(19) DANMARK

(12) **FREMLÆGGELSESSKRIFT** (11) **163453 B**

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 2852/89

(22) Indleveringsdag: 12 jun 1989

(41) Alm. tilgængelig: 13 dec 1990

(44) Fremlagt: 02 mar 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: -

(51) Int.Cl.5 G 01 N 33/12
G 01 N 21/47

(71) Ansøger: *Slagteriernes Forskningsinstitut; Maglegårdsvej 2; 4000 Roskilde, DK

(72) Opfinder: Jan Rud *Andersen; DK, Claus *Borggaard; DK

(74) Fuldmægtig: -

(54) Fremgangsmåde og apparat til fotometrisk bestemmelse af individuelle kødemners egenskaber

(56) Fremdragne publikationer

DE off.g.skrift nr. 3440522
US pat. nr. 4226540
Andre publikationer: Can. Inst. Food scl. Technol. J. bd. 19 nr. 4, siderne 170-173, 1986

(57) Sammendrag

2852-89

Fremgangsmåde til fotometrisk bestemmelse af individuelle kødemners pigmentindhold, ved hvilken kødets refleksionsevne måles, de opnåede måleværdier indsættes i en algoritme, der udtrykker pigmentindholdet som funktion af måleværdierne, og emnets pigmentindhold beregnes ved hjælp af algoritmen.

Kødemnets refleksionsevne måles i et antal diskrete bånd, fx 32, der ligger side om side, og tilsammen omfatter i det væsentlige alle bølgelængder inden for et bredere område. Der anvendes en algoritme, som omfatter et antal variable svarende til antallet af diskrete bånd.

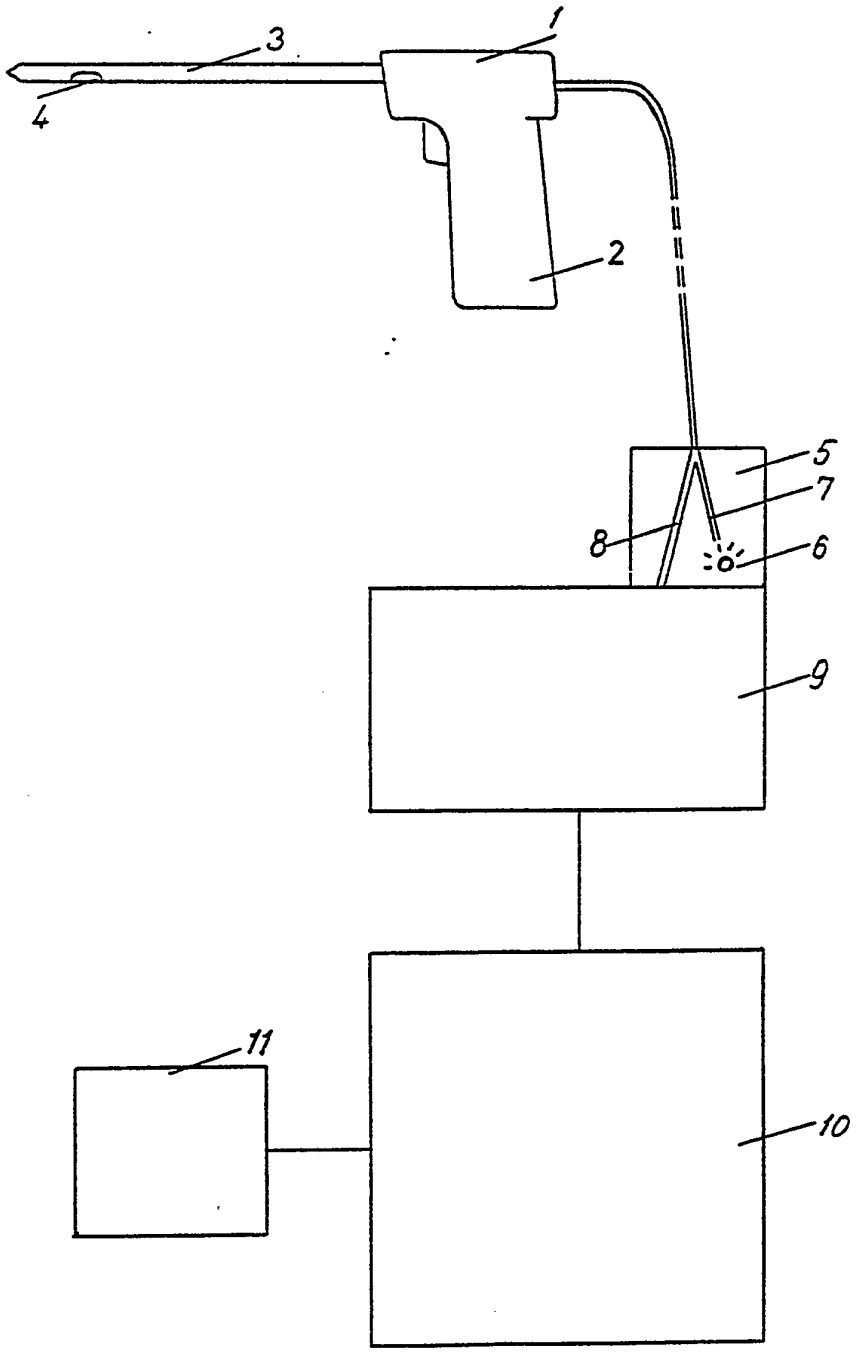
Metoden kan anvendes på kødemner, der fremføres på en slagtelinie. Den er nøjagtig og så hurtig, at kødemnerne umiddelbart kan sorteres eller mærkes i overensstemmelse med det bestemte pigmentindhold.

DK 163453 B

fortsættes

2852-89

fig 1.



Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til fotometrisk bestemmelse af individuelle kødemners egenskaber, ved hvilken optiske egenskaber måles i et bredere, sammenhængende bølgelængdeområde ved indstikning af en optisk sonde, og de opnåede måleværdier indsættes i en algoritme.

Farven af kød anses ofte for at være en kvalitetsparameter. Ved nogle kødsorter foretrækker forbrugeren lyst kød og ved andre stærkere farvet kød. På visse markeder er der et stærkt krav fra aftageren om, at leveret svinekød skal være kraftigt farvet, da dette sikrer køberen mod at få leveret det såkaldte PSE-kød, som på grund af lavt pH kort tid efter slagtning er lyst farvet og har ringe saftbindeevne. Normalt har farven ingen indflydelse på svinekøds kvalitet, idet normalt lyst kød har samme saftbindeevne som mørkt kød. Af ovennævnte grunde kan der på krævende markeder imidlertid opstå vanskeligheder med at afsætte det lyse, men i øvrigt normale svinekød, som kan forveksles med PSE-kød.

For slagterier og kødforarbejdende virksomheder kan det i forhold til kunderne og ved produktionen af forædlede varer i virksomheden være af væsentlig betydning at kunne påvise, at den lyse farve hos et kødemne skyldes et lavt indhold af pigment i kødet, og at kødemnets kvalitet er i orden. Det ville være for kostbart at skulle frasortere alle lyse kødstykker til en mindreværdig produktion. I kødet udgøres pigmentet af myoglobin og rest-hæmoglobin.

Der kendes analysemetoder til bestemmelse af pigmentindholdet i svinekød, men disse metoder er så arbejds- og tidskrævende, at de er uanvendelige til kontrol under produktionsforhold.

I dansk patentansøgning nr. 4211/86, der svarer til Ep A1 221 642, er beskrevet et apparat til klassificering af fiskekød efter farve, idet der anvendes en fotometrisk metode til bestemmelse af farven. Apparatet er ikke egnet til at påvise, om en lys farve af svinekød skyldes et lavt pigmentindhold.

Apparatet omfatter en lyskilde til belysning af fiskekødemnet, et prismesystem til opsplitning af det reflekterede lys i et spektrum og en række fotodioder, der er anbragt i spektret, så de modtager lys af hver sin bølgelængde. Intensiteten af lyset i spektret registreres ved de

bølgelængder, hvor hæmoglobin har særlige lysabsorptionskarakteristika, idet de til disse bølgelængder svarende dioder forbindes til en læse- og hukommelsesenhed. Lysintensiteten registreres ved 540-580, 425 og 625 nm. Sidstnævnte anvendes som reference.

De registrerede værdier sammenlignes ved hjælp af en mikroprocessor med værdierne i tre forud indlæste værdisæt, som hver repræsenterer en farveklasse. Fiskekødemnets farveklasse findes som det sæt, hvor der er bedst overensstemmelse mellem de registrerede værdier og de forud indlæste værdier.

En ændret version af apparatet og forsøg med farvebestemmelse af svine- og kalvekød er beskrevet af H.J. Swatland i Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 19 (1986), p. 170-173. Det beskrevne apparat har en sonde, der er beregnet til indføring i kødemnet, hvis farve skal måles. I sonden findes to bundter af optiske fibre, der sørger for belysning af kødet og fører det reflekterede lys til prismesystemet.

Ved et af de beskrevne forsøg måles refleksionen i området 400-700 nm fra svinekød, der er udvalgt som repræsentativt for kød med ideel farve, og kød, der har nogen grad af PSE. Som man kunne forvente, konstateres det, at PSE-kødet er lysere end det ideelt farvede kød over hele bølgelængde-området. Forfatteren kommer ikke ind på spørgsmålet om pigmentindholdet i svinekød og den risiko, der er for forveksling af lavt pigmenteret kød med PSE-kød. Den anvendte metode vil ikke være i stand til at detektere, om et svinekødemnes lyse farve skyldes lavt pigmentindhold.

Det er formålet med den foreliggende opfindelse at tilvejebringe en hurtig metode til bestemmelse af koncentrationen af et indholdsstof, såsom pigment i individuelle emner af svinekød.

Metoden skal kunne udføres on-line på en slagte- eller produktionslinie, og resultatet af en bestemmelse skal kunne foreligge så hurtigt, at kødemnerne umiddelbart kan sorteres eller mærkes i overensstemmelse med den bestemte pigmentkoncentration.

Fremgangsmåden ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at man bestemmer koncentrationen C af et indholdsstof ved hjælp af en multivariabel algoritme

$$C = k_0 + k_1 \times R_1 + k_2 \times R_2 + \ldots k_n \times R_n,$$

hvori R_1 til R_n er de optiske refleksionsværdier ved bølgelængderne f_1 til f_n inden for området, idet de tilsammen udgør et sammenhængende spektrum, og k_0 til k_n er forudbestemte konstanter.

Ved metoden registreres et flertal af optiske refleksionsværdier, der dækker et bredt område, og værdierne indsættes i den viste algoritme til beregning af koncentrationen. Fordelen ved metoden er, at forstyrrende signaler fra andre bestanddele end den søgte i høj grad kan elimineres, idet algoritmen er baseret på og udnytter refleksionsværdierne ved samtlige bølgelængderne f_1 til f_n, hvilke værdier hver bidrager med oplysninger om indholdet af andre bestanddele. Dette er helt anderledes end ved de sædvanligvis anvendte fotometriske metoder, hvor støjen elimineres ved at indsnævre bredden af måleområdet. Det har vist sig, at fremgangsmåden ifølge opfindelsen er i stand til at bestemme koncentrationen af bestanddele i kød, fx pigmentindholdet, med en højere nøjagtighed end ved de traditionelle fotometriske metoder. Disse baserer sig på refleksionsværdien ved en eller et fåtal særlige bølgelængder eller på én refleksionsværdi for et meget bredt bølgelængdeområde.

Forudsætningen for, at den omhandlede metode kan virke efter hensigten er, at måleværdierne registreres i hele det brede område, der ved estimering eller forsøg er fastlagt at være af interesse, og at alle måleværdierne indsættes i algoritmen, der har et tilsvarende antal variable.

Grundreglen i den omhandlede metode er med andre ord, at der ikke må mangle bånd i området, i hvilke refleksionsværdien ikke er bestemt, og at algoritmen ligeledes skal have sin fulde størrelse. Kun hvis det positivt kan påvises, at nogle bånd har negativ indflydelse, kan disse udelades, hvis det er ønskeligt af apparat- eller beregningsmæssige grunde. Det kan typisk dreje sig om bånd, der ligger i udkanten af et estimeret område.

Der findes matematiske modeller og hertil hørende programvarer, som muliggør udvikling af en algoritme, der har mange variable og passer til det beskrevne formål. De kendes under betegnelsen multivariable kalibreringsmodeller.

Fremgangsmåden ifølge opfindelsen kan anvendes til at bestemme indholdet i kød af bestanddele, som udviser en absorptionskurve, der adskiller dem fra andre mulige kødbestanddele. Eksempelvis kan bestemmes indholdet af pigment, protein, fedt eller vand. Indholdet af disse bestanddele er væsentlige kødkvalitetsparametre.

Den omhandlede metode kan finde anvendelse på kød, såsom rødt kød fra svin, tyre, ungtyre, køer, kalve, hjorte, får, lam og lign.

En udførelsesform af fremgangsmåden er ejendommelig ved, at de optiske refleksionsværdier måles ved mere end 15 og fortrinsvis mere end 30 forskellige bølgelængder. Ved anvendelse af et lavt antal variable forenkles beregningsproceduren, men usikkerheden i bestemmelsen af koncentrationen C forøges. Det er blevet påvist, at der kan opnås en god bestemmelsessikkerhed ved anvendelse af kun 32 variable.

En anden udførelsesform er ejendommelig ved, at de optiske refleksionsværdier måles ved mindre end 600, og fortrinsvis mindre end 300 forskellige bølgelængder f_1 til f_n. Ved anvendelse af et højt antal variable kan der være risiko for overfortolkning af refleksionsværdierne, men til gengæld forøges bestemmelsessikkerheden ved korrekt algoritme. Det er blevet påvist, at beregningen kan gennemføres på den til rådighed værende tid, og at der kan opnås en meget god bestemmelsessikkerhed ved anvendelse af 128 variable.

Metodens nøjagtighed vil ligeledes forbedres ved registrering af refleksionsværdier i et bredt område, således at en væsentlig del af absorptionskurverne for bestanddele i kødet falder inden for området. Området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n er fortrinsvis mindst 100 nm og især mindst 200 nm bredt.

En væsentlig del af bestanddelenes absorptionskurver falder ofte i det synlige område. Dette gælder fx ved bestemmelse af pigment. En udførelsesform er derfor ejendommelig ved, at området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n omfatter hovedparten af det synlige område. Dette strækker sig fra 350-800 nm.

I det nærinfrarøde område (NIR) har visse bestanddele karakteristiske absorptionskurver, fx protein, fedt og vand. Området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n kan derfor omfatte det nærinfrarøde område. Dette strækker sig fra ca. 800 til ca. 2500 nm.

En udførelsesform af fremgangsmåden ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at båndbredden af hver af bølgelængderne f_1 til f_n er 1-20 nm. Dette giver en tilstrækkelig detaljeret oplysning om refleksionskurvens forløb. Det bemærkes, at båndene ikke nødvendigvis behøver at have samme bredde ved de forskellige bølgelængder.

Af optiske grunde vil bredden af båndene ved korte bølgelængder ofte være mindre end det er tilfældet i den langbølgede ende af området. Om ønsket, kan refleksionsværdier behandles (normaliseres), således at forskellene udjævnes.

Algoritmen, der anvendes ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen, tilvejebringes fortrinsvis ved multivariabel kalibrering ved hjælp af et sæt kalibreringsdata bestående af refleksionsmåleværdier ved de forskellige bølgelængder f_1 til f_n, og referenceværdier, der udtrykker egenskaben. Refleksionsværdierne ved de anvendte bølgelængder bestemmes på et antal prøver, fx 50 kødprøver. Derefter bestemmes den aktuelle egenskab, fx pigmentindholdet af hver af prøverne, ved en pålidelig kendt analysemetode, idet man sørger for, at der er en god spændvidde i prøvematerialet.

I et computerprogram kan de opnåede data let bearbejdes. Programmet beregner konstanterne i den anvendte algoritmetype som de værdier, der totalt set giver den bedste overensstemmelse mellem de ved hjælp af algoritmen beregnede koncentrationsværdier og referenceværdierne.

Ved indlæsning i programmet af referenceværdier for en anden egenskab ved prøverne, fx fedtindholdet, kan programmet beregne en anden algoritme, der kan anvendes ved bestemmelse af denne anden egenskab ved et kødemne.

En særlig matematisk metode, der anvendes i forbindelse med multivariabel kalibrering, kaldes partial least squares-metoden. Den giver bl.a. mulighed for at detektere, om en prøve eller bestemmelse ligger uden for det, der kendes fra prøverne, som blev brugt til kalibrering. I overensstemmelse med dette kan algoritmen fastlægges ved partial least squares-metoden (PLS).

Den foreliggende opfindelse angår også et apparat til fotometrisk bestemmelse af individuelle kødemners egenskaber, omfattende en til indstikning i et emne beregnet optisk sonde til måling af emnets optiske egenskaber i det bredere, sammenhængende bølgelængdeområde, samt en databehandlingsenhed til at indsætte de opnåede måleværdier i en algoritme.

Apparatet ifølge opfindelsen er ejendommeligt ved, at apparatet er indrettet til at måle de optiske refleksionsværdier ved bølgelængderne f_1 til f_n inden for området, idet de tilsammen udgør et sammenhængende spektrum, og at databehandlingsenheden er indrettet til bestemmelse af koncentrationen C af et indholdsstof ved hjælp af en multivariabel algoritme

$$C = k_0 + k_1 \times R_1 + k_2 \times R_2 + \ldots k_n \times R_n,$$

hvori R_1 til R_n er de optiske refleksionsværdier ved bølgelængderne f_1 til f_n inden for området, og k_0 til k_n er forudbestemte konstanter.

Ved hjælp af dette apparat kan fx pigmentindholdet i individuelle emner af svinekød bestemmes hurtigt og nøjagtigt. Med apparatet vil det være muligt at påvise, at den lyse farve af et kødemne skyldes et lavt indhold af pigment, hvilket ikke har været muligt med de hidtil kendte apparater. Apparatet kan udføre bestemmelsen on-line på en slagte- eller produktionslinie, og resultatet kan foreligge så hurtigt, at kødemnerne umiddelbart kan sorteres eller mærkes i overensstemmelse med det fundne pigmentindhold.

Krav 11-16 angiver udførelsesformer af apparatet.

Databehandlingsenheden kan omfatte en programdel, der kan tilvejebringe eller justere algoritmen ved multivariabel kalibrering. Lysrefleksionsværdierne, der indgår i de anvendte kalibreringsdata, kan hidrøre fra apparatet selv eller fra andre, lignende apparater.

Et apparat med en sådan programdel er let af justere eller tilpasse til nye opgaver. Det kan - om ønsket - gøres selvjusterende.

En udførelsesform af apparatet ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at databehandlingsenheden har en udgangskanal forbundet til en styreboks, der er indrettet til at styre transportvejen for et undersøgt kødemne og/eller til at påvirke en mærkningsindretning for kødemnet.

Ved hjælp af apparatet ifølge opfindelsen er det således muligt hel- eller halvautomatisk at sortere kødemner i afhængighed af deres forskellige indhold af kødbestanddele.

Opfindelsen beskrives nærmere i det følgende under henvisning til tegningen, hvori

fig. 1 viser et apparat til bestemmelse af fx pigmentindholdet i individuelle kødemner,
fig. 2 et diagram, der viser sammenhængen mellem analytisk bestemt pigmentindhold og beregnet pigmentindhold under anvendelse af en algoritme med 128 variable,
fig. 3 et til fig. 2 svarende diagram, men under anvendelse af en algoritme med 32 variable,
fig. 4 et til sammenligning tjenende diagram over det analytisk bestemte pigmentindhold i forhold til prøvernes reflektans ved 552 nm,
fig. 5 et diagram over indflydelsen af faktorerne, der findes i algoritmen med 128 variable,
fig. 6 et til figur 5 svarende diagram over indflydelsen af faktorerne i forbindelse med algoritmen med 32 variable,
fig. 7 et typisk refleksionsspektrum fra en kødoverflade,
fig. 8 et diagram med kemisk og optisk bestemt proteinindhold i kød, og
fig. 9 et tilsvarende diagram for en anden type kød.

Apparatet (fig. 1) omfatter et pistollignende instrument 1 med et håndtag 2 og en sonde 3, der stikkes ind i kødemnet, hvis pigmentindhold skal måles. I siden af sonden findes et vindue 4.

I en boks 5 findes en lampe 6 af xenon- eller halogentypen, som via et sæt optiske fibre 7 kan belyse kødet uden for vinduet 4. Et andet sæt optiske fibre 8 fører det fra kødet reflekterede lys til et spektrofotometer 9. I spektrofotometret findes et gitter, der opsplitter lyset i forskellige bølgelængder. Det opsplittede lys rammer en plade med en række fotodioder, der hver registrer intensiteten af lyset i et tilsvarende bånd. Alternativt kan en enkelt hurtigt registrerende detektor benyttes.

Lampe og detektor kan også findes i det pistolignende instrument 1.

En datamat 10 står i forbindelse med spektrofotometret for overføring af data og startimpulser. Via styrekredsløb står datamaten desuden i forbindelse med xenonlampens strømforsyning og en knap på instrumentet 1. Ved indtrykning af knappen starter datamaten måleproceduren og udløser et lysglimt fra lampen 6 samt sørger for overføring af lysrefleksionssignalerne fra spektrofotometret til en midlertidig hukommelse i datamaten.

Et program i datamaten styrer måleproceduren og omfatter en fejlrutine. Det sørger via et display 11 for at give operatøren besked om arbejdstrin og om en foretaget måling kan accepteres.

Efter foreløbig godkendelse af en måling sørger programmet for, at måleværdierne føres til et i datamaten indlagt beregningsprogram. Dette indsætter værdierne for det målte emne i en algoritme, der findes lagret i programmet og beregner en værdi for den søgte kvalitetsegenskab, fx pigmentindholdet, samt kontrollerer, om den fundne værdi ligger inden for arbejdsområdet. Via displayet 11 meddeler datamaten resultatet til operatøren og sender det eventuelt til andre computere. Displayet kan fx vise operatøren hvor stort pigmentindholdet er udtrykt i ppm, eller om emnet har indhold, der ligger inden for fastlagte grænseværdier, og i hvilken gruppe det eventuelt skal klassificeres.

Datamaten kan omfatte en programdel, som sørger for registrering af fx emnets nr. og meddeler dette sammen med resultatet.

Via datamatens udgangskanal kan automatiske mærknings- eller sorteringsindretninger styres i overensstemmelse med resultatet.

Datamaten kan gennemføre en anden beregningscyklus med værdierne ved hjælp af en anden i programmet indlagt algoritme, som udtrykker en anden egenskab ved emnet, fx proteinindholdet. De samme måleværdier kan således anvendes til at bestemme en, to eller eventuelt flere kvalitetsegenskaber, afhængig af ønsker og målemetodens begrænsninger.

I datamaten findes et kalibreringsprogram, der i sin simpleste udformning overfører en ny eller justeret algoritme til beregningsprogrammet.

Programmet kan i en anden udførelsesform være indrettet til selv at foretage en udregning af algoritmen på grundlag af et antal kalibreringsmålinger på emner med kendt sammensætning eller indhold af bestanddele af interesse. Programmet foretager ved hjælp af en matematisk eller statistisk model en analyse af de målte refleksionsværdier og de tilhørende sande størrelser, der læses ind i datamaten.

Ved denne kalibreringsmetode elimineres småfejl af mekanisk, optisk eller elektrisk art ved det enkelte apparat.

Eksempel 1

Til dette forsøg anvendes kamstykker fra 23 svineslagtekroppe. Der foretages fotometriske målinger på kammene ved hjælp af det ovenfor beskrevne apparat. Sonden indstikkes i kødet ved hofteenden og ved mellemstykket. Refleksionen i de forskellige bølgelængdebånd registreres af de 512 fotodioder i spektrofotometret. Det samlede bølgelængdeområdet strækker sig fra 360-780 nm. Forudgående undersøgelser har godtgjort, at den relevante info ligger i området 400-655 nm.

A - Algoritme med 128 variable

Ved de godkendte målinger reducerer datamatens program antallet af registrerede værdier pr. måling til 128; programmet grupperer fotodioderne fire og fire, og gennemsnittet af de fire værdier i hver sæt beregnes.

De opnåede værdier indsættes i en algoritme, der udtrykker pigmentindholdet ved hjælp af 128 lysrefleksionsværdier ved de forskellige bølgelængder. Det beregnede pigmentindhold udprintes eller vises på displayet 11.

Ved indstikningsstederne udtages af hver kam to kødprøver, et ved hofteenden og et ved mellemstykket. Prøverne analyseres for pigmentindhold ifølge en variant af den metode, der er beskrevet i H.C. Hornsey, J. Sci. Food Agric. 7, p. 534-540 (1956). Varianten sikrer, at der måles på konstant fortyndning, idet der suppleres med opløsningsmiddel efter filtrering.

Kammenes analytisk bestemte pigmentindhold og deres beregnede pigmentindhold er vist i koordinatsystemet i figur 2. Punkterne repræsenterer 50 sondemålinger.

Det ses, at der er særdeles høj korrelation mellem analyseværdierne og de beregnede værdier.

B - Algoritme med 32 variable

Ved de samme refleksionsmålinger som ovenfor reducerer datamatens program antallet af værdier pr. måling til 32, idet diodeværdierne grupperes 16 og 16, og gennemsnittet beregnes. De opnåede værdier indsættes i en algoritme med 32 variable, og det beregnede pigmentindhold indføres i et koordinatsystem sammen med det analytisk bestemte pigmentindhold.

Det ses af figur 3, at der med det reducerede antal variable også opnås høj korrelation.

C - Sammenligning

Til sammenligning er det undersøgt, om der er nogen sammenhæng mellem den målte refleksionsværdi ved den for myoglobin karakteristiske bølgelængde på 550 nm og det analytisk bestemte pigmentindhold. I figur 4 er indtegnet punkterne fra samme 50 sondemålinger som ovenfor. Dette svarer til den kendte teknik, hvor der kun er én variabel i algoritmen.

Det ses, at der en meget ringe sammenhæng mellem den målte værdi og det analytisk bestemte pigmentindhold.

D - Algoritmer

Til opbygning og afprøvning af de ovenfor anvendte algoritmer anvendes et program kaldet "Unscrambler", som indeholder de nødvendige instruktioner til opbygning af forskellige flervariable kalibreringsmodeller, som bygger på anvendelse af PLS-metoden.

Programmet anvender et trænings- eller kalibreringssæt bestående af refleksionsværdierne i n forskellige bånd sammen med de tilhørende analytisk bestemte pigmentværdier og beregner konstanterne i algoritmen, som giver den bedste forudsigelse i dette kalibreringssæt. Der kan undersøges algoritmer med forskelligt antal faktorer. Disse er et udtryk for fænomener, der påvirker variationen af refleksionsværdierne. Antallet af faktorer, der giver den bedste algoritme, fastlægges ved såkaldt cross validation.

Algoritmen, der tilvejebringes ved ovennævnte matematiske analyse og anvendes under A og B har formen

$$C_{pig} = K_0 + K_1 \times R_1 + K_2 \times R_2 + ...K_n \times R_n$$

i hvilken C_{pig} er pigmentindholdet i fx ppm, K_0 til K_n de af programmet beregnede konstanter, og R_1 til R_n refleksionsværdierne i de diskrete bånd.

Det skal bemærkes, at de i programmet indlæste data ikke nødvendigvis anvendes i den rå form, men kan forbehandles for at reducere antallet, modvirke systematiske fejl og/eller tilvejebringe en algoritme med endnu bedre forudsigelser. Fx kan anvendes transformationerne -Log (R) og multiple scatter correction (MSC).

Når konstanterne i algoritmen er fastlagt ved hjælp af programmets behandling af kalibreringssættet, kan algoritmen afprøves ved indlæsning af nye refleksionsværdier, og overensstemmelsen mellem den beregnede og den analytisk fundne pigmentværdi konstateres. Det bemærkes, at de 50 sæt refleksionsværdier, for hvilke pigmentindholdet er beregnet og indtegnet i figur 2 og 3, også har tjent som kalibreringssæt for tilvejebringelse af algoritmerne under A og B.

Det kan vises, at den interne struktur i de to anvendte algoritmer er næsten identisk, hvilket fremgår af fig. 5 og 6, der viser loading-kurver af de benyttede fem funktioner. En funktions loading er den vægt, hvormed den indgår i algoritmen i de forskellige dimensioner. Loading-kurverne i fig. 5 er mere detaljerede end i fig. 6, da der anvendes 128 variable i den første algoritme og kun 32 i den anden. Men i hovedtræk er de to loading-kurver ens. Det ses endvidere, at der er høj loading af den femte faktor i området 540-570 nm. Dette bølgelængdeområde er det sted i et absorptionsspektrum, hvor man kan forvente absorptioner fra myoglobin. Dette viser, at begge algoritmer faktisk "anvender" kødets myoglobin-indhold.

EKSEMPEL 2

Proteinbestemmelse

I dette forsøg anvendes 49 slagtekroppe. Der foretages fotometriske målinger i forskellige muskler ved hjælp af samme målesonde og -metode som i eksempel 1. Sonden stikkes ind i musklen, hvis proteinindhold skal bestemmes, og der optages 1200 refleksionsværdier i bølgelængdeområdet fra 1200 til 2400 nm. De 1200 værdier reduceres til 120 værdier, idet hver 10. bølgelængde udvælges.

Fig. 7 viser et typisk refleksionsspektrum fra en kødoverflade opnået på denne måde. Som det ses, har absorptionskurven ikke nogen udprægede spidser. Der ses ikke noget smalt bølgelængdeområde, i hvilket der kan findes en lineær sammenhæng mellem lysabsorptionen og proteinindholdet.

Longissimus dorsi-muskler

Der optages refleksionsmålinger i 19 forskellige muskler. Proteinindholdet i hver af musklerne bestemmes ved Kjeldahlanalyse. Ved hjælp af PLS-analyse af samtlige refleksionsdatasæt med tilhørende Kjeldahlværdier bestemmes en algoritme for proteinindholdet (model 1). På samme måde tilvejebringes en anden algoritme for proteinindholdet (model 2), idet de registrerede rådata dog behandles med -log R og multibel scatter correction inden PLS-analysen.

For syv tilfældigt valgte muskler indsættes refleksionsværdierne i algoritmerne (model 1 og model 2). Resultaterne er vist i diagrammet i fig. 8, der har det beregnede indhold som y-akse og det analytisk bestemte indhold som x-akse. Det ses af figuren, at der er en god sammenhæng mellem de optisk og de kemisk bestemte værdier for proteinindhold. Korrelationen er 0,84 (model 1) og 0,88 (model 2).

Biceps femoris-muskler

Der optages refleksionsmålinger på 49 forskellige biceps femoris-muskler. Proteininholdet i hver af muskelerne bestemmes ved hjælp af Kjeldahlanalyse. På samme måde som ovenfor dannes en multivariabel algoritme.

Refleksionsmåleresultaterne indsættes derefter i algoritmen, og den beregnede værdi sammenlignes med den analytisk bestemte værdi. Fig. 9 viser, at der også i denne muskel er god sammenhæng mellem de optisk og de analytisk bestemte proteinværdier. Korrelationen er 0,76.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåde til fotometrisk bestemmelse af individuelle kødemners egenskaber, ved hvilken optiske egenskaber måles i et bredere, sammenhængende bølgelængdeområde ved indstikning af en optisk sonde, og de opnåede måleværdier indsættes i en algoritme, **k e n d e t e g n e t** ved, at man bestemmer koncentrationen C af et indholdsstof ved hjælp af en multivariabel algoritme

$$C = k_0 + k_1 \times R_1 + k_2 \times R_2 + \ldots k_n \times R_n,$$

hvori R_1 til R_n er de optiske refleksionsværdier ved bølgelængderne f_1 til f_n inden for området, idet de tilsammen udgør et sammenhængende spektrum, og k_0 til k_n er forudbestemte konstanter.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, **k e n d e t e g n e t** ved, at de optiske refleksionsværdier måles ved mere end 15, og fortrinsvis ved mere end 30 forskellige bølgelængder f_1 til f_n.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1-2, **k e n d e t e g n e t** ved, at de optiske refleksionsværdier måles ved mindre end 600 og fortrinsvis mindre end 300 forskellige bølgelængder f_1 til f_n.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 1-3, **k e n d e t e g n e t** ved, at området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n er mindst 100 nm og fortrinsvis mindst 200 nm bredt.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 1-4, **k e n d e t e g n e t** ved, at området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n omfatter hovedparten i det synlige område.

6. Fremgangsmåde ifølge krav 1-5, **k e n d e t e g n e t** ved, at området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n omfatter det nærinfrarøde område.

7. Fremgangsmåde ifølge krav 1-6, **k e n d e t e g n e t** ved, at båndbredden af hver af bølgelængderne f_1 til f_n er 1-20 nm.

8. Fremgangsmåde ifølge krav 1-7, **kendetegnet** ved, at algoritmen tilvejebringes ved multivariabel kalibrering ved hjælp af et sæt kalibreringsdata bestående af refleksionsmåleværdier ved bølgelængderne f_1 til f_n og referenceværdier, der udtrykker egenskaben.

9. Fremgangsmåde ifølge krav 8, **kendetegnet** ved, at algoritmen fastlægges ved partial least squares-metoden (PLS).

10. Apparat til fotometrisk bestemmelse af individuelle kødemners egenskaber omfattende en til indstikning i et emne beregnet optisk sonde til måling af emnets optiske egenskaber i et bredere, sammenhængende bølgelængdeområde, samt en databehandlingsenhed til at indsætte de opnåede måleværdier i en algoritme, **kendetegnet** ved, at apparatet er indrettet til at måle de optiske refleksionsværdier ved bølgelængderne f_1 til f_n inden for området, idet de tilsammen udgør et sammenhængende spektrum, og at databehandlingsenheden er indrettet til bestemmelse af koncentrationen C af et indholdsstof ved hjælp af en multivariabel algoritme

$$C = k_0 + k_1 \times R_1 + k_2 \times R_2 + \ldots k_n \times R_n,$$

hvori R_1 til R_n er de optiske refleksionsværdier ved bølgelængderne f_1 til f_n inden for området, og k_0 til k_n er forudbestemte konstanter.

11. Apparat ifølge krav 10, **kendetegnet** ved, at det måler de optiske refleksionsværdier ved mere end 15 og fortrinsvis ved mere end 30 forskellige bølgelængder f_1 til f_n.

12. Apparat ifølge krav 10-11, **kendetegnet** ved, at det måler de optiske refleksionsværdier ved mindre end 600 og fortrinsvis mindre end 300 forskellige bølgelængder f_1 til f_n.

13. Apparat ifølge krav 10-12, **kendetegnet** ved, at området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n er mindst 100 nm og fortrinsvis mindst 200 nm bredt.

14. Apparat ifølge krav 10-13, **kendetegnet** ved, at området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n omfatter hovedparten i det synlige område.

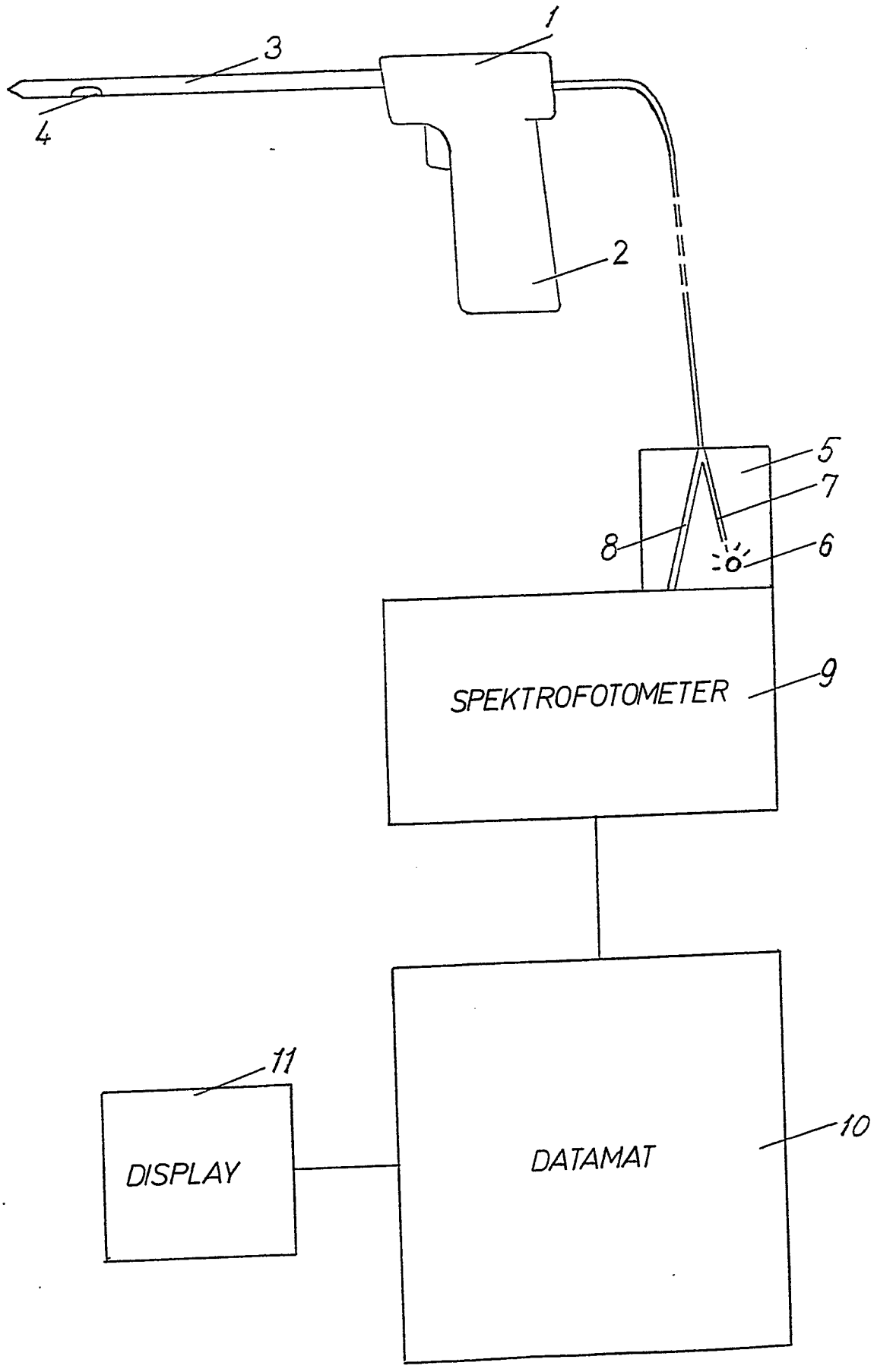
15. Apparat ifølge krav 10-14, **k e n d e t e g n e t** ved, at området omfattende bølgelængderne f_1 til f_n omfatter det nærinfrarøde område.

16. Apparat ifølge krav 10-15, **k e n d e t e g n e t** ved, at båndbredden af hver af bølgelængderne f_1 til f_n er 1-20 nm.

17. Apparat ifølge krav 10-16, **k e n d e t e g n e t** ved, at databehandlingsenheden omfatter en programdel, der kan tilvejebringe eller justere algoritmen ved multivariabel kalibrering.

18. Apparat ifølge krav 10-17, **k e n d e t e g n e t** ved, at databehandlingsenheden har en udgangskanal forbundet til en styreboks, der er indrettet til at styre transportvejen for et undersøgt kødemne og/eller til at påvirke en mærkningsindretning for kødemnet.

fig 1.



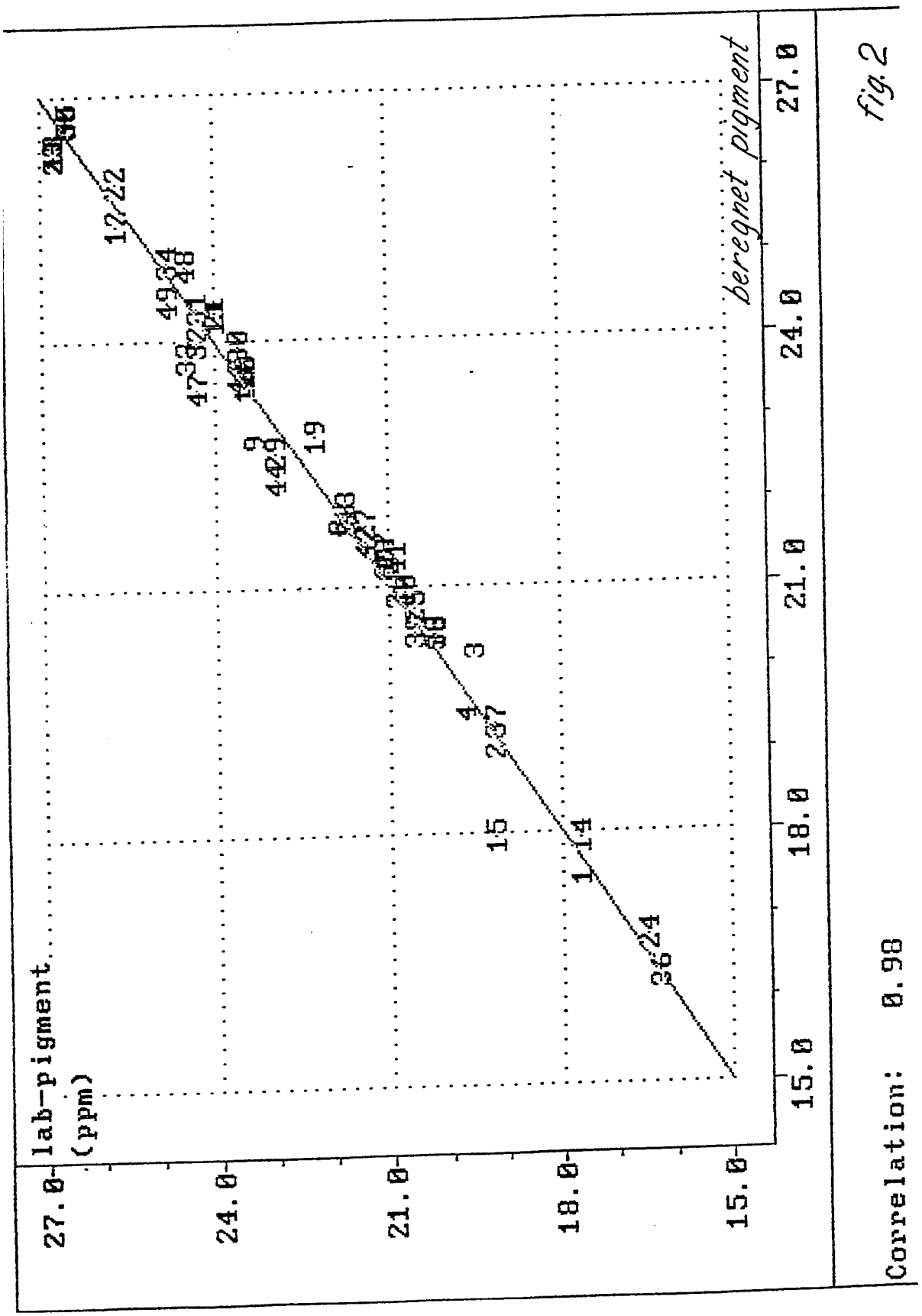

lab-pigment (ppm)
beregnet pigment
27.0
24.0
21.0
18.0
15.0
15.0
18.0
21.0
24.0
27.0
Correlation: 0.98

fig.2

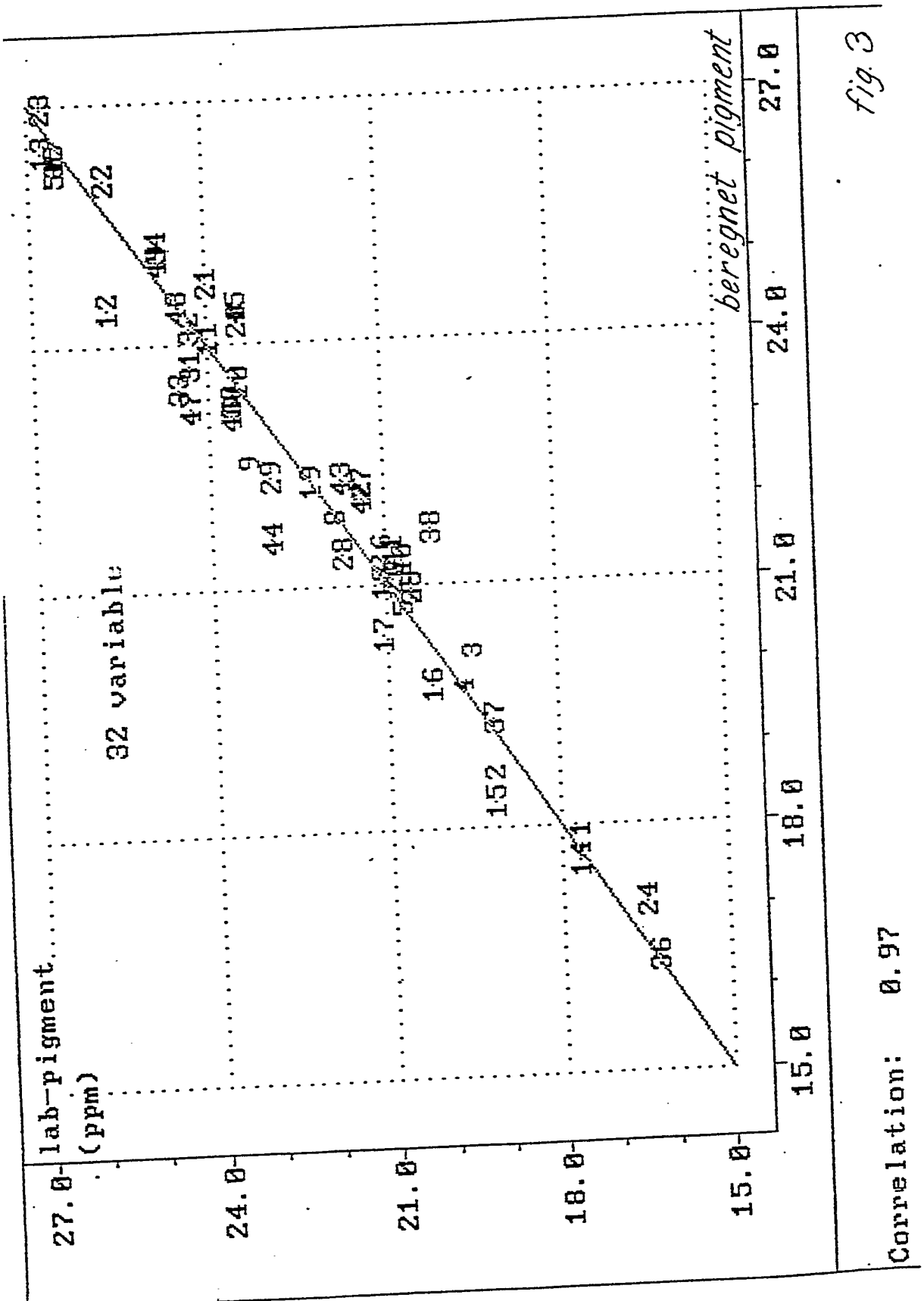

lab-pigment (ppm)
32 variable
beregnet pigment
27.0
24.0
21.0
18.0
15.0
Correlation: 0.97

fig. 3

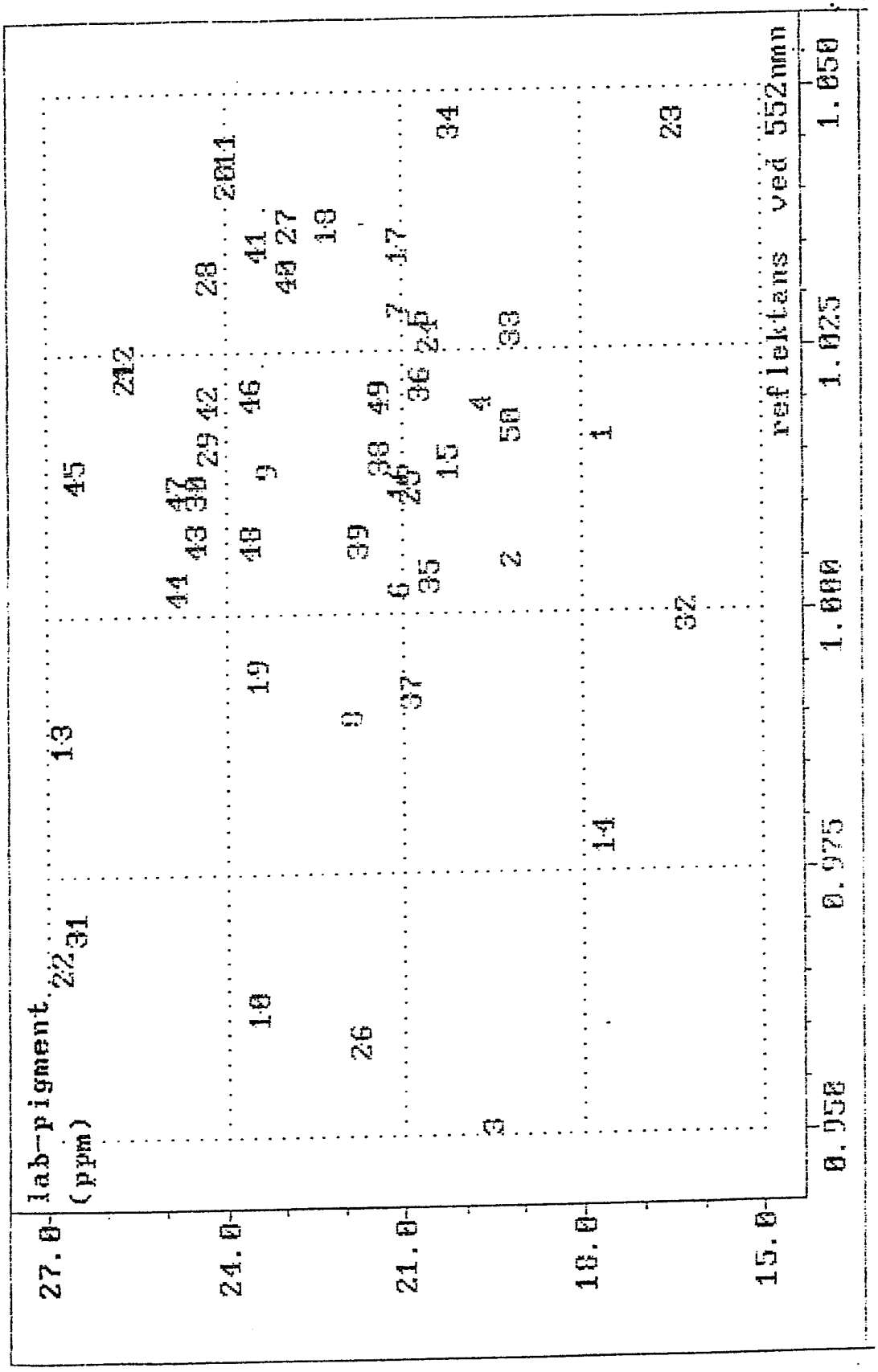

27.0
24.0
21.0
18.0
15.0
lab-pigment (ppm)
0.950
0.975
1.000
1.025
1.050
refleksens ved 552nm

fig.4

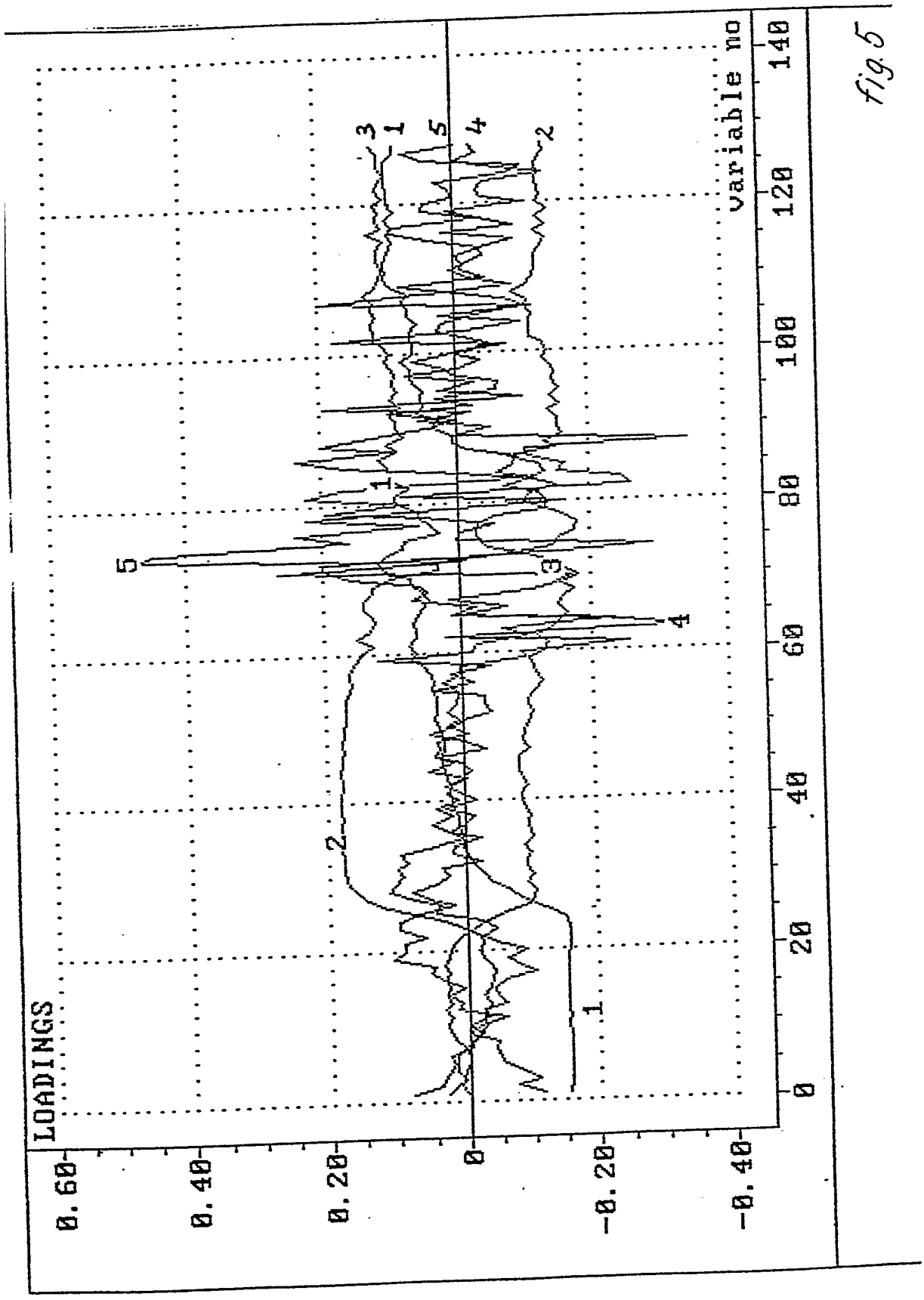

LOADINGS
0.60
0.40
0.20
0
-0.20
-0.40
0
20
40
60
80
100
120
140
variable no
1
2
3
4
5

fig 5

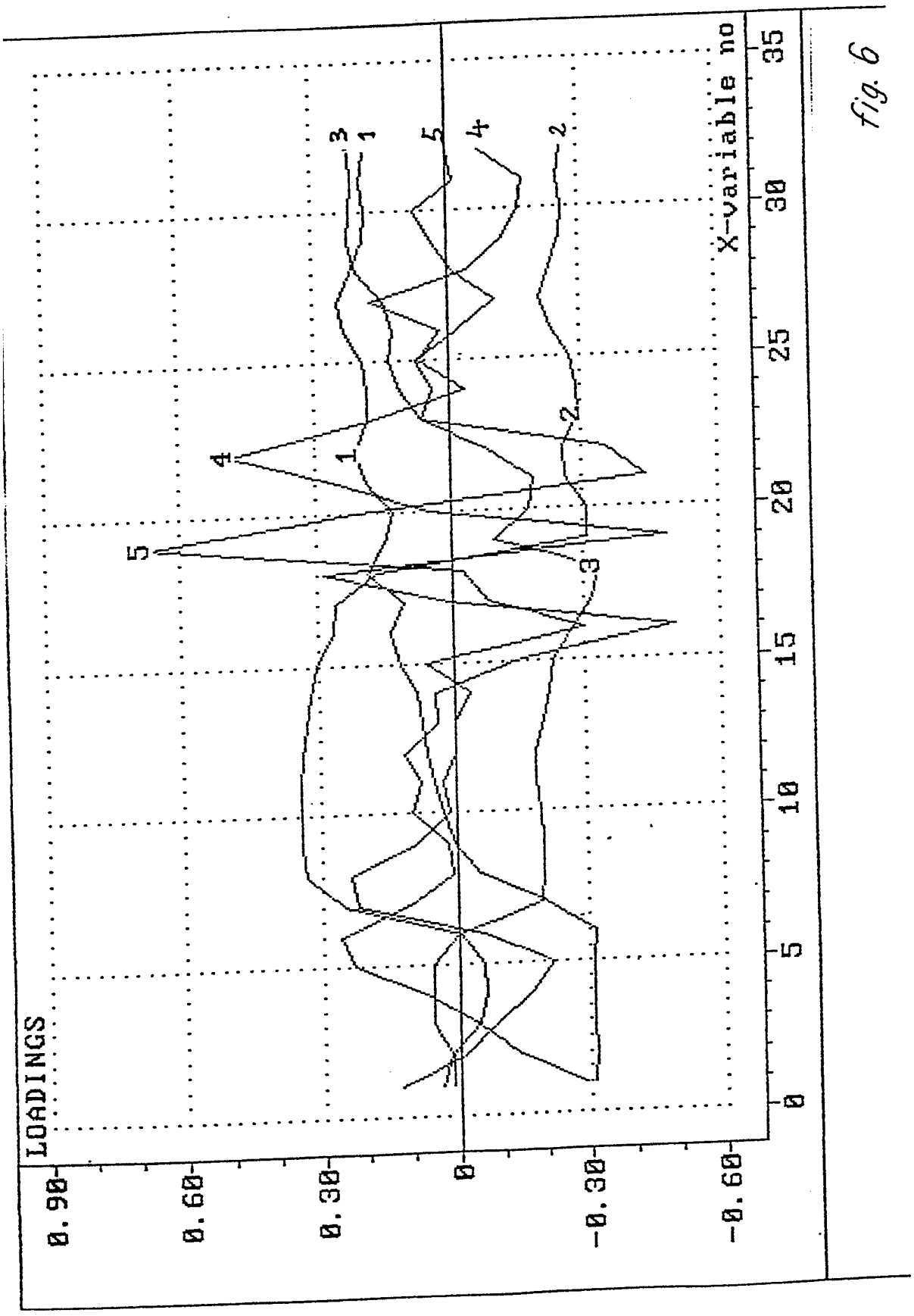

LOADINGS
0.90
0.60
0.30
0
-0.30
-0.60
0
5
10
15
20
25
30
35
X-variable no
1
2
3
4
5

fig. 6

FIG. 7

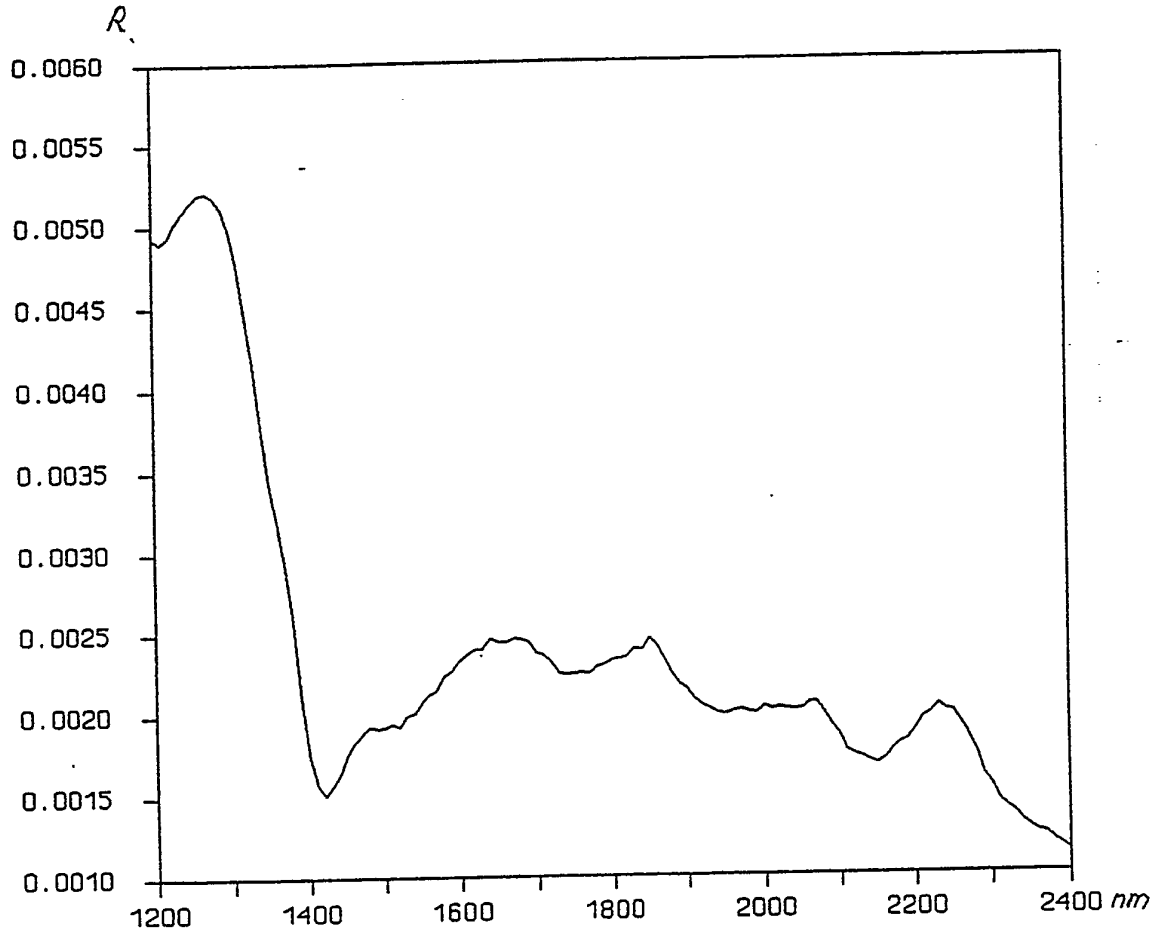

R
0.0060
0.0055
0.0050
0.0045
0.0040
0.0035
0.0030
0.0025
0.0020
0.0015
0.0010
1200
1400
1600
1800
2000
2200
2400 nm

FIG. 8

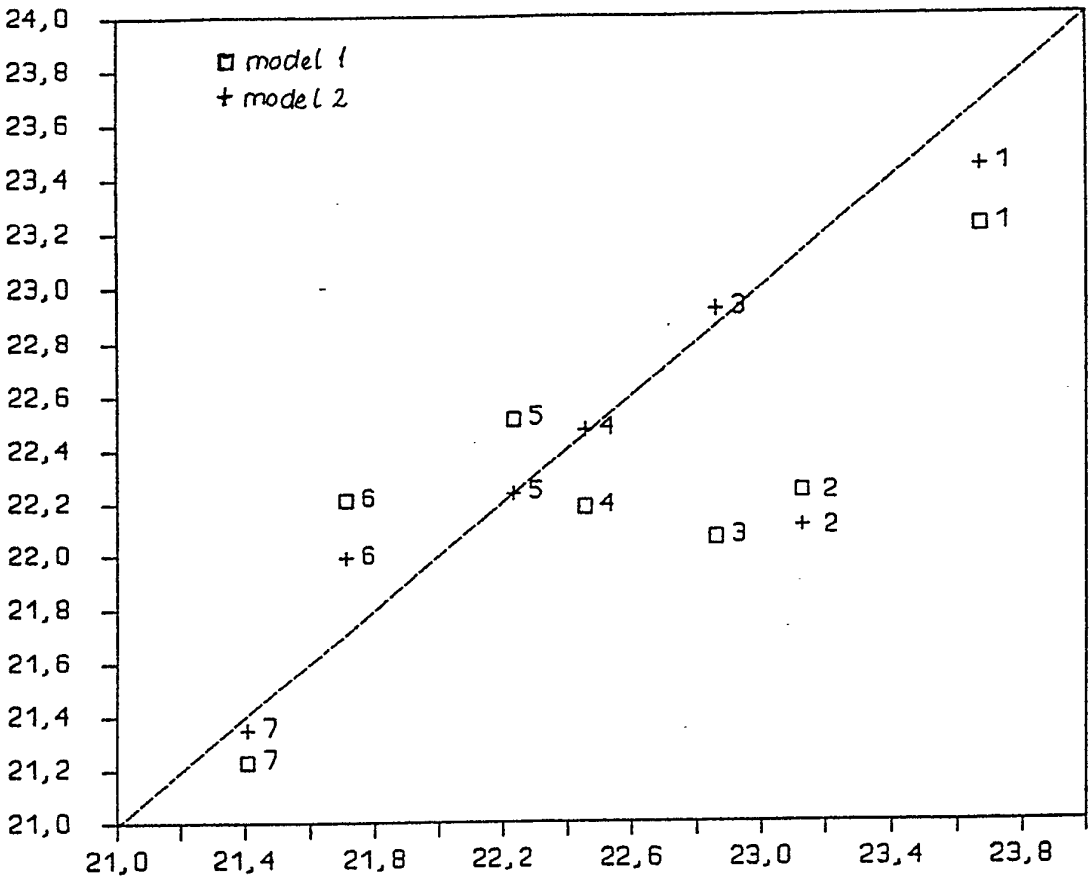
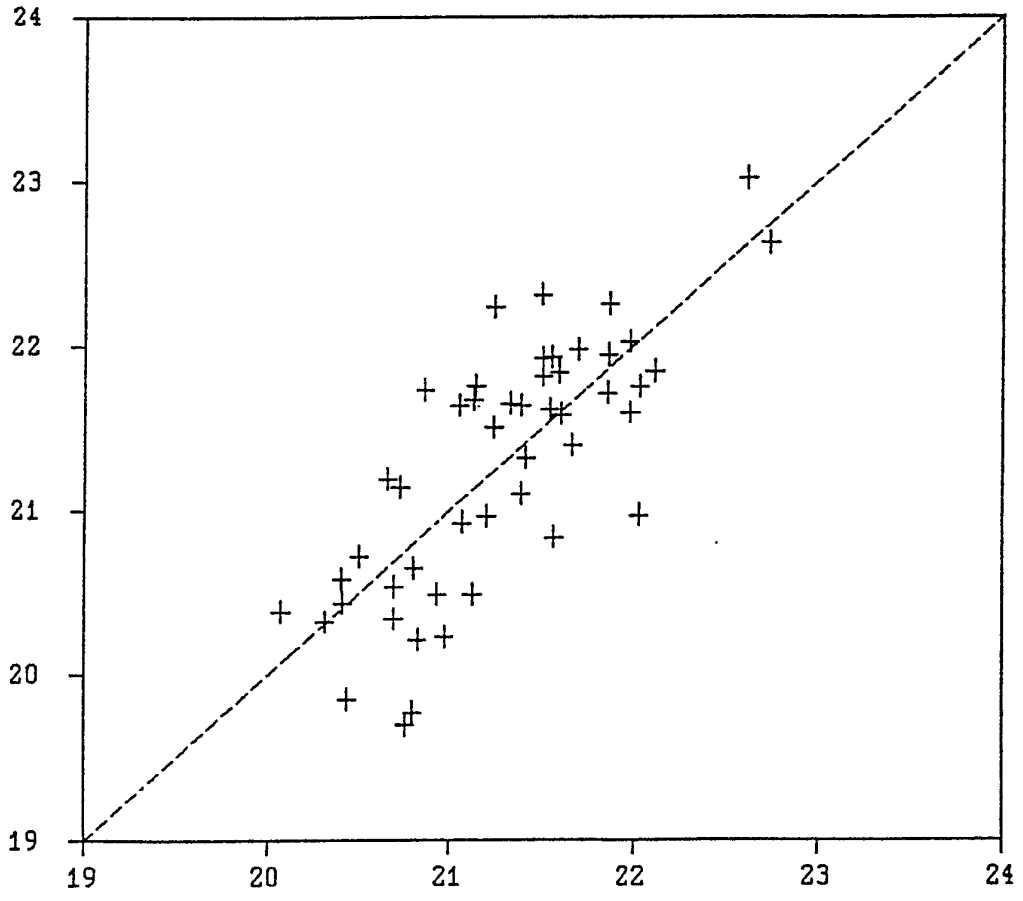

model 1
model 2
24,0
23,8
23,6
23,4
23,2
23,0
22,8
22,6
22,4
22,2
22,0
21,8
21,6
21,4
21,2
21,0
21,0
21,4
21,8
22,2
22,6
23,0
23,4
23,8

FIG. 9


24
23
22
21
20
19
19
20
21
22
23
24