



29. JULI

NR. 501

Muligheder for kvalitetsforbedring af dobbeltlave raps ved varmebehandling og afskalning

Nils Bille¹, Bjørn O. Eggum², Ingeborg Jacobsen², Ole Olsen³ og Hilmer Sørensen³

¹ Afdelingen for Almindelig Anatomi og Patologisk Anatomi, KVL

² Afdelingen for Dyrefysiologi, Biokemi og Analytisk Kemi, SH

³ Kemisk Institut, KVL

Resultaterne fra den foreliggende serie forsøg viser, at dobbeltlave raps har en fortrinlig næringsværdi og en biologisk værdi på højde med kasein tilsat methionin. De anvendte partier af både Erglu og Candle rapsfrø har dog et glucosinolatindhold, der giver anledning til ernæringsmæssige og toksikologiske problemer. Problemerne er imidlertid langt mindre end de vanskeligheder, der opstår ved anvendelse af vinterraps, der har et højt glucosinolatindhold. Resultaterne viser, at varmebehandling er en metode til inaktivering af myrosinaseenzymerne og dermed afhjælpning af problemer forårsaget af glucosinolater og/eller glucosinolatprodukter. En varmebehandling ved 100°C i 10 min. eliminerede helt rapsens uheldige effekt på leverens størrelse samtidig med, at rapsens høje proteinkvalitet kunne bevares. Der blev endvidere fundet forskelle i relative mængder af de enkelte glucosinolater i de to undersøgte rapssorter.

Sinapinindholdet blev reduceret lidt ved varmebehandlingen, men samtidig blev der dannet andre sinapinderivater, og betydningen heraf er ikke afklaret. Det skal i øvrigt nævnes, at sorter af dobbeltlave raps har et indhold af phenoliske cholinestre, specielt sinapin, der er på samme niveau som i rapssorter med et højt indhold af glucosinolater. Det er muligt, at disse stoffer er årsagen til de ofte registrerede problemer med afsmag i animalske produkter (æg, mælk, kød), når der anvendes relativt høje koncentrationer af rapsskrå i foderet, men eksperimentel afklaring af dette problem mangler.

Indledning

Den uheldige ernæringsmæssige og fysiologiske effekt af glucosinolater og/eller deres nedbrydningsprodukter er velkendt. Disse problemer er imidlertid ikke helt klarlagt på grund af

den komplekse natur af glucosinolatnedbrydningen, som kan foregå både enzymatisk og non-enzymatisk. Det enzymkompleks – myrosinaserne – der katalyserer spaltningen af de intakte glucosinolater, er varmfølsomt. Derfor er det søgt at

begrænse den uheldige effekt af glucosinolater ved en varmebehandling af rapsskråen inden opfodringen.

Der er i dag dobbeltlave rapssorter på markedet, hvor indholdet af glucosinolater i frøene er meget lavt. Nyere forsøg med flere af disse sorter viser dog, at der stadigvæk kan være ernæringsfysiologiske problemer forbundet med anvendelse af raps i foderet.

Det foreliggende arbejde tog sigte på at belyse mulighederne for en yderligere kvalitetsforbedring af dobbeltlave raps ved varmebehandling eller afskalning. Efter den tekniske behandling blev rapsprøverne analyseret for en række kvalitetsmæssige størrelser bl.a. intakte glucosinolater, cholinestre, aktiviteten af myrosinase, træstof og aminosyrer. Næringsværdien af rapsmelet blev undersøgt i N-balanceforsøg med rotter, og der blev foretaget patologiske og histologiske undersøgelser på forskellige organer fra dyrene ved forsøgets afslutning. Endvidere blev der analyseret for glucosinolater i tarmindhold.

Materialer og metoder

To dobbeltlave rapssorter Erglu og Candle, dyrket i Danmark, blev benyttet i forsøget. Prøver af Erglu blev afskallet, ekstraheret og udsat

for forskellige varmebehandlinger, medens Candle blev givet kun som skrå og frø. En kort beskrivelse af prøverne er givet i tabel 1. De benyttede kemiske analyser er beskrevet af Bille et al. (1983), medens rotteforsøgene blev gennemført efter SHs sædvanlige teknik.

Resultater og diskussion

I tabel 2 ses resultaterne fra de kemiske analyser. Det fremgår, at rapsprodukterne alle har et ret højt træstofindhold (14.4% i skrå), men afskalning reducerede dette niveau til 5-6%. Afskalningen bevirkede endvidere, at proteinindholdet steg fra ca. 40 til 50% i det ekstraherede mel.

Tabel 2. Kemisk sammensætning (% , tørstofbasis) i de 12 prøver

Prøve	Protein	Fedt	LHK	Træstof	Aske
1	89.2	0.3	5.3	—	3.1
2	23.5	48.3	7.9	8.7	4.7
3	24.8	58.5	5.0	5.7	3.4
4	39.6	4.1	10.4	14.4	7.8
5	51.9	6.8	11.2	6.1	7.1
6	51.7	7.1	11.1	5.6	7.2
7	52.0	6.4	11.1	5.8	7.2
8	52.3	5.7	11.4	6.3	7.4
9	15.6	14.9	4.7	27.3	5.7
10	22.2	41.4	7.8	7.4	4.0
11	40.2	5.2	13.4	11.7	8.8
12	36.5	15.1	10.8	15.2	5.4

Tabel 1. Oversigt over de 12 undersøgte prøver

1. Kasein tilsat 1% methionin (standard hold)
2. Erglu frø
3. Erglu frø, afskallet
4. Erglu skrå, ekstraheret med hexan ved 55°C
5. Erglu skrå, afskallet og ekstraheret med hexan ved 55°C
6. Som 5, men varmebehandlet i 10 min. ved 100°C
7. Som 5, men varmebehandlet i 20 min. ved 100°C
8. Som 5, men varmebehandlet i 30 min. ved 100°C
9. Skaller fra Erglu frø
10. Candle frø
11. Candle skrå, ekstraheret med hexan ved 55°C
12. Erglu skrå, ekstraheret med diethylether, Soxhlet

Tabel 3. Koncentrationen af sinapin i de 12 prøver samt i tarmindhold og fæces fra rotter med 26% rapsskrå i foderet

Prøve	Sinapin ($\mu\text{mol}/150 \text{ mg N}$)	Prøver fra	Sinapin ($\mu\text{mol}/\text{g}$)
1	—	Foder	5.9
2	69.9	Mave	2.2
3	81.0	Tyndtarm	1.6
4	83.1	Blindtarm	0.4
5	69.7	Tyktarm	0.3
6	68.0	Fæces	0.1
7	61.0		
8	57.9		
9	6.6		
10	58.6		
11	50.6		

Af tabel 3 fremgår det, at indholdet af sinapin er ret højt i samtlige prøver undtagen i skallerne. Det ses dog, at sinapinindholdet i de forskellige tarmafsnit er meget lavt, hvilket viser, at sinapin enten er spaltet i fordøjelseskanaalen eller absorberet. De lave værdier i fæces støtter denne antagelse. Den »fiskeagtige« afsmag, der er rapporteret i animalske produkter kan eventuelt stamme fra sinapin. Varmebehandlingen af rapsskråen resulterede i en beskedent reduktion i indholdet af intakte glucosinolater. Skalfractionen indeholdt de samme glucosinolater som melet, men i en betydelig lavere koncentration. Det totale indhold af glucosinolater var stort set ens i Erglu og Candle, mens det relative indhold af de enkelte glucosinolater var forskelligt.

Ekstraherede prøver forventes at have et me-

tivitet i de ekstraherede ikke-varmebehandlede prøver. Myrosinaseaktiviteten var generelt mindre i prøver fra Candle end fra Erglu.

Proteinkvaliteten i samtlige prøver, på nær skallerne, var ualmindelig god, som det ses af de biologiske data fra rottforsøgene (tabel 6). Dette skyldes, at raps har et højt indhold af aminosyrerne lysin, treonin og methionin + cystin (tabel 6).

For flere af rapsprøverne var BV på højde med BV i kasein tilsat methionin, medens SF værdierne var markant lavere end for kasein. SF varierede fra 84.9 til 91.2% med undtagelse af skaller, hvor proteinet kun fordøjedes med 39.1%. Afskalningen bevirkede en stigning i SF. Prøverne 2 og 4 havde en markant lavere fordøjelighed end prøverne 3, 5, 6, 7 og 8. Det ses også, at den anvendte varmebehandling kun havde minimal

Tabel 4. Koncentrationen af kvantitativt vigtige glucosinolater ($\mu\text{mol/g}$) i de undersøgte rapsprøver

Prøve	Glucouapin	Glucobrassika-napin	Progoi-trin	Napole-iferin	Gluco-nasturitiin	Sinal-bin	Total
2	2.00	1.09	4.80	0.32	0.12	3.12	11.45
3	2.01	1.25	4.72	0.69	0.52	3.02	12.21
4	2.03	1.06	4.68	0.65	0.31	0.10	8.83
5	3.17	1.64	7.27	0.95	0.79	5.20	19.02
6	3.09	1.65	7.25	0.96	0.84	4.91	18.70
7	2.88	1.48	6.86	0.92	0.84	5.42	18.40
8	2.73	1.44	6.51	0.88	0.84	4.14	16.54
9	0.84	0.67	2.28	0.35	0.71	0.26	5.11
10	2.40	1.72	3.27	0.85	0.77	1.07	10.10
11	2.94	2.01	4.09	0.90	0.90	2.13	12.96
12	2.28	0.74	5.02	0.50	0.42	spor	8.96

get højere indhold af intakte glucosinolater, som det blev fundet for prøverne 5–8, men ikke for 4, 11 og 12. I prøverne 4 og 12 blev der fundet en betydelig reduktion i indholdet af sinalbin i modsætning til i prøve 11. I analyser fra indholdet i mave-tarmkanaalen blev der kun fundet små mængder af intakte glucosinolater i tyndtarmsindholdet, hvilket indikerer, at glucosinolaterne enten absorberes eller spaltes i den øverste del af fordøjelseskanaalen.

Af tabel 5 fremgår det, at myrosinaseaktiviteten var 0 i alle varmebehandlede prøver samt i skallerne. Der var også en lavere myrosinaseak-

Tabel 5. Myrosinaseaktiviteten ($\mu\text{mol produkt/min/mg protein}$) i prøverne 2–12

Prøve	Enheder myrosinase
2	$50 \cdot 10^{-3}$
3	$59 \cdot 10^{-3}$
4	$36 \cdot 10^{-3}$
5	$41 \cdot 10^{-3}$
6	0
7	0
8	0
9	0
10	$5.9 \cdot 10^{-3}$
11	$0.4 \cdot 10^{-3}$
12	$45 \cdot 10^{-3}$

Table 6. Proteinkvaliteten i prøverne 1 til 11

Prøve	Lysin (g/16 g N)	Treonin (g/16 g N)	Methionin+cystin (g/16 g N)	SF (%)	BV (%)	NPU (%)	UP ²⁾ (%)
1	8.27	4.33	5.80 ¹⁾	100.5	87.6	87.9	78.4
2	5.90	4.35	4.45	86.8	92.9	80.7	18.9
3	5.49	4.09	4.44	91.2	89.2	81.5	20.2
4	5.72	4.51	4.04	84.9	86.0	73.0	28.9
5	5.54	4.20	4.50	91.1	88.8	80.9	42.0
6	5.42	4.23	4.61	91.0	87.0	79.1	40.9
7	5.50	4.20	4.43	90.1	87.5	78.9	41.0
8	5.41	4.19	4.47	91.1	84.8	77.2	40.8
9	6.35	5.47	3.77	39.1	90.1	35.3	5.5
10	5.98	5.47	4.39	86.7	84.8	73.6	16.4
11	5.87	4.60	4.33	85.0	90.3	76.8	30.9

¹⁾ Tilsat methionin; ²⁾ UP = Udnyttelig protein (protein × NPU/100).

effekt på de biologiske data, omend BV, NPU og UP blev svagt reduceret med stigende varmebehandling.

Af tabel 7 ses det, at rotternes vægt gennemgående var signifikant lavere hos rotter, der fik raps sammenlignet med kontrolholdet. Dette var specielt udtalt for rotter, der fik skaller, hvilket tydeligt viser, at energien i skaller var meget tungt omsættelige. Levervægten var signifikant højere hos dyr, der fik de ubehandlede rapsprøver, prø-

verne 2, 3 og 10, men prøve 5 gav også anledning til en forøget levervægt. De stoffer, som giver anledning til en forstørrelse af leveren er åbenbart ikke lokaliseret i rapsfrøets skal, idet anvendelse af prøverne 3 og 5 forårsagede de største levervægte udtrykt i mg lever/g rotte sammenlignet med, at rotter fodret med skaller havde en normal leverstørrelse. Ved anvendelse af prøver med lav eller ingen myrosinaseaktivitet (6, 7, 8, 11) fandtes ingen forøgelse af levervægten. Dette kunne indikere, at de intakte glucosinolater i kombination med myrosinase har forårsaget en effekt på leverens størrelse.

En yderligere undersøgelse med 26% rapsskrå i foderet til rotterne viste, at både lever og skjoldbruskkirtler blev signifikant forstørret, mens størrelsen af nyrer, binyrer og testikler ikke var påvirket. En histologisk undersøgelse af de anførte organer viste, at der var markante patologiske forandringer i skjoldbruskkirtlerne, medens ingen signifikante forandringer kunne observeres i de øvrige undersøgte organer.

Table 7. Gennemsnitsvægte for hele dyrene samt leveren

Prøve	Levende vægt (g)	Levervægt (g)	Lever/g rotte (mg)
1	95.3	4.31	45.3
2	93.3	4.89 ^{a)}	52.5 ^{a)}
3	85.1 ^{a)}	4.88	57.2 ^{a)}
4	90.3 ^{a)}	4.53	50.2
5	91.4	5.35 ^{a)}	58.6 ^{a)}
6	87.4 ^{a)}	3.57 ^{a)}	40.8 ^{a)}
7	86.8 ^{a)}	3.80 ^{a)}	43.8
8	86.8 ^{a)}	3.77 ^{a)}	43.5
9	71.2 ^{a)}	3.29 ^{a)}	46.3
10	82.5 ^{a)}	4.54	54.9 ^{a)}
11	84.0 ^{a)}	3.57 ^{a)}	42.5

^{a)} Signifikant (P < 0.05) forskellige fra værdierne i kontrolholdet, 1.

Litteratur

Bille, N.; Eggum, B. O.; Jacobsen, I.; Olsen, O.; Sørensen, H.; Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelk. 49, 148-163.