfoder, vil have en meget varierende næringsværdi.