

# 449. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsøg

---

M. Gaardbo Thomsen, B. O. Eggum, A. Madsen og  
H. P. Mortensen

Statens Husdyrbrugsforsøg

E. Jacobsen, Bioteknisk Institut

J. Schou, A/S N. Foss Electric

B. Viuf, Statens Foderstofkontrol

## Farvebindingsmåling anvendt på foder- blandinger



---

I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,  
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1977



## Forord

Gennem de senere år har behovet for hurtige og enkle metoder til bestemmelse af foderets proteinindhold og proteinkvalitet været stigende, idet sådanne bestemmelser er af afgørende betydning for en hensigtsmæssig udnyttelse af proteinet.

Farvebindingsmetoden eller DBC-måling synes at være velegnet til at opfylde dette behov. For at øge kendskabet til metodens reproducerbarhed mellem forskellige laboratorier og for at sammenligne metodens resultater med resultater fra andre kemiske målinger og med biologiske værdier indledtes et samarbejde mellem følgende parter: Statens Husdyrbrugsforsøg, Bioteknisk Institut, A/S N. Foss Electric og Statens Foderstofkontrol.

I beretningen er givet en udførlig omtale af metoden, undersøgelsesernes omfang samt de fundne resultater. Beretningen er skrevet af vid.ass., lic. agro. M. Gaardbo Thomsen i samarbejde med de øvrige medlemmer af projektgruppen.

De statistiske beregninger er udført på NEUCC, og agronom Henry Jørgensen har medvirket ved beregningernes gennemførelse.

oktober 1976.

J. Fris Jensen

## INDHOLDSFORTEGNELSE

|   |    |
|---|----|
| Forord .....  | 3  |
| Sammendrag .....                                    | 5  |
| Summary .....                                       | 5  |
| Indledning .....                                    | 6  |
| DBC-målingernes kemiske grundlag .....              | 7  |
| Foreliggende undersøgelser .....                    | 8  |
| Prøvematerialets oprindelse .....                   | 8  |
| Sammenligning af laboratoriernes DBC-målinger ..... | 9  |
| Undersøgelser af rottefoderblandinger .....         | 10 |
| Undersøgelser af svinefoderblandinger .....         | 14 |
| Undersøgelser af fjerkræfoderblandinger .....       | 19 |
| Konklusion .....                                    | 22 |
| Litteratur .....                                    | 22 |

## Sammendrag

Tre laboratorier udførte DBC-målinger på i alt 121 forskellige forsøgsblandinger, hvoraf 58 var rotteblandinger, 33 svineblandinger og resten fjerkræblandinger.

Der blev fundet en statistisk sikker niveauforskel mellem laboratoriernes DBC-målinger på alle tre kategorier af blandinger, men i intet tilfælde udgjorde denne forskel mere end 5-6% på gennemsnitsbasis, hvilket må anses for at være acceptabelt i sammenligning med usikkerheden på andre analysemetoder laboratorier imellem.

Kornprøvernes BV og NPU, målt på rotter, er begge korreleret med DBC-målingerne, og her fandtes den bedste korrelation mellem NPU og DBC. Både svine- og fjerkræblandingerne viste en bedre korrelation mellem DBC og mMol basiske aminosyrer end mellem DBC og råproteinindholdet. Såvel grisenes som kyllingernes tilvækst var i højere grad korreleret med DBC-målingerne end med råproteinindholdet.

## Summary

The dye-binding capacity method was performed at three laboratories on 121 different diets, 58 for rats, 33 for pigs and 30 for poultry.

There were obtained statistically significant differences on all three groups of diets on the DBC-measurements between the three laboratories. However, in no case the differences between laboratories made out more than 5-6% on the average values. This is considered to be a reasonable agreement when compared with other interlaboratory analysis.

Biological value (BV) and net protein utilization (NPU) of cereal samples determined in experiments with rats were correlated with DBC-measurements. The best relationship was found between NPU and DBC. Diets for pigs as well as for poultry showed a higher agreement between DBC and mMol basic amino acids than between DBC and crude protein content. Daily gain for pigs and chickens were higher correlated with DBC-measurements than the crude protein content.

## Indledning

I årtier har det været således, at et fodermiddels proteinværdi blev udtrykt ved indholdet af enten råprotein, renprotein eller fordøjeligt renprotein. I de sidste 10-15 år er disse proteinværdikriterier ofte blevet suppleret med angivelse af indholdet af en eller flere aminosyrer. Bestemmelse af proteinindholdet efter Kjeldahl-metoden og ikke mindst bestemmelse af aminosyreindholdet ved anvendelse af ionbytningskromatografi er imidlertid kostbare og arbejdskrævende analyser. Disse analyser er derfor ikke særlig hensigtsmæssige at anvende i en løbende produktionskontrol eller som sorteringsanalyser. Den enklere og billigere farvebindingsmetode (DBC-metode, hvor DBC = dye-binding capacity) tilfredsstiller derimod i langt højere grad det behov, der er for en billig og hurtig analysemetode. Det er derfor ikke overraskende, at DBC-metoden i stigende grad benyttes af såvel foderstofindustrien som planteforædlere.

Skal DBC-målingerne have almen gyldighed som udtryk for et fodermiddels eller en foderblandings proteinværdi, er en af betingelserne, at disse målinger kan reproducere fra laboratorium til laboratorium. Bortset fra 2 undersøgelser, hvor forskellige fiskemelspartiers DBC-målinger blev sammenlignet mellem 5 laboratorier (Jacobsen et al., 1972; Jørgensen et al., 1973), foreligger der tilsyneladende ikke nogen undersøgelser, der direkte tager sigte på at belyse metodens reproducerbarhed laboratorier imellem. Det vil imidlertid også være interessant at få nærmere belyst, i hvor høj grad DBC, målt på foderblandinger, lader sig reproducere fra laboratorium til laboratorium. Der blev derfor etableret et samarbejde mellem Statens Husdyrbrugsforsøg, Bioteknisk Institut, A/S N. Foss Electric og Statens Foderstofkontrol med henblik på at belyse dette forhold.

Et andet og lige så vigtigt formål var, i den udstrækning materialet tillod det, at sammenligne farvebindingsmålingerne med andre kemiske og biologiske kriterier for en foderblandings proteinindhold og proteinkvalitet.

## DBC-målingernes kemiske grundlag

DBC-metoden er baseret på det forhold, at et proteinstof, anbragt i surt miljø, reagerer med visse sure farvestoffer – som f.eks. azofarvestoffer – og udfældes som et protein-farve-komplex. Denne reaktion skyldes, at proteinets frie basiske grupper i det sure miljø antager en positiv ladning, og derved bliver disse grupper i stand til at indgå i en elektrovalent forbindelse med farvestoffets sure sulfongrupper. Ved denne reaktion dannes et uopløseligt protein-farve-komplex, som udfældes. De basiske grupper i et proteinstof stammer fra de basiske aminosyrerester: lysin, histidin og arginin samt de endestillede aminogruupper i molekylernes peptidkæder. Under forudsætning af ideel støkiometrisk reaktion indebærer dette, at der udfældes en ækvivalent mængde af farvestof for hver molekyle proteinbundet-lysin, -histidin og -arginin, der har sin basiske gruppe i sidekæden fri. Hertil skal naturligvis også lægges, at der udfældes en ækvivalent mængde af farvestof for hver endestillet frie aminogruppe i proteinmolekylerne. Ser man bort fra den mængde farvestof, der bindes af proteinets endestillede, frie aminogruupper – under praktiske forhold en ret konstant og harmløs mængde – vil det aflæste antal ækvivalenter farve, der er bundet, være et udtryk for, hvor mange Mol proteinbundne basiske aminosyrer med en fri basisk gruppe prøven har indeholdt. Sagt på en anden måde, så skulle DBC-metoden i bedste fald måle et prøvematerials indhold af proteinbundne basiske aminosyrer, hvis basiske grupper i sidekæderne er frie.

De grundlæggende principper for DBC-målingerne, som de praktiseres i dag, blev udarbejdet af Fraenkel-Conrat og Cooper (1944). Disse forfattere anvendte metoden til at bestemme antallet af basiske grupper i forskellige proteinstoffer. Senere blev Fraenkel-Conrat og Cooper's metode modificeret, så den kunne anvendes til at bestemme proteinindholdet i formalet hvede (Udy, 1954, 1956). De nævnte forfattere har alle benyttet farvestoffet »acid orange 10«. Dette farvestof reagerer imidlertid forholdsvis langsomt med proteinstofferne og er derfor ikke så velegnet til fuldautomatiserede rutinebestemmelser (Lakin, 1973). På de fleste laboratorier, hvor DBC-målinger udføres rutinemæssigt, anvender man nu det mere reaktionsdygtige farvestof »acid orange 12« (f.eks. Mossberg, 1966, 1969; Jacobsen, 1976).

Anvendelse af det mere reaktionsdygtige farvestof »acid orange 12« medfører desværre også, at andre fysisk-kemiske kræfter i lidt højere grad bidrager til farvestoffets udfældning, hvorfor der ikke længere er tale om en ren støkiometrisk udfældning af farvestoffet. Den vigtigste effekt af disse »andre« fysisk-kemiske kræfter formodes at være en adsorption af farvestoffet på det udfældede protein-farve-komplex. Adsorptionens omfang afhænger af farvestoffets restkoncentration, hvilket medfører, at farvebindingskapaciteten pr. kg prøve foruden at variere med koncentrationen af basiske aminosyrer også kommer til at variere med prøvestørrelsen (Munck, 1976). For at få sammenlig-

nelige resultater må analyseproceduren derfor standardiseres, så restkoncentrationen bliver den samme, eller også må der korrigeres for forskel i restkoncentrationen. Jacobsen (1976) foreslår en aflæsningskala, der automatisk korrigerer til samme restkoncentration. Også visse andre højmolekylære stoffer som f.eks. stivelse og træstof binder noget af farvestoffet gennem en ren fysisk reaktion. Det er da også velkendt, at mMol farve, bundet pr. kg, – især i stivelses- og træstofholdigt materiale – ligger noget over indholdet af mMol basiske aminosyrer pr. kg. Stoffer som klorofyl og tannin har af Lakin (1973) også været nævnt som mulige emner, der kan influere på DBC-målingerne.

Da farven ikke bundfældes, når den reagerer med små proteinmolekyler, peptider og frie aminosyrer, er DBC-metoden ikke direkte egnet til produkter, der har været udsat for en forskellig grad af hydrolyse. Af samme årsag kan DBC-metoden ikke registrere tilsatte syntetiske aminosyrer. Derimod skulle metoden kunne registrere en for kraftig varmebehandling af et foderstof, hvis dette har medført, at en større eller mindre del af de basiske grupper i proteinet har reageret med nogle af foderstoffets øvrige ingredienser og dermed reduceret farvebindingskapaciteten i materialet (Mossberg, 1966).

## Foreliggende undersøgelser

### Prøvematerialets oprindelse

Der var ingen forsøgsfaciliteter eller økonomiske midler til rådighed til at muliggøre gennemførelse af forsøg med det direkte formål at sammenligne DBC-målinger med andre kemiske og biologiske mål for proteinværdi. Det materiale, der ligger til grund for de foreliggende DBC-målinger, stammer derfor fra forsøgsblandinger, der blev benyttet til igangværende forsøg på afdeling for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi, afdeling for forsøg med svin og heste samt afdeling for forsøg med fjerkræ. Prøverne blev indsamlet i perioden marts-oktober 1975, og naturligvis blev kun udtaget prøver af de forsøgsfoderblandinger, der var relevante for nærværende undersøgelse.

I alt undersøgtes 58 rotteforsøgsfoderblandinger, der var sammensat således, at proteinindholdet kom til at ligge på ca. 9%. Til gengæld var proteinkilden af vidt forskellig oprindelse og kvalitet.

De 33 svineforsøgsfoderblandinger, der blev inddraget i undersøgelsen, var alle fremstillet af en byg- eller hvedevariant, suppleret med forskellige mængder sojaskrå og i visse tilfælde også med essentielle aminosyrer. I modsætning til rotteforsøgsfoderblandingerne var der en betydelig variation i svineforsøgsfoderblandingerne proteinindhold – fra ca. 10% til ca. 20%. Der var også betydelige variationer i svineforsøgsfoderblandingerne proteinkvalitet bl.a. på grund af en varierende proteinkvalitet i byg- eller hvedevarianterne og



tilskuddet af essentielle aminosyrer. Nævnte blandinger er benyttet i forskellige forsøg på svineforsøgsstationen »Sjælland II«, Roskilde.

Der blev i alt undersøgt 30 fjerkræforsøgsfoderblandinger, der, som det også kendes fra praksis, var mere sammensatte end svineforsøgsfoderblandingerne. De 6 af forsøgsfoderblandingerne var æglægningsfoderblandinger og resten slagtekyllingefoderblandinger. Alle fjerkræfoderblandingerne blev fremstillet ved lineær programmering, hvilket bl.a. vil sige, at de dækkede en bestemt procentdel af aminosyrebehovet. Derfor må antages, at der ikke er nogen udpræget forskel på proteinkvaliteten i disse blandinger; proteinindholdet varierede derimod fra ca. 13% til 24%.

### Sammenligning af laboratoriernes DBC-målinger

Fra hver af de ovennævnte forsøgsfoderblandinger blev der udtaget en prøve, som blev neddelt i tre portioner og umiddelbart derefter sendt til DBC-målinger på pro-Meter Mk II på henholdsvis Bioteknisk Institut (BI), Statens Foderstofkontrol (SF) og A/S N. Foss Electric (FE). De samme forsøgsblandinger blev desuden af FE analyseret for råproteinindhold på et Kjel-Foss apparat.

For hvert laboratorium blev beregnet en gennemsnitsværdi af DBC-målingerne på henholdsvis rotte-, svine- og fjerkræforsøgsfoderblandingerne. Resultaterne af disse beregninger er anført i tabel 1 sammen med de beregnede gennemsnitsværdier af DBC-målingerne på alle forsøgsfoderblandinger.

**Tabel 1. DBC-målinger i foderblandinger, mMol pr. kg**  
*Table 1. DBC-Estimations in Diets, mMol per kg*

|  | Laboratorium<br><i>Laboratory</i> |       |       |
|--|-----------------------------------|-------|-------|
|  | A                                 | B     | C     |
| Gns. af rottefoderblandingerne .....   | 79,9                              | 78,2  | 82,6  |
| Gns. af svinefoderblandingerne .....   | 136,0                             | 136,8 | 143,2 |
| Gns. af fjerkræfoderblandingerne ..... | 161,7                             | 164,8 | 166,3 |
| Gns. af alle foderblandinger .....     | 114,9                             | 115,1 | 119,3 |

Materialet, som ligger til grund for gennemsnitsværdierne i tabel 1, blev underkastet en variansanalyse. Denne analyse afslørede en signifikant forskel mellem laboratorierne, ( $P < 0,001$ ). I følge tabel 1 ser det ud til, at det især er C, der bidrager til denne forskel. Den forskel, der her er konstateret, er dog ikke større, end at den må anses for at være af ringe praktisk betydning.

For de 29 af fjerkræfoderblandingernes vedkommende blev variansanalysen udvidet til også at omfatte vekselvirkningen mellem prøver og laboratorier. I tabel 2 er opstillet et uddrag af denne variansanalyse.

**Tabel 2. Variansanalyse på DBC-målinger i fjerkræfoderblandinger**  
*Table 2. Analysis of Variance on DBC-Estimations in Poultry Diets*

| Variations-<br>årsag   | DF | Middel-<br>kvadrater | F-værdi | P <   |
|------------------------|----|----------------------|---------|-------|
| Source of<br>variation | DF | Mean<br>square       | F-value | P <   |
| Laboratorier           | 2  | 321,66               | 15,14   | 0,001 |
| Prøver                 | 28 | 4.255,83             | 200,27  | 0,001 |
| Laboratorier × prøver  | 56 | 21,25                | 3,20    | 0,001 |
| Rest                   | 87 | 6,63                 | -       | -     |

Variansanalysen i tabel 2 afslører igen en signifikant forskel mellem laboratorierne.

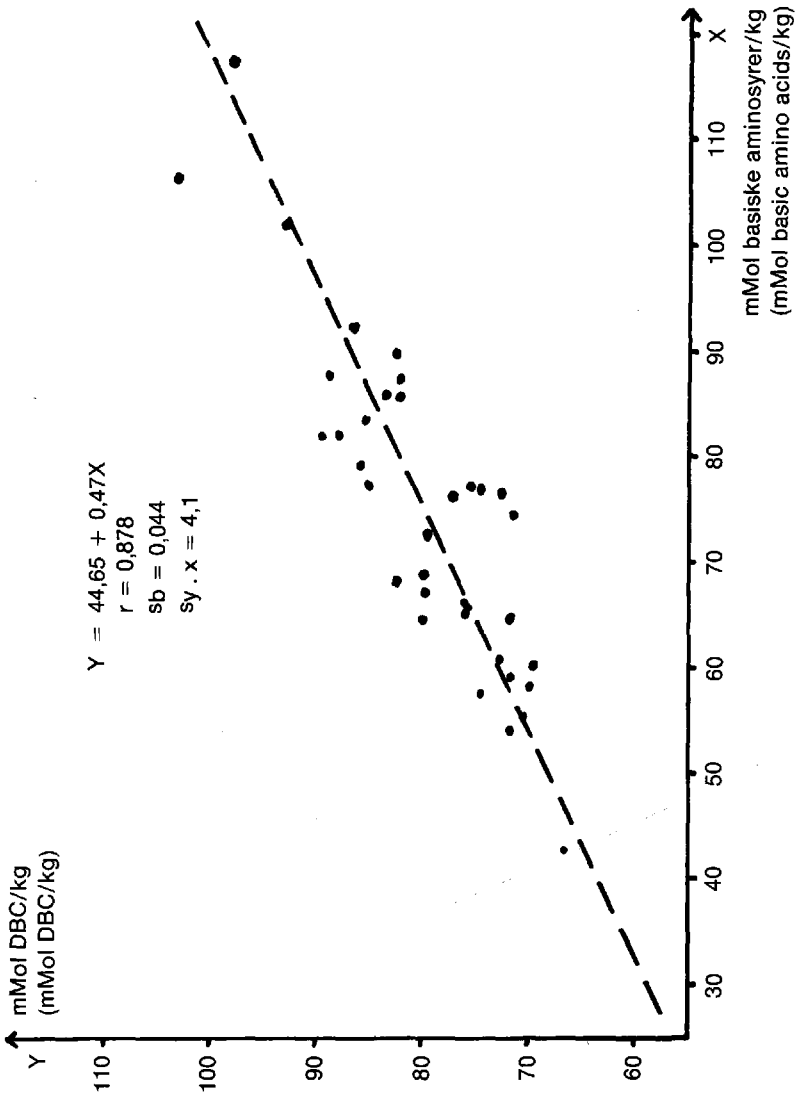
Den meget signifikante forskel på prøverne kan ikke overraske, eftersom proteinindholdet i disse har varieret fra ca. 13 til ca. 24%. Vekselvirkningen mellem laboratorier og prøver er også signifikant, men dette beror i høj grad på, at variationerne på dobbeltbestemmelserne inden for laboratorier har været meget små, hvilket bl.a. understreges af, at variationskoefficienten på laboratoriernes DBC-målinger i fjerkræfoderblandingerne ligger på 1,6%.

Alle tre laboratorier benyttede samme analyseprocedure og tog samme mængde farveopløsning og prøve i anvendelse ved analyseringen, men det har imidlertid ikke forhindre, at der er en mindre niveauforskel på laboratoriernes DBC-målinger – på gennemsnitsbasis højst 5-6% –. Hvad denne niveauforskel skyldes, er vanskeligt at indkredse, fordi det drejer sig om et samlet resultat af en række forskellige forhold, der måske hver for sig er uden betydning. Williams (1974) antyder således en lang række fejlkilder, der for de flestes vedkommende antagelig kan give anledning til, at der opstår små systematiske afvigelser på DBC-målingerne fra laboratorium til laboratorium. På lignende måde kan der naturligvis også påpeges en række muligheder for fejl ved udførelse af andre analyser, f.eks. råproteinbestemmelser. Den her observerede forskel på niveauet af laboratoriernes DBC-målinger er heller ikke større, end at man nemt kan komme ud for noget tilsvarende, hvis andre analyser blev sammenlignet fra laboratorium til laboratorium.

### Undersøgelser af rottefoderblandinger

Som nævnt i indledningen er DBC-målingerne sammenlignet med andre kemiske og biologiske kriterier for et fodermiddels proteinværdi. Figur 1 viser sammenhængen mellem mMol basiske aminosyrer pr. kg og mMol farve, bundet pr. kg.

**Fig. 1. Sammenhængen mellem basiske aminosyrer og DBC**  
*Relation between basic amino acids and DBC*



Der foreligger ikke aminosyrebestemmelser på alle rottefoderblandinger; regressionsligningen, der er vist i figur 1, er derfor kun beregnet på grundlag af målinger på de 36 af blandingerne. Den sammenhæng, der er beregnet her, er knap så god som nogle af dem, der tidligere er fundet ved lignende undersøgel-

ser (f.eks. Mossberg, 1969; Tallberg, 1976). Den sandsynligste forklaring er nok, at proteinkomponenten i rottefoderblandinger var af meget forskellig oprindelse.

I figur 2 er vist relationen mellem nettoproteinudnyttelsen (NPU) og DBC.

Fig. 2. Sammenhængen mellem NPU og DBC  
Relation between NPU and DBC

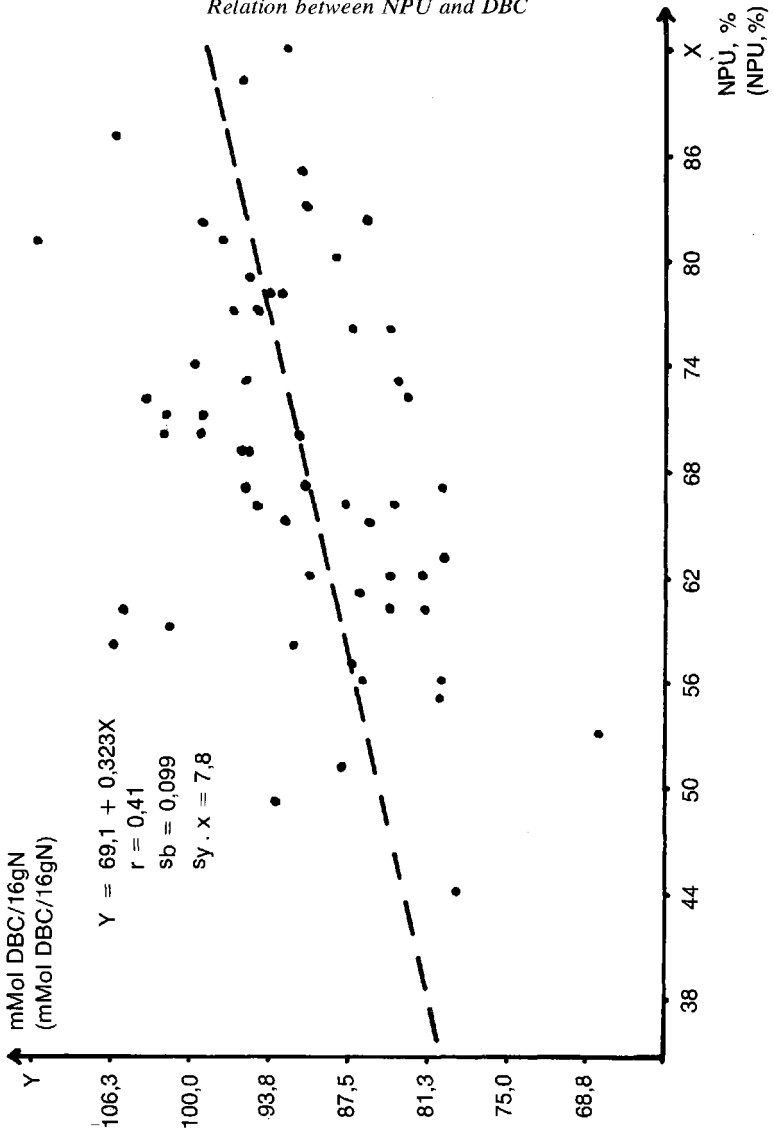
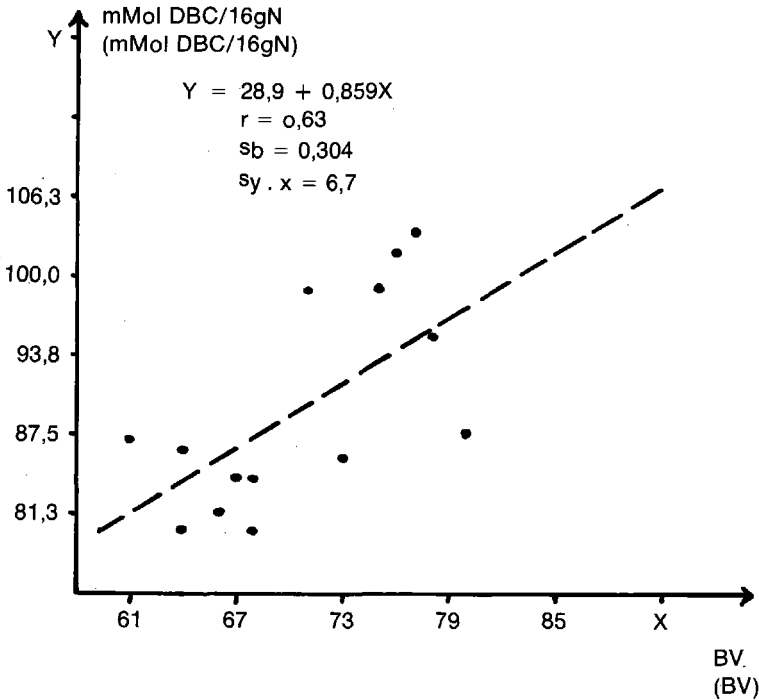


Fig. 3. Sammemhængen mellem BV og DBC  
Relation between BV and DBC

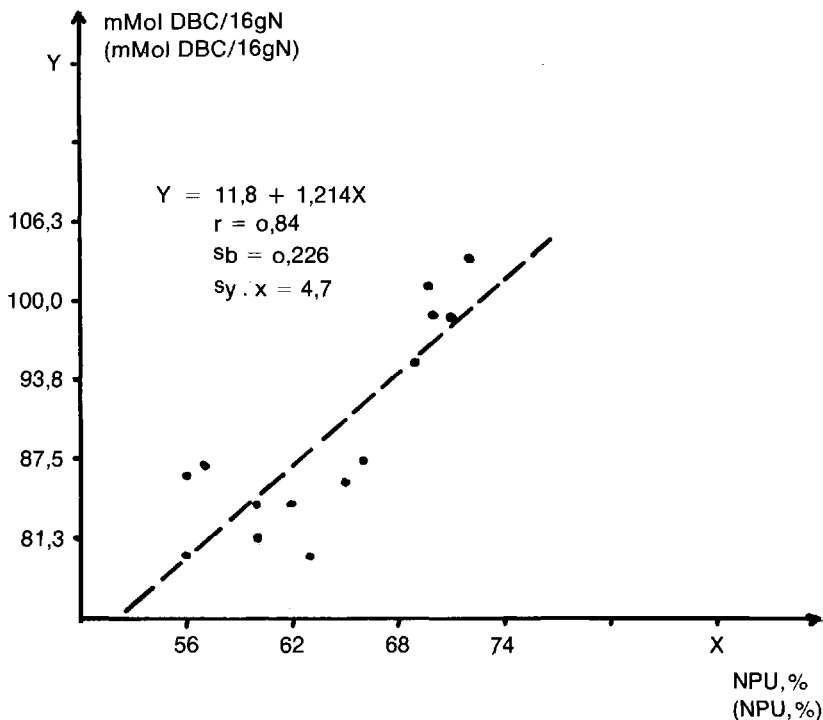


Regressionsligningen i figur 2 er baseret på data fra 56 rottefoderblandinger. Det ses, at korrelationen mellem NPU og DBC er forholdsvis svag omend statistisk signifikant forskellig fra 0 ( $P < 0,01$ ); årsagen hertil er sandsynligvis den, at størrelsen af NPU langt fra i alle prøver er begrænset af indholdet af basiske aminosyrer.

Lysinindholdet i kornprotein anses for at være den begrænsende faktor for dette proteinstof's biologiske værdi (BV) og dermed også for NPU. Det er derfor tænkeligt, at DBC-målinger på prøver, der indeholder kornprotein som eneste proteinkilde, i højere grad vil være korreleret med såvel BV som NPU; i figurene 3 og 4 er regressionsberegningerne derfor begrænset til kun at omfatte de 14 rottefoderblandinger, der har kornprotein som eneste proteinkilde.

Det fremgår af figurene 2 og 3, at DBC-målingerne på de 14 prøver, der indeholder kornprotein som eneste proteinkilde, er bedre korreleret med BV, end DBC-målingerne på de 56 prøver er korreleret med NPU; forskellen er dog ikke statistisk signifikant. Hvis man i stedet for BV korrelerer DBC-målingerne i de samme 14 prøver med deres NPU, som vist i figur 4, fås en langt bedre

Fig. 4. Sammenhængen mellem NPU og DBC  
Relation between NPU and DBC



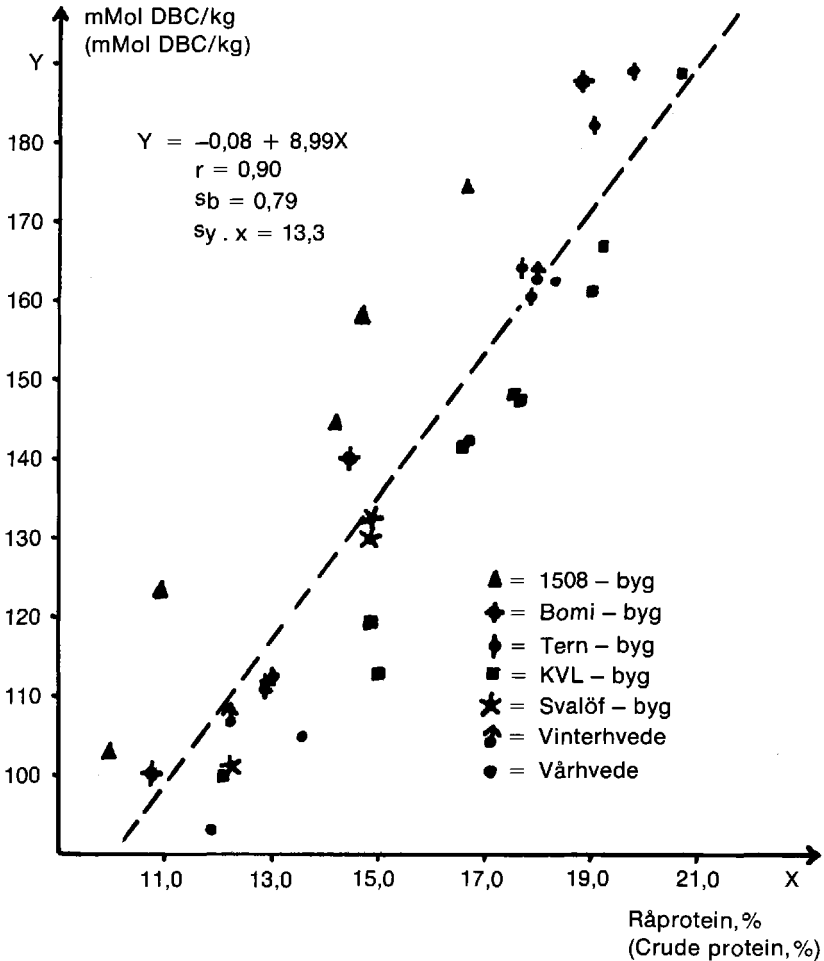
korrelation end den, der er anført i figur 3. Denne forbedring er signifikant. Korrelationskoefficienten i figur 4 er endvidere signifikant forskellig fra den, der står anført i figur 2. Den bedre sammenhæng i figur 3 og især i figur 4 i forhold til sammenhængen i figur 2 kan højst sandsynlig forklares ved, at lysinindholdet, som er stærkt positivt korreleret med summen af de basiske aminosyrer, er den begrænsende faktor for såvel BV som NPU i kornprøver. Den bedre sammenhæng i figur 4 end i figur 3 synes at understøtte teorien om, at DBC-metoden kun måler den tilgængelige del af de basiske aminosyrer.

#### Undersøgelser af svinefoderblandinger

Den store variation, der har været på råproteinindholdet i svinefoderblandingerne, giver mulighed for at undersøge sammenhængen mellem råproteinindhold og DBC-målinger. Resultatet af denne undersøgelse er fremstillet i figur 5.

Korrelationskoefficienten på 0,9 i figur 5 må umiddelbart betegnes som tilfredsstillende, men spredningen omkring regressionslinien er for stor til, at DBC med fordel kan anvendes til estimering af råproteinindholdet i foderblan-

Fig. 5. Sammenhængen mellem råprotein og DBC  
*Relation between crude protein and DBC*

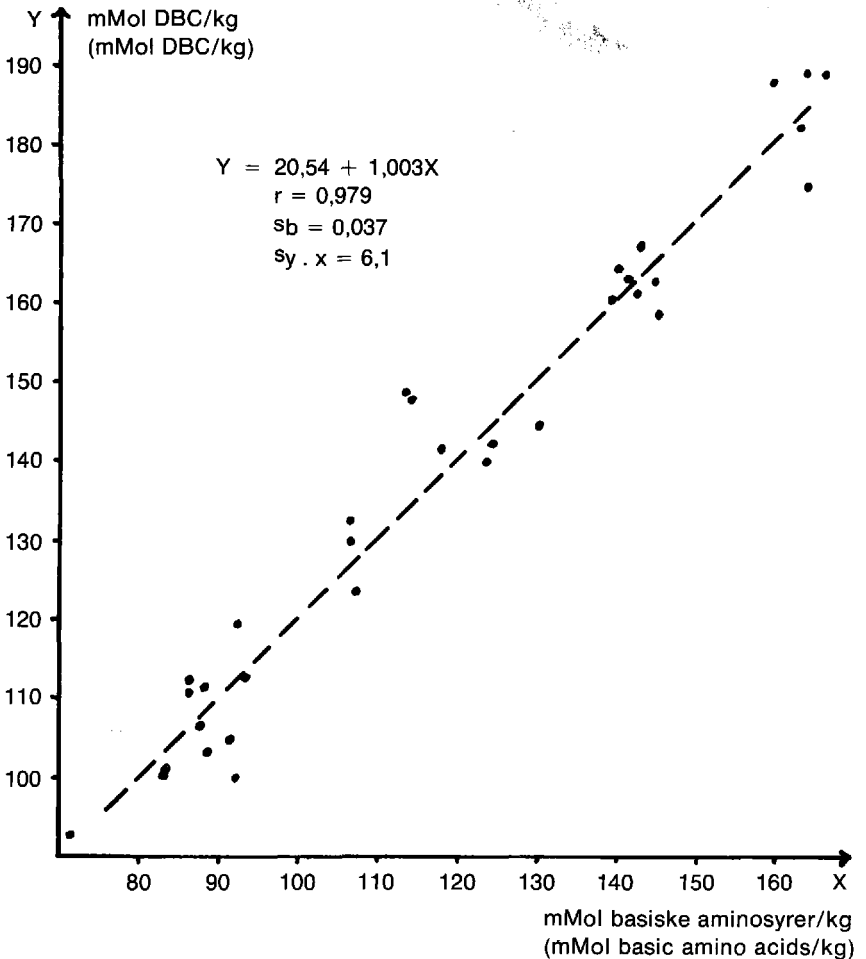


dinge af denne type. Den forholdsvis høje korrelationskoefficient skal også ses i lyset af den usædvanlig store variation, der har været på svinefoderblandingerens råproteinindhold. Det fremgår også af figur 5, at de enkelte punkters placering i forhold til regressionslinien i høj grad er påvirket af, hvilken byg- eller hvedevariant der er benyttet i foderet. Foderblandinger, der indeholder 1508-byggen, har således givet en højere DBC-værdi end de øvrige blandinger med et tilsvarende råproteinindhold. Heri er for så vidt ikke noget overraskende, fordi 1508-byggen er tiltrukket af planteforædlere på grund af sit høje indhold af basiske aminosyrer især lysin (Doll, 1973). KVL-byggen, der er

beskrevet af Viuf (1972 og 1973) under betegnelsen »KVL nr. 468«, synes ligesom vårhveden at have forårsaget en relativ lavere farvebindingskapacitet i forhold til råproteinniveau'et i de blandinger, hvori de er indgået.

De komponenter, der indgår i alle svinefoderblandinger, er analyseret for aminosyresammensætning. På grundlag af disse analyser beregnedes de færdige foderblandingers indhold af basiske aminosyrer; de tilsatte syntetiske aminosyrer er dog ikke inddraget i beregningerne. I figur 6 er det beregnede indhold af basiske aminosyrer korreleret med DBC-målingerne i de samme blandinger.

**Fig. 6. Sammenhængen mellem basiske aminosyrer og DBC**  
*Relation between basic amino acids and DBC*





Resultatet i figur 6 viser i lighed med tidligere undersøgelser (Mossberg, 1969; Munck, 1976), at DBC-værdierne er bedre korreleret ( $P < 0,01$ ) med indholdet af basiske aminosyrer end med råproteinindholdet.

I alt er undersøgt 14 foderblandinger, der blev givet til grise i perioden 20-50 kg, og som ikke er tilsat syntetiske aminosyrer. På grundlag af data fra disse undersøgelser er grisenes gennemsnitlige daglige tilvækst korreleret med henholdsvis råproteinindholdet og DBC-målinger; beregningsresultaterne er opstillet i figurerne 7 og 8.

**Fig. 7. Sammemhængen mellem daglig tilvækst og råprotein**  
*Relation between daily gain and crude protein*

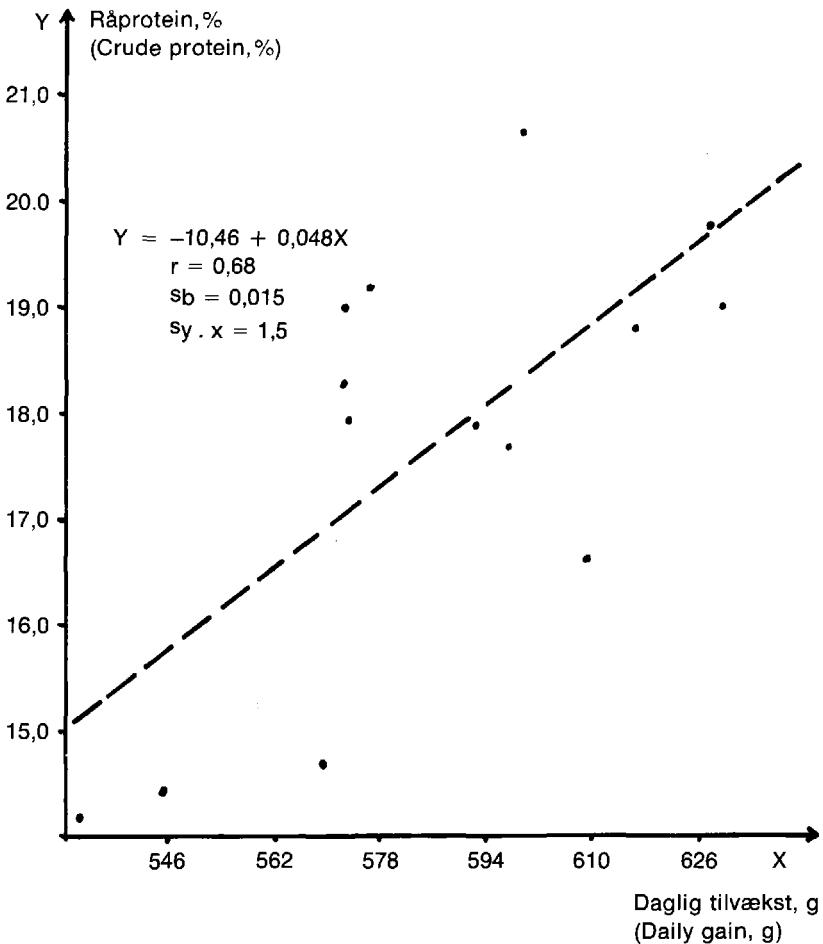
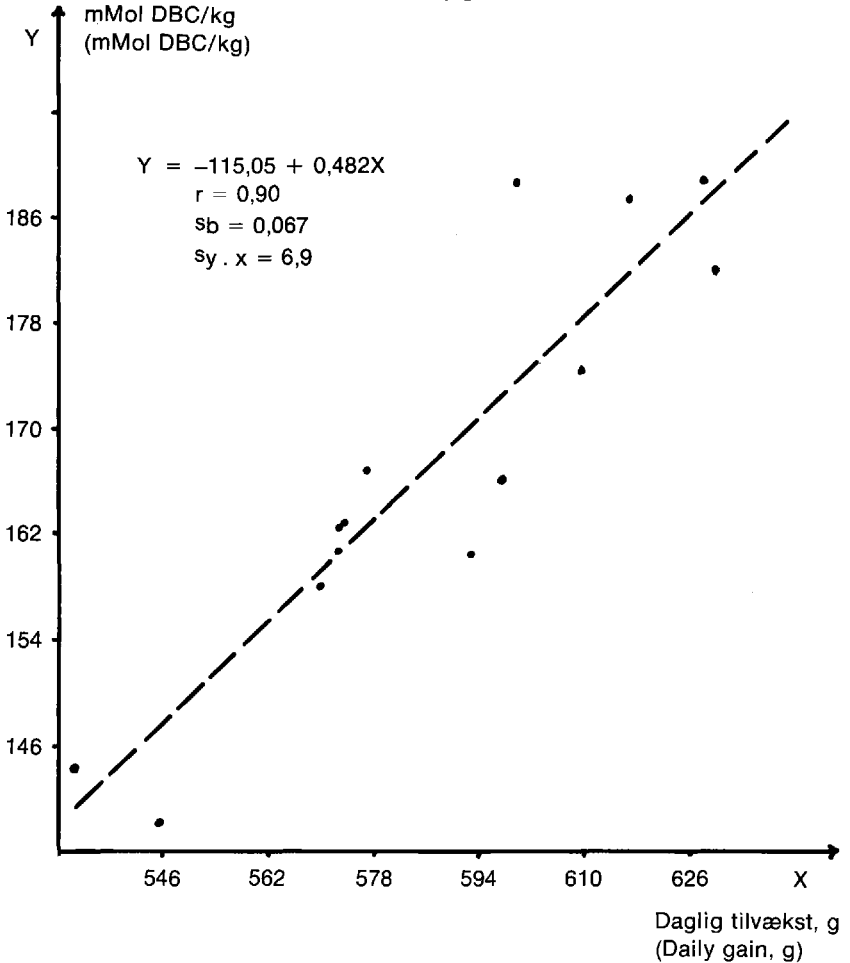


Fig. 8. Sammenhængen mellem daglig tilvækst og DBC

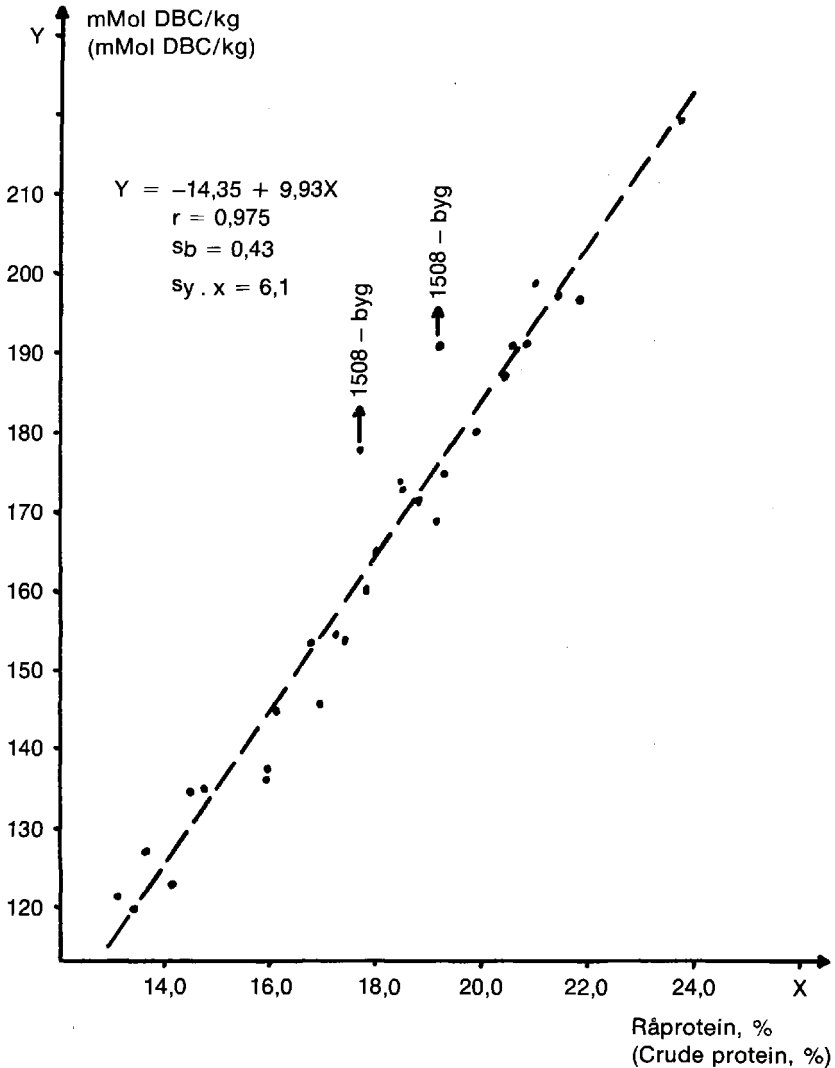
*Relation between daily gain and DBC*

Sammenlignes resultaterne i figurerne 7 og 8, ser det ud til, at farvebindingskapaciteten er bedre korreleret med grisenes vækstintensitet end råproteinindholdet. At DBC-målingerne giver en bedre korrelation med grisenes daglige tilvækst end råproteinindholdet, er utvivlsomt et indirekte udtryk for, at lysinindholdet i de pågældende foderblandinger har haft en væsentlig indflydelse på vækstintensiteten. Proteinets og specielt lysinets betydning for væksten fremgår bl.a. af en oversigt, publiceret af Madsen (1975). Andre essentielle aminosyrer kan også have større indflydelse på den daglige tilvækst end råproteinet (Madsen og Mortensen, 1976).

### Undersøgelser af fjerkræfoderblandinger

Den betydelige variation i fjerkræfoderblandingerne råproteinindhold giver i lighed med svinefoderblandingerne mulighed for at undersøge sammenhængen mellem råproteinindholdet og DBC-værdierne i disse blandinger. Undersøgelsens resultat er opstillet i figur 9.

Fig. 9. Sammenhængen mellem råprotein og DBC  
Relation between crude protein and DBC



Figur 9 afslører en variation i fjerkræfoderblandingerne råproteinindhold fra ca. 13 til 24%, hvilket ikke kan siges at være væsensforskellig fra praksis, hvis man betragter æglægningsfoderblandinger og slagtekyllingefoderblandinger under ét. Det må derfor anses for tilfredsstillende, at korrelationen mellem råproteinindholdet og DBC er så høj som 0,98. Sammenlignes punkternes spredning omkring regressionslinien i figur 9 med den, der er anført i figur 5, ser der ud til at være en snævrere sammenhæng mellem råproteinindholdet og DBC-målingerne i de undersøgte fjerkræfoderblandinger, end tilfældet er med de før omtalte svinefoderblandinger. Om dette også gælder under praktiske produktionsforhold, kan vanskeligt besvares ud fra de foreliggende undersøgelser, da langt fra alle de undersøgte svine- og fjerkræfoderblandinger kan betegnes som typiske for de, der anvendes til opfodring i praksis.

Den snævre sammenhæng mellem DBC-målinger og råproteinindholdet i fjerkræfoderblandingerne er sikkert en direkte følge af en tilstræbt, bestemt procent dækning af behovet for basiske aminosyrer. Sidstnævnte gælder dog ikke for de to blandinger, der indeholdt 70% 1508-byg, fordi 1508-byggen erstattede almindelig byg på vægtbasis og forårsagede derved en højere koncentration af basiske aminosyrer i proteinfraktionen.

Der foreligger kun aminosyreanalyser for 16 af fjerkræfoderblandingerne, hvilket er årsag til, at regressionsligningen i figur 10 kun er beregnet på grundlag af 16 observationer. De 16 blandinger er nærmere beskrevet af Petersen (1975).

Sammenlignes figur 10 med figur 9, ser man, at sammenhængen mellem DBC-målingerne og indholdet af basiske aminosyrer er endnu bedre end den, der blev fundet mellem DBC-målingerne og råproteinindholdet. Der er ingen grund til at antage, at denne forbedring i sammenhængen skyldes den ovenfor i beregningsgrundlaget for regressionsligningerne i de to figurer nævnte forskel.

De undersøgte fjerkræfoderblandinger varierede ikke kun med hensyn til proteinindholdet, men også med hensyn til energiindholdet. Det er derfor ikke muligt at foretage en direkte korrelationsberegning mellem kyllingernes tilvækst og råproteinindholdet eller DBC-værdierne. I stedet blev udført en multipel regressionsanalyse med kyllingernes tilvækst (Y) som den afhængigt variable og energiindholdet ( $X_1$ ) samt råproteinindholdet pr. 3000 kcal OE ( $X_2$ ) som de uafhængigt variable. Da forsøgstidens længde ikke var ens i alle forsøg, hvori de analyserede slagtekyllingefoderblandinger indgik, er nedenstående regressionsligning kun beregnet på grundlag af data fra 16 forsøgsblandinger.

$$Y = -1031 + 0,24X_1 + 8,85X_2 ; R^2 = 0,84$$

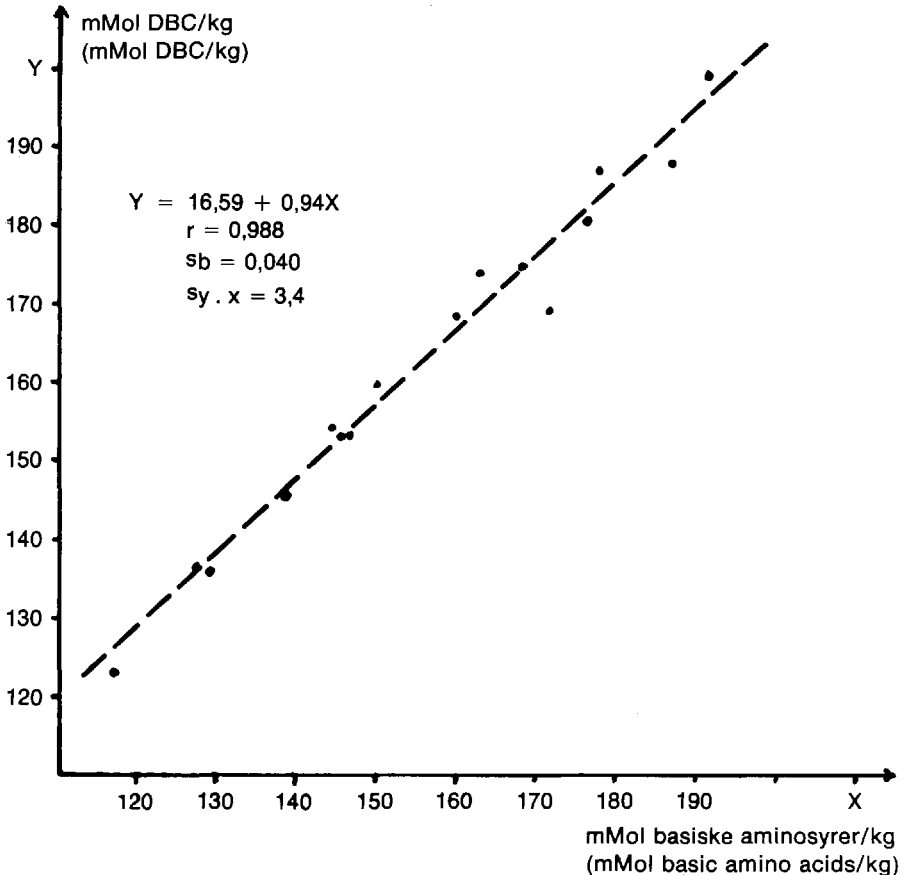
Ligningen viser, at 84% af variationerne i kyllingernes tilvækst kan forklares ud fra variationerne i foderets energiindhold og råproteinindhold. Den multiple regressionsanalyse blev gentaget med den undtagelse, at råproteinindholdet pr.

3000 kcal OE blev erstattet med mMol farve, bundet pr. 3000 kcal OE. Resultater fra disse beregninger er angivet i efterfølgende ligning:

$$Y = -717 + 0,21X_1 + 8,42X_2 ; R^2 = 0,89$$

Som det fremgår af  $R^2$ -værdien, har erstatning af foderblandningernes råproteinindhold med deres farvebindingskapacitet bevirket, at den forklarede del af variationerne på kyllingernes tilvækst nu er hævet til 89%. Forskellen på de to ligningers  $R^2$ -værdier er fundet svagt statistisk signifikant.

**Fig. 10. Sammenhængen mellem basiske aminosyrer og DBC**  
*Relation between basic amino acids and DBC*



## Konklusion

Der blev fundet en statistisk sikker niveauforskel på laboratoriernes DBC-målinger. Selv om den i intet tilfælde udgjorde mere end 5-6% på gennemsnitsbasis og derfor må anses for at være af ringe praktisk betydning, er der alligevel grund til at understrege nødvendigheden af en streng standardisering af DBC-proceduren; ikke mindst fordi DBC-målinger i vid udstrækning er empiriske.

Der er kun en rimelig høj korrelation mellem farvebindingskapaciteten og de biologiske proteinkvalitetskriterier BV og NPU, hvis det drejer sig om prøver, hvor de basiske aminosyrer (lysin) er den begrænsende faktor for størrelsen af BV og NPU. Sammenhængen mellem DBC-målinger og mMol basiske aminosyrer er bedre end mellem DBC-målinger og råproteinindholdet. Ligeledes er DBC-målingerne bedre korreleret med såvel grisenes som kyllingernes tilvækst, end tilfældet er med råproteinindholdet.

## Litteratur

- Doll, H. (1973). Forædling for bedre proteinkvalitet i kornarterne. Ugeskr. f. Agron. og Hort., 22:383
- Fraenkel-Conrat, H. og M. Cooper (1944). The Use of Dyes for Determination of Acid and Basic Groups in Proteins. J. Biol. Chem. 154:239
- Jacobsen, E.E., A. Møller, J. Juul Nielsen, W. Schmidtsdorff og K.E. Weidner (1972). Evaluation of the Dye Binding Method as a Tool for Practical Check of Fishmeal Quality. Bilag til »the IAFMM Fishmeal Conference in Rome«, 17 pp.
- Jacobsen, E.E. (1976). Farvebindingsmetoden. Ugeskr. f. Agron., Hort., Forst. og Lic., 22:474
- Jørgensen, A.H., E.E. Jacobsen, W. Schmidtsdorff og H. Christensen (1973). Evaluation of the Dye Binding Method as a Tool for Practical Check of Fishmeal Quality. Bilag til »the IAFMM Fishmeal Conference in Venice«, 14 pp.
- Lakin, A.L. (1973). Evaluation of Protein Quality by Dye-Binding Procedures. Proteins in Human Nutrition s. 179. Ed. I.W.G. Porter og B.A. Rolls. Academic Press, London.
- Madsen, A. (1975). Protein Nutrition of Growing Pigs. Festskrift for professor, dr., h.c. Hj. Clausen, s. 221.
- Madsen, A. og H.P. Mortensen (1976). Feeding Experiments with Bacon Pigs. 7 Essential Amino Acids and Pig Performance. Kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Årsskr. 1977. s. 58. (Preprint 1976).
- Mossberg, R. (1966). Some Analytical Criteria of Quality in Barley. Hortique Genetica 24:193
- Mossberg, R. (1969). Evaluation of Protein Quality and Quantity by Dye-Binding Capacity: a Tool in Plant Breeding. New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein, IAEA, Vienna. s. 151
- Munck, L. (1976). Aspects of the Selection, Design and Use of High Lysine Cereals.

- Evaluation of Seed Protein Alterations by Mutation Breeding, IAEA, Vienna. s. 3.
- Petersen, V.E. (1975). Foderets energi og protein/energiforholdets indflydelse på kyllingernes vækst, foderomsætning og slagteudbytte. 429. Beretn. Forsøgslab. København, 58 pp.
- Tallberg, A. (1976). Some Aspects of Screening Methods for High Lysin Barley. Evaluation of Seed Protein Alterations by Mutation Breeding, IAEA, Vienna. s. 19.
- Udy, D.C. (1954). Dye-Binding Capacities of Wheat Flour Protein Fractions. Cereal Chem. 31:389
- Udy, D.C. (1956). Estimation of Protein in Wheat and Flour by Ion-Binding. Cereal Chem. 33:190
- Viuf, B.T. (1972). Varietal Differences in Nitrogen Content and Protein Quality in Barley. Kgl. Vet.- og Landbohøjsk. Årsskr., s. 37
- Viuf, B.T. (1973). Højere proteinindhold i byg gennem forædling og N-gødsning. Ugeskr. f. Agron. og Hort. 23:396
- Williams, P.C. (1974). Errors in Protein Testing and their Consequences. Cereal Science Today, 19:280