

afdeling Algemene Chemie 14

Rapport 86.25 Pr.nr. 505.6050
Afdeling Algemene Chemie 1986-02-12

Onderwerp: Bepaling van
Rapport 86.25 Pr.nr. 505.6050

stengels m.b.v. NIRA
Onderwerp: Bepaling van kwaliteits-
kenmerkende parameters in asperge-
stengels m.b.v. NIRA

verzamelde, directie, circulator, projectleider, projectbeheer, sectorhoofd, mw W.A. Wagenvoort en dhr
A.W.S. Ammerlaan Landbouwhogeschool Vakgroep Tuinbouwplantenteelt.
Verzendlijst: directeur, directie VKA, afdeling Algemene Chemie,
projectleider (Frankhuizen), H.H.M. van de Worp, ir H. Oortwijn,
circulatie, projectbeheer, sectorhoofd, mw W.A. Wagenvoort en dhr
A.W.S. Ammerlaan Landbouwhogeschool Vakgroep Tuinbouwplantenteelt.

Projekt:

Ontwikkeling methoden van onderzoek voor voedings- en voedermiddelen met behulp van NIRA

Onderwerp:

Bepaling van kwaliteitskenmerkende parameters in aspergestengels met behulp van NIRA

Bijlagen: 9

Doel:

Nagaan of met behulp van Nabij Infrarood reflectie spectroscopie lignine en andere kwaliteitskenmerkende parameters in aspergestengels bepaald kunnen worden.

Samenvatting:

In het kader van doctoraalonderzoek (dhr A.W.S. Ammerlaan, vakgroep Tuinbouwplantenteelt van de LH) wordt onderzoek uitgevoerd naar de inwendige kwaliteitskenmerken van aspergestengels. De inwendige kwaliteit hangt in belangrijke mate af van de "vezeligheid" van de aspergestengel.

Uit literatuur blijkt dat de vezeligheid in belangrijke mate gecorreleerd is met o.a. de hoeveelheid lignine. Omdat deze bepaling tijdrovend is, is nagegaan of met behulp van NIRA deze en andere kwaliteitskenmerkende parameters in aspergestengels bepaald kunnen worden. Door middel van enig oriënterend onderzoek aan het verse (natte) produkt en aan een zestal gevriesdroogde mengmonsters zijn de mogelijkheden nagegaan voor de bepaling van lignine, N.D.F. (neutral detergent fibre), A.D.F. (acid detergent fibre), hemicellulose, ruwe celstof, snijkracht en "klasse indeling" met behulp van NIRA.

Aan de hand van deze resultaten zijn van 24 op ras, groeistadium en samenstelling geselecteerde en gevriesdroogde monsters calibratiecurven opgesteld voor de bepaling van lignine, NDF, ADF en ruwe celstof. Vervolgens zijn van ca. 400 submonsters de gehalten aan lignine, NDF, ADF en ruwe celstof met behulp van de opgestelde calibratiecurven bepaald.

Conclusie:

Rechtstreekse bepaling van chemische en fysische kwaliteitsparameters in verse aspergestengels met behulp van NIRA is door het hoge watergehalte niet mogelijk.

In gevriesdroogde en gemalen monsters blijkt dit voor een aantal parameters wel mogelijk, te weten: lignine, NDF, ADF en ruwe celstof. Voor een calibratieset bestaande uit 24 geselecteerde monsters, werden correlatiecoëfficiënten berekend van resp. 0,95, 0,97, 0,98 en 0,96 met daarbij standaardafwijkingen van de verschillen van 0,33, 1,8,

1,0 en 1,2%.

Door van ca. 400 submonsters bovengenoemde parameters met behulp van NIRA te bepalen is inzicht ontstaan in de verdeling van deze parameters over de stengel.

Gelet op de nauwkeurigheid van de bepalingen en de gemiddelde verschillen tussen rassen lijken gehalte-bepalingen van bovengenoemde parameters niet geschikt om significante verschillen in kwaliteit tussen rassen aan te tonen.

Verantwoordelijk: drs N.G. van der Veen 

Medewerkers/samenstellers: R. Frankhuizen, A.W.S. Ammerlaan (vakgroep
Tuinbouwplantenteelt Landbouwhogeschool Wageningen)

Projektleider: R. Frankhuizen 

1. Inleiding

Vanaf het begin van de jaren zestig werd de behoefte aan informatie over de samenstelling van grondstoffen en eindprodukten in de voedings- en voedermiddelenindustrie steeds groter. Immers, met deze informatie kan een betere kwaliteits- en procesbeheersing worden gerealiseerd.

Het is mede hierdoor dat de belangstelling voor nabij infrarood reflectiespectroscopie (NIR) sterk is toegenomen.

De kracht van NIR ligt in de snelheid van de analyse, waarbij (nagenoeg) geen monstervoorbereiding nodig is.

NIR is daardoor uitermate geschikt als snelle screeningsmethode voor onderzoek van diverse produkten op samenstellende bestanddelen en als hulpmiddel voor procesbeheersing (1).

Veel onderzoek is uitgevoerd naar de bruikbaarheid van NIR om de chemische samenstelling te bepalen van zuivelprodukten (2, 3, 4, 5) en van vlees (6). Ook is met NIR veel onderzoek verricht naar de bepaling van het ruwe celstofgehalte van granen en diervoeders en hiermee in meer of mindere mate correlerende parameters zoals "Neutral Detergent Fiber" (NDF), "Acid Detergent Fiber" (ADF) en lignine (7 t/m 12).

In het kader van een doctoraal onderzoek (dhr A.W.S. Ammerlaan, Vakgroep Tuinbouwplantenteelt van de Landbouwhogeschool in Wageningen) wordt onderzoek gedaan naar de inwendige kwaliteitskenmerken van aspergestengels. (13)

Deze inwendige kwaliteit hangt in belangrijke mate af van de "vezeligheid" van de aspergestengel.

Daar er enerzijds uit literatuur blijkt dat de vezeligheid in belangrijke mate gecorreleerd is met o.a. de hoeveelheid lignine en anderzijds deze bepaling tijdrovend is, is nagegaan of met behulp van nabij infrarood reflectie spectroscopie deze en andere kwaliteitskenmerkende parameters in aspergestengels bepaald kunnen worden.

1.1 Kwaliteitsonderzoek bij aspergestengels

De asperge is een meerjarig gewas dat in het derde groeijaar in produktie kan komen. Aan de wortelstok (kroon) vormen zich dikke vlezige wortels voor water en ionenopname. De knoppen op de kroon lopen uit na de rustperiode. Bij een bodemtemperatuur hoger dan 10°C lopen de knoppen uit. In het donker (of groen licht) blijven de stengels wit. In de vollegrondsteelt worden daarom de rijen opgeploegd. Men oogst van eind april tot 24 juni, waarna men de stengels door laat groeien om via fotosynthese voldoende assimilaten in de kroon te verkrijgen, hetgeen noodzakelijk is voor een oogst in het volgende jaar.

Het is mogelijk asperge evenals witlof op waterculturen te forceren met als voordelen o.a. levering op elk tijdstip (winter!), minder arbeid, geen bodemmoeheid, en mogelijk een betere kwaliteit. De aspergestengels van de vollegrond zijn echter wel veel dikker dan van de watercultuur.

Bij de normale teelt is er slechts een gewichts- en diametersortering en een uitwendige kwaliteitsindeling naar klassen, zoals blauwkoppen (koppen hebben licht gehad), losse koppen (strekking van de kop) etc. Op inwendige kwaliteit wordt niet gelet.

Uit ervaring is bekend dat de vezeligheid van de aspergestengel van

grote invloed is op de smaakbeleving van de consument.

De verwachting is dat met de watercultuur minder vezelige stengels geproduceerd kunnen worden. Derhalve is het belangrijk meer inzicht te krijgen in de inwendige kwaliteitskenmerken van aspergestengels. Er zijn verschillende mogelijkheden om de inwendige kwaliteit te onderzoeken:

1. sensorische bepaling
2. fysische bepaling
3. chemische bepaling.

Ad 1.

Geeft over het algemeen een betrouwbaar beeld van de inwendige kwaliteit. Deze manier van onderzoeken is echter nogal tijdrovend, duur etc.

Een ander belangrijk nadeel is de in de tijd gezien reproduceerbaarheid.

Ad 2.

Op het IBVL is een machine aanwezig die de benodigde kracht meet om door een stengel heen te kunnen snijden. De heer Ammerlaan verwacht een duidelijke relatie tussen benodigde snijkracht en vezeligheid.

Ad 3.

Uit de literatuur blijkt er een behoorlijk goede relatie te bestaan tussen de lignine hoeveelheid en de vezeligheid. Lignine bepalingen zijn simpel maar tijdrovend (een bepaling kost een halve week). In de veevoederindustrie worden veel analyses voor wat betreft de verteerbaarheid van het veevoeder uitgevoerd. De hierbij gebruikte methoden om de Neutral Detergent Fiber (NDF) en Acid Detergent Fiber (ADF) te bepalen zijn mogelijk ook bruikbaar voor dit onderzoek.

2. Proefplan

De proef is opgezet met 12 cultivars (rassen) geward over 12 bakken met in iedere bak 4 planten per cultivar. Elke dag worden de stengels geoogst op 22 cm. Na het oogsten worden de stengels direkt in stukjes gesneden (t.b.v. de snijkracht meting), ingevroren bij -20°C en gevriesdroogd. Op deze manier geeft het water in de asperges (ca. 90% van het versgewicht) geen problemen met de NIRA. Aangezien de lignine vorming in de stengel doorgaat na het oogsten is het noodzakelijk de stengels onmiddellijk te verwerken. In water kunnen de stengels ongeveer 12 uur worden bewaard, zonder verhoging van de vezeligheid. Na het drogen en malen van het materiaal (ongeveer 10 gram per monster) kunnen de NIRA spectra worden opgenomen (non destructief) en, indien nodig voor de calibratie set, hoeveelheden lignine, ADF, NDF en ruwe celstof worden bepaald (destructief).

Schema van de metingen:

- 1 oogsten stengels
neem 6 stengels per ras: 2 dunne, 2 middelmatige, 2 dikke
- 2 snij de stengels op 6, 12, 14.5, 17 en 19 cm van de top
- 3 vriesdroog de versneden stengels en maal ze
- 4 maak mengmonsters waarbij ieder mengmonster bestaat uit 6 x 12 stukjes stengel (6 per 12 rassen)
- 5 neem NIRA spectra van de 6 mengmonsters op
- 6 bepaal het ruwe celstof lignine, ADF, en NDF gehalte, alsook de gemiddelde snijkracht en een "klasse indeling" van de 6 mengmonsters
- 7 relateer 5 aan 6
- 8 Breid de aldus verkregen calibratieset uit d.m.v. selectie en wel met zoveel monsters dat er een robuuste calibratieset ontstaat die representatief is voor de gehele populatie monsters
- 9 bepaal met behulp van NIRA van de onbekende monsters de gehalten aan ruwe celstof, lignine, ADF en NDF

3. Materiaal, methoden en apparatuur.

3.1 Materiaal

De monsters, verkregen zoals beschreven in het proefplan (blz. 5) en samengesteld volgens het in het proefplan beschreven schema, werden na drogen gedurende 1 minuut gemalen met een Moulinette en vervolgens bewaard in goed gesloten potjes.

Van in totaal ca. 400 submonsters werden NIR spectra opgenomen terwijl van 24 "select"gekozen monsters het ADF, NDF, lignine en het ruwe celstofgehalte werden bepaald.

3.2 Chemische analyses

De gehalten aan ADF, NDF en lignine zijn bepaald volgens de methode van Soest (14) en de gehalten aan ruwe celstof volgens de Fibertecmethode (15).

De snijkracht is bepaald met behulp van een Shear Press (16) en de "klasse indeling" werd verkregen aan de hand van de plaats in de stengel.

3.3 Apparatuur

De NIR-apparatuur bestond uit een Technicon Infra Alyzer-500 (IA-500), gekoppeld aan een Hp-1000 minicomputer.

Dit instrument is een computergestuurd systeem, uitgerust met een monochromator met behulp waarvan spectra werden opgenomen over een golflengtegebied van 1100-2500 nm. Hierbij werd om de 4 nm de reflectie gemeten.

3.4 NIR-analyse

Alle monsters werden, bij gebruik van een gesloten cup, in enkelvoud ingelezen. De data verkregen bij gebruik van 350 golflengten werden opgeslagen op een "fixed hard disc" in de $\log 1/R$ (R = reflectie) vorm. Met behulp van een "multiple lineaire regressie"programma werden golflengten geselecteerd die in combinatie de hoogste multiple correlatiecoëfficiënten (R) en de laagste standaardafwijkingen van de verschillen gaven (SEE = standard error of estimate) tussen de NIR-waarden en de chemisch bepaalde gehalten. Tevens werd nagegaan of met 1e en 2e afgeleide spectra betere resultaten verkregen konden worden.

4. Resultaten.

4.1 Resultaten van zes samengestelde monsters

Tussen de NIR-data van zes verzamelmonsters (zie schema proefplan) en de chemisch, fysisch en sensorisch vastgestelde parameters, lignine, NDF, ADF, hemicellulose, snijkracht en klasse-indeling zijn een aantal regressie berekeningen uitgevoerd. De beste resultaten van deze berekeningen staan vermeld in tabel 1. Aan de hand van deze resultaten is beslist met welke parameters het vervolgonderzoek zal plaatsvinden.

Gezien de resultaten in tabel 1 lijken er mogelijkheden te bestaan om met behulp van NIRA de gehalten aan lignine, NDF, ADF en hemicellulose te bepalen. Ook de indeling in klasse geeft boven verwachting goede resultaten.

Voor wat betreft de eerstgenoemde parameters kan opgemerkt worden dat voor lignine en ADF praktisch dezelfde golflengte werd geselecteerd terwijl voor NDF, hemicellulose en "klasse indeling" eveneens een gezamenlijke golflengte werd geselecteerd. Het een en ander duidt op intercorrelatie hetgeen bevestigd wordt door middel van berekeningen waarbij de correlatie tussen de snijkracht en de overige parameters bepaald is (tabel 2).

Hoewel de correlatie van snijkracht met alle overige parameters hoog is (tabel 2), alsook de multiple correlatiecoëfficiënt (tabel 1), lijkt het niet mogelijk hiervoor een betrouwbare calibratie te maken. De F-factoren voor de snijkracht, vermeld in tabel 1, zijn dermate hoog dat zeer kleine verschillen in structuur en samenstelling alsook in de meetnauwkeurigheid tot grote verschillen in resultaten zullen leiden. Gesteld moet dan ook worden dat de bepaling van de snijkracht met behulp van NIRA nauwelijks mogelijk is.

Hoewel voor de klasse-indeling goede mogelijkheden aanwezig lijken te zijn, is uitbreiding van dit onderzoek praktisch niet haalbaar omdat veel en in de tijd gespreid monstermateriaal nodig zal zijn voor sensorische beoordeling.

Het nadeel van de bepaling van het hemicellulosegehalte is dat deze parameter niet direct bepaald kan worden, maar gedefinieerd is als het verschil tussen het NDF en ADF gehalte. Dit introduceert een extra onnauwkeurigheid in de voor de NIR van belang zijnde referentiewaarden. Omdat de correlatie tussen snijkracht en hemicellulose slechter is dan die met ADF en NDF wordt hemicellulose in het vervolgonderzoek niet meegenomen.

Tot slot lijkt het zinvol om de drie overgebleven parameters te weten lignine, NDF en ADF uit te breiden met het ruwe celstofgehalte. Deze bepaling kan snel en redelijk nauwkeurig uitgevoerd worden met behulp van een fibertec automaat (3.2).

Met behulp van de calibratiefactoren zoals vermeld in tabel 1 zijn vervolgens van 144 (sub)monsters afkomstig van de 1e en 2e oogstperiode de lignine NDF, ADF en ruwe celstofgehalten voorspeld. Afhankelijk van samenstelling en ras zijn hieruit 12 monsters geselecteerd en geanalyseerd met behulp van de referentiemethode op lignine, NDF, ADF en ruwe celstofgehalte. In verband met groeistadium en de hiermee samenhangende fysische en chemische verschillen zijn op dezelfde manier van de 3e oogstperiode nogmaals 12 monsters geselecteerd en geanalyseerd. Voor de totale monsterset (ca. 400 monsters) werd

derhalve een calibratieset van 24 representatieve monsters samengesteld met behulp waarvan de gehalten aan lignine, NDF, ADF en ruwe celstof van de gehele monsterset opnieuw voorspeld zijn (bijlagen 8 en 9).

4.2 Resultaten van de calibratiemonsters

De resultaten van de 24 calibratiemonsters voor de bepaling van lignine, NDF, ADF en ruwe celstof staan vermeld in tabel 3. Voor alle vier de parameters betreft het resultaten verkregen met 1^e afgeleide spectra. Bij berekeningen met de "ruwe" $\log 1/R$ data werden weinig specifieke golflengten geselecteerd (figuur 1) en ook lage correlatiecoëfficiënten gevonden (zie tabel 4).

In alle vier de berekeningen werd golflengte 2292 nm geselecteerd als degene met de hoogste lineaire correlatie. Blijkbaar is er met de ruwe NIR-data nauwelijks verschil aan te tonen tussen de verschillende parameters, hetgeen in figuur 1 duidelijk is waar te nemen.

In figuur 2 is een NIR spectrum van een monster gevriesdroogde aspergestengel weergegeven. Er zijn geen scherpe specifieke pieken waar te nemen. Dit verandert wanneer de ruwe data getransformeerd worden naar een 1^e afgeleide spectrum (figuur 3).

Een groot aantal scherpe pieken zijn nu waarneembaar, terwijl de correlatiecoëfficiënten aanzienlijk hoger zijn dan die van de ruwe $\log 1/R$ berekeningen (tabel 3 en figuur 4). Voor alle parameters zijn de calibratiecurven dan ook berekend met de 1^e afgeleide en wel met 2 golflengten. Wat opvalt is dat ook bij de 1^e afgeleide methode voor de verschillende parameters weinig "specifieke" verschillen in de spectra te zien zijn. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door de al eerder genoemde intercorrelatie tussen de lignine, NDF, ADF en ruwe celstofgehalten.

Hoewel er voor duidelijk gedefinieerde verbindingen zoals vet, vocht etc. causale verbanden tussen chemische samenstelling en delen van het spectrum aan te wijzen zijn, zijn die verbanden vaak zwak en/of worden overschaduwed door effecten van andere componenten. Voor de in dit onderzoek bepaalde parameters ligt het nog moeilijker, daar de referentiemethoden al niet op de meting van een goed te definiëren chemische component of fysische eigenschap berusten.

Gelet op dezelfde golflengtenkeuze (tabel 4) en de hoge intercorrelatie tussen de parameters (tabel 2) lijkt het erop dat zowel met NIRA als met de referentiemethode telkens dezelfde - zij het zeer complexe - verbinding - bepaald wordt. Dat er toch met NIR-analyse succes te behalen is komt doordat binnen een groep monsters van eenzelfde product de verstoringen vrijwel gelijk zijn.

De nauwkeurigheid van de analyseresultaten wordt in belangrijke mate bepaald door de nauwkeurigheid van de referentiemethode en door de grootte (aantal) en de variatie (chemische samenstelling, soort, groei stadium etc.) van de calibratie monsterset.

In verband met bovenstaande dienen de calibraties voor vervolgonderzoek uitgebreid en gecontroleerd te worden met voor die monsterset representatieve monsters.

Of de nauwkeurigheid van NIR-analyse voor de beschreven parameters voldoende is zal uit statistische berekeningen moeten blijken. Opgemerkt kan worden dat de berekende variatiecoëfficiënten (tabel 5) voor NDF, ADF en ruwe celstof voor een dergelijke bepaling niet ab-

normaal groot zijn. Die van lignine wordt negatief beïnvloed door de in absolute zin gezien, lage lignine gehalten van de monsters.

In bijlage 4 t/m 7 zijn een viertal diagrammen weergegeven, voorstellende de lineariteit tussen de met NIRA bepaalde gehalten en die met de referentiemethoden en een viertal frequentieverdelingen betreffende de samenstelling van de calibratie monsters.

In bijlagen 8 en 9 zijn de gehalten aan lignine, NDF, ADF en ruwe celstof vermeld van ca. 400 (sub)monsters gevriesdroogde aspergestengels. Deze gehalten zijn bepaald met de in tabel 3 beschreven factoren. Het tweezijdig betrouwbaarheidsinterval van 95% wordt verkregen door de in de tabel 3 vermelde standaardafwijkingen (SEE) met 2 te vermenigvuldigen.

5. Conclusies.

- Rechtstreekse bepaling van chemische en fysische parameters in aspergestengels met behulp van Nabij infrarood reflectie analyse is door het hoge watergehalte niet mogelijk.
- In gevriesdroogde monsters blijken een aantal parameters wel te bepalen te zijn met NIRA te weten: lignine, NDF, ADF en het ruwe celstofgehalte. Voor een calibratieset bestaande uit 24 geselecteerde monsters werden correlatiecoëfficiënten berekend van resp. 0,95, 0,97, 0,97 en 0,96 met daarbij standaardafwijkingen van de verschillen van 0,33, 1,8, 0,98 en 1,2%.
De nauwkeurigheid van de lignine bepaling voor kwantitatief gebruik is met NIRA onvoldoende. Het een en ander wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de onnauwkeurigheid van de referentie methode en de smalle range van de gehalten aan lignine in de calibratiemonsters. Voor de NDF, ADF en ruwe celstofbepaling moet rekening gehouden worden met een variatiecoëfficiënt van ca. 10%.
- Er zijn met NIRA geen specifieke verschillen gevonden tussen de verschillende onderzochte parameters lignine, NDF, ADF en ruwe celstof.
- Hoewel voor de parameter "snijkracht" van een zestal monsters een hoge correlatie berekend is, lijkt deze parameter niet voldoende nauwkeurig met NIRA te bepalen te zijn.
- Indeling van aspergestengels in klassen (bijvoorbeeld gecorreleerd aan sensorische metingen) lijkt met behulp van NIRA tot de mogelijkheden te behoren. Het aantal monsters betrokken bij de berekening is echter te klein om hierover een eindoordeel te kunnen geven.
- In verband met het sterk empirische karakter van de hemicellulose bepaling zijn van de totale monsterset geen hemicellulose gehalten voorspeld met NIRA. Indirect kan het hemicellulose gehalte berekend worden (evenals bij de referentiemethode) uit de verschillen tussen de NDF en de ADF gehalten.
- Van ca. 400 submonsters zijn met behulp van een aantal calibratiecurven de gehalten aan lignine NDF, ADF en ruwe celstof bepaald. Hierdoor is inzicht ontstaan in de verdeling van deze parameters over de stengel en tussen dunne en dikke stengels.
- Gelet op de nauwkeurigheid van de bepalingen en de gemiddelde verschillen tussen rassen lijken de gehaltebepalingen van bovengenoemde parameters niet geschikt om significante verschillen in kwaliteit tussen rassen aan te tonen.

Literatuur.

- 1 R. Frankhuizen en N.G. van der Veen, Nabij infrarood reflectispectroscopie (NIR): Screeningsmethode voor onderzoek van voedings- en voedermiddelen en hulpmiddel bij de procesbeheersing. Voedingsmiddelentechnologie 16 (1983) nr. 19 blz. 53.
- 2 R. Frankhuizen, E.A.M. Boers en H. Oortwijn. Het vaststellen van de samenstelling van magere melkpoeder met behulp van Nabij Infrarood Reflectie spectroscopie (NIR). Zuivelbericht 75 (1983) 210.
- 3 R. Frankhuizen, E.A.M. Boers en H. Oortwijn. Het vaststellen van de samenstelling van karnemelkpoeder met behulp van Nabij Infrarood Reflectiespectroscopie (NIR). Zuivelbericht 75 (1983) 547.
- 4 R. Frankhuizen en N.G. van der Veen. Bepaling van de samenstelling van kaas met behulp van Nabij Infrarood Reflectiespectroscopie (NIR). Zuivelbericht 76 (1984) 36.
- 5 R. Frankhuizen and N.G. van der Veen. Determination of major and minor constituents in milk powders and cheese by near infrared reflectance spectroscopy. Neth. Milk Dairy J. 39 (1985) 191-207.
- 6 R. Frankhuizen en N.G. van der Veen. Bepaling van de samenstelling van gehakt met behulp van Nabij Infrarood Reflectiespectroscopie (NIR). Voedingsmiddelentechnologie 18 (1985) nr. 18 blz. 45.
- 7 R. Frankhuizen en N.G. van der Veen. De bepaling van het ruwe celstofgehalte in bepaalde diervoeders met behulp van NIRA. RIKILT-rapport 84.39.
- 8 I.S. Shenk, W.N. Mason, M.L. Risius, K.H. Norris and R.F. Barnes, Application of infrared reflectance analysis to feedstuff evaluation. Journal Series of the Pennsylvania Agricultural Experiment Station, 1976 no. 5015.
- 9 I.S. Shenk, M.O. Westerhaus and M.R. Hoover. Analysis of Forages by Infrared Reflectance. J. Dairy Sci. 62 (1979) 807.
- 10 Y.W. Park, M.S. Anderson and A.W. Mahoney. Potential of near infrared reflectance (NIR) spectroscopy for estimating nutrient content of dehydrated vegetables. J. of Food Sci. 47 (1982) 1558.
- 11 D. Bakker, The determination of fiber in processed cereal foods by near-infrared reflectance spectroscopy. Cereal Chem. 60 (1983) 217.

- 12 L. Horvath, K.H. Norris, M. Horvath-Mosonyi, I. Rigo and E. Hegedus-Volgesi, Study into determining dietary fiber of wheat bran by NIR technique.
Acta Alimentariae 13 (1984) 355.
- 13 Ammerlaan, A.W.S., 1986. Methoden tot bepaling van de vezeligheid bij asperge. Doctoraal Verslag Tuinbouwplantenteelt.
- 14 P.J. Van Soest and R.W. Mc. Queen, The chemistry and estimation of fibre (Symposium on "fibre in human nutrition").
Proceedings Nutr. Soc. 32 (1973) 123.
- 15 Ruwe celstofbepaling op het fibertec systeem.
Pers. Med. IVVO rapport no. 119
- 16 R.C. Wiley, N. Elehwany, A. Kramer and F.J. Hager, The Shear-Pressan instrument for measuring the quality of foods. IV Application to asparagus.
Food Technology 10, (1956) 439-443.

Tabel 1. NIR gegevens van 6 monsters gevriesdroogde aspergestengel.

Parameter	Rekenmethode	Range	λ	R	SEE	Fo	F-value	F ₁ t/m Fx
lignine % D.S.	2e afgeleide	0.3-0.7	2248	0.997	0.04%	3.16	750	-304
N.D.F. % D.S.	step-up, log 1/R	9.2-25.4	2064,1420	0.993	0.92%	86	114	-676;1262
A.D.F. % D.S.	2e afgeleide	6.3-16.0	2252	0.999	0.22%	8.7	1405	-1878
Hemicellulose % D.S.	step-up log 1/R	1.5-6.3	1632;1420	0.999	0.04%	23.8	3966	-355;331
Snijkracht [N]	all combinations log 1/R	28-200	1786;2206	0.999	2.64	-1322	1910	54112;-25967
Klasse-indeling (in klasse 1 t/m 6)	step-up log 1/R	1-6	2156;1424	0.999	0.06	5.6	2458	-105;269

λ = golflengte in nm
R = multiple correlatie coëfficiënt
SEE = standard Error of Estimate
Fo = intercept of bias
F-value = betrouwbaarheidstest
F₁ t/m Fx = calibratiefactoren

Tabel 2. Lineaire correlatie coëfficiënten tussen snijkracht en lignine, N.D.F., A.D.F.;, hemicellulose en "klasse-indeling" van 6 samengestelde monsters gevriesdroogde aspergestengel.

Parameter	
lignine	0.904
N.D.F.	0.955
A.D.F.	0.961
hemicellulose	0.911
klasse-indeling	0.970

Tabel 3. NIR gegevens 24 calibratiemonsters gevriesdroogde aspergestengel, uitgaande van 1e afgeleide spectra.

Parameter	Rekenmethode	Range	λ	R	SEE	Fo	F-value	F ₁ t/m Fx
lignine %D.S.	1e afgeleide	0.7-4.3	1568,1936	0.947	0.33	1.43	82	-890,651
N.D.F. % D.S.	1e afgeleide	9.6-35.0	1936,1532	0.973	1.8	26.6	168	3129,-4906
A.D.F. % D.S.	1e afgeleide	6.4-22.9	1936,1564	0.983	0.98	9.22	269	3063,-3815
ruwe celstof % D.S.	1e afgeleide	5.4-18.2	1936,1560	0.956	1.2	7.68	106	2339,-2897

Tabel 4. NIR-gegevens van 24 calibratie monsters gevriesdroogde aspergestengel, uitgaande van log 1/R data.

Parameter	Rekenmethode	Range	λ	R	SEE	Fo	F-value	F ₁
lignine %D.S.	step-up log 1/R	0.7- 4.3	2292	0.52	0.91	5.5	7.5	- 6.07
N.D.F. % D.S.	step-up log 1/R	9.6-35.0	2292	0.54	6.7	46.8	8.4	-47.7
A.D.F. % D.S.	step-up log 1/R	6.4-22.9	2292	0.29	4.6	19.0	2.5	-13.6
ruwe celstof % D.S.	step-up log 1/R	5.4-18.2	2292	0.18	3.9	12.7	0.7	- 6.3

Tabel 5. Variatiecoëfficiënten van de lignine, N.D.F., A.D.F. en ruwe celstofbepaling m.b.v. NIRA.

Parameter	VC SEE
lignine	18.1
N.D.F.	9.9
A.D.F.	8.7
ruwe celstof	13.2

$$VC \text{ SEE} = \frac{SEE}{\text{gemiddeld gehalte}} \times 100\%$$

File name CCAFCL.C
File date 2:28 AM TUE., 23 APR., 1985
File ID 24 MONSTERS ASPERGE VOOR DE LIGNINE CALIBRATIE
Graph of samples

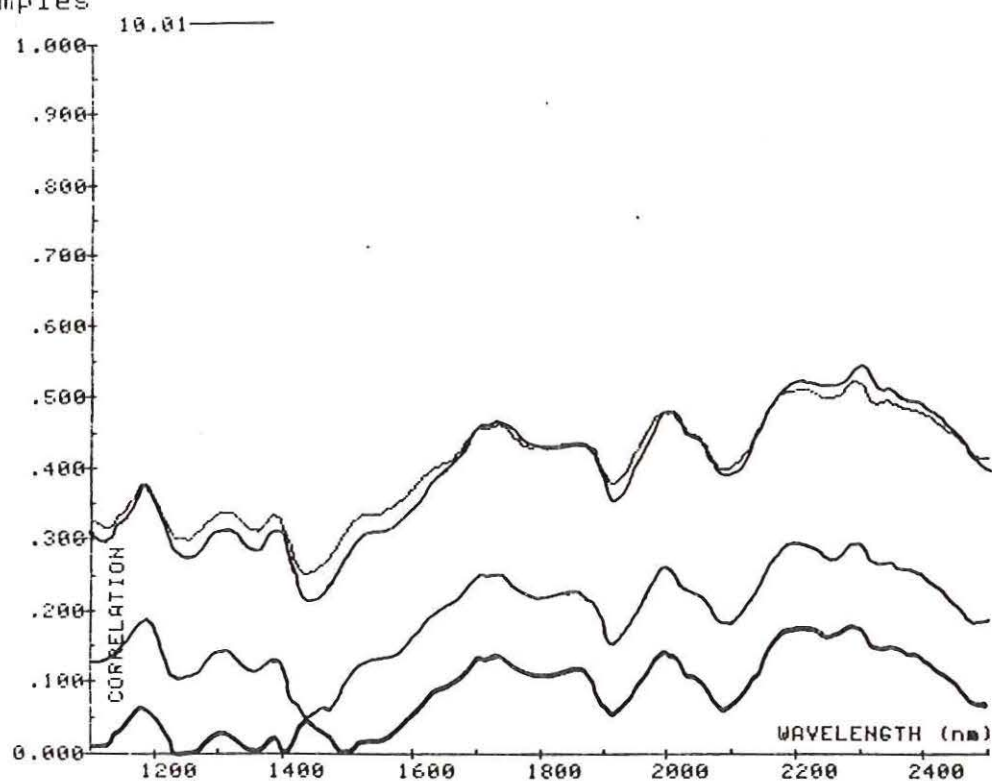


Fig.1 Correlatiediagram van 24 calibratiemonsters
gevriesdroogde aspergestengel — lignine,
— N.D.F., — A.D.F., — ruwecelstof.

File name DCAFCL.D
File date 12:21 AM WED., 26 JUNE, 1985
File ID PREDICTED FILE GEVRIESDROOGDE ASPERGES

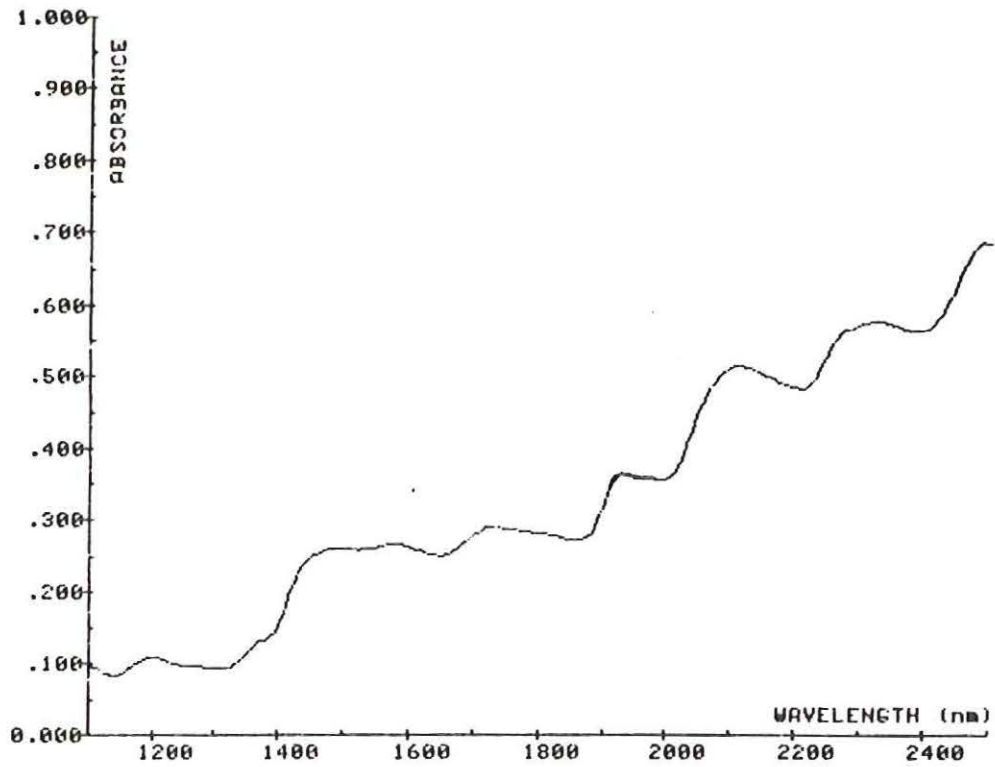


Fig.2 NIR-spektrum van een monster gevriesdroogde aspergestengel.

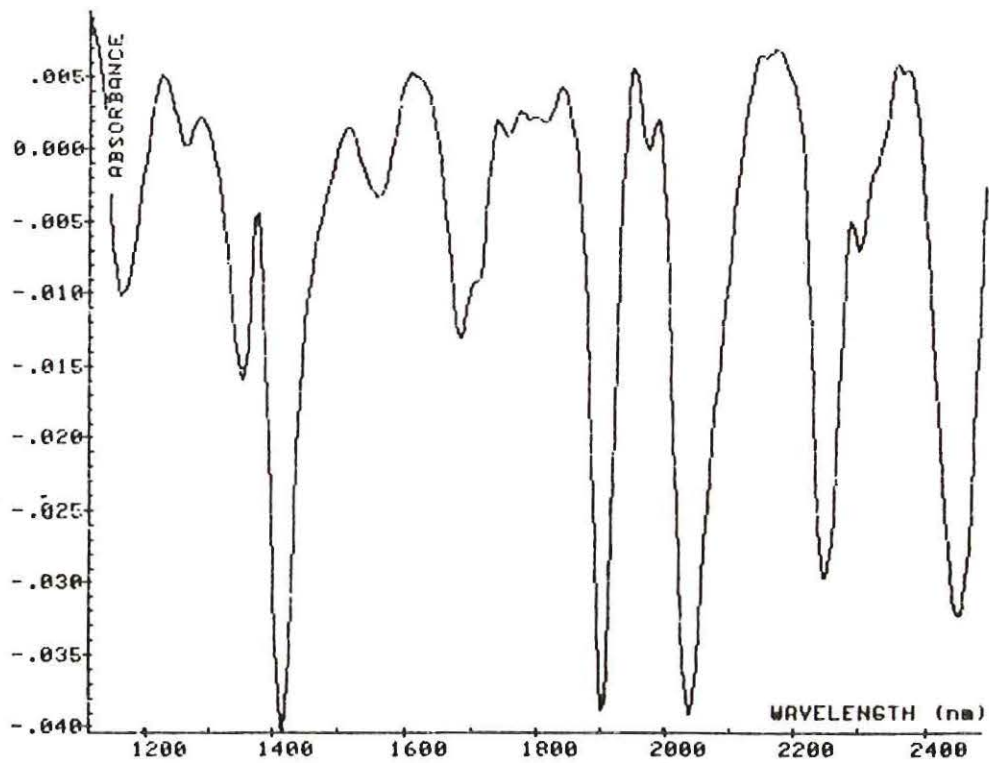


Fig.3 1^o afgeleide NIR-spektrum van een monster gevriesdroogde aspergestengel.

File name CCAPCL.C
 File date 10:57 PM MON., 22 APR., 1985
 File ID 24 MONSTERS ASPERGE VOOR LIGNINE CALIBRATIE
 Graph of samples

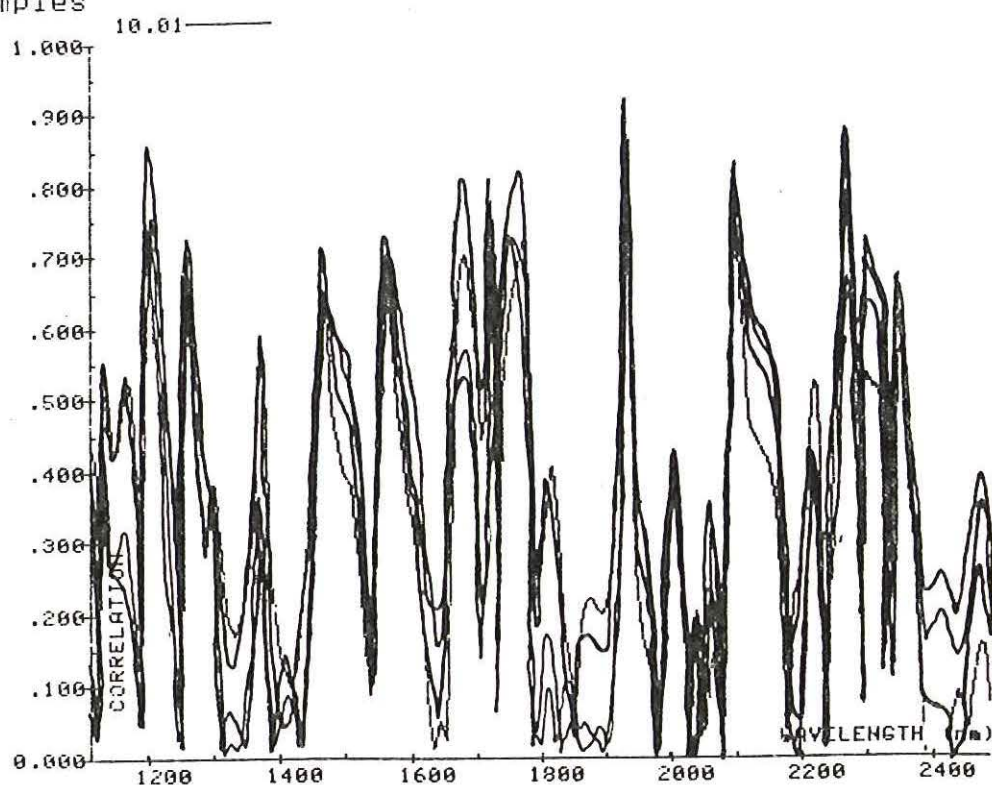


Fig.4 1^e afgeleide correlatiediagram van 24 calibratie
 monsters gevriesdroogde aspergestengel ____lignine,
 ____ N.D.F, ____ A.D.F, ____ ruwecelstof.

Constituent : %LIGNINE RESIDUAL PLOT Data File : DCAFCL,C Equation File : EQAFCL

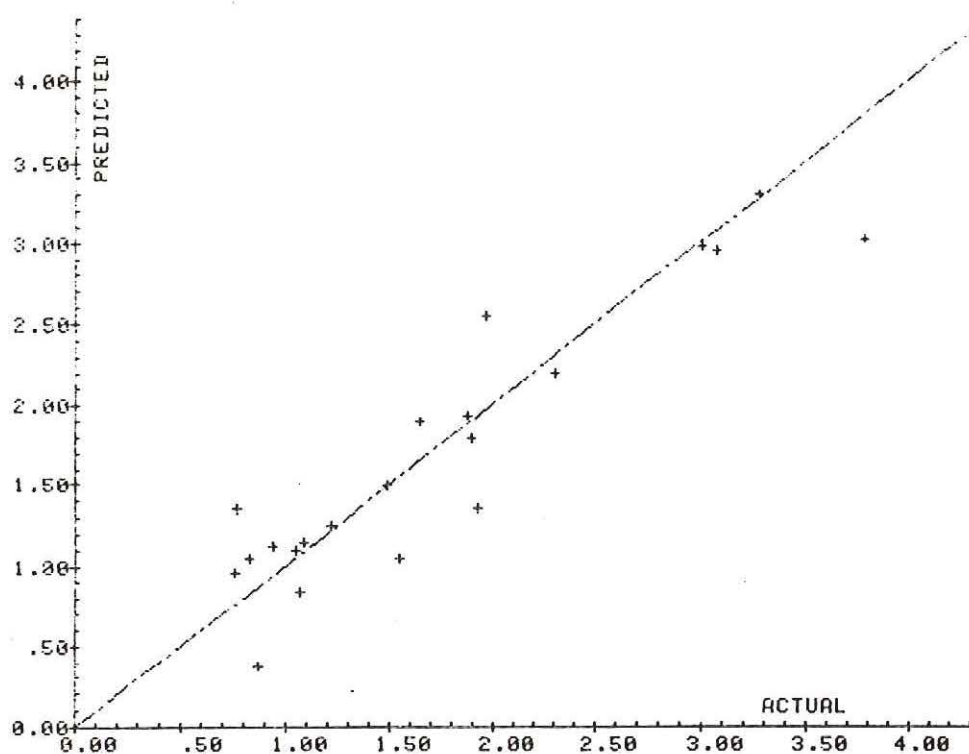


Fig.5 De lineariteit tussen lignine bepaald door NIRA en lignine bepaald m.b.v de referentiemethode.

Constituent : %LIGNINE HISTOGRAM PLOT Data File : DCAFCL,C Equation File : EQAPC

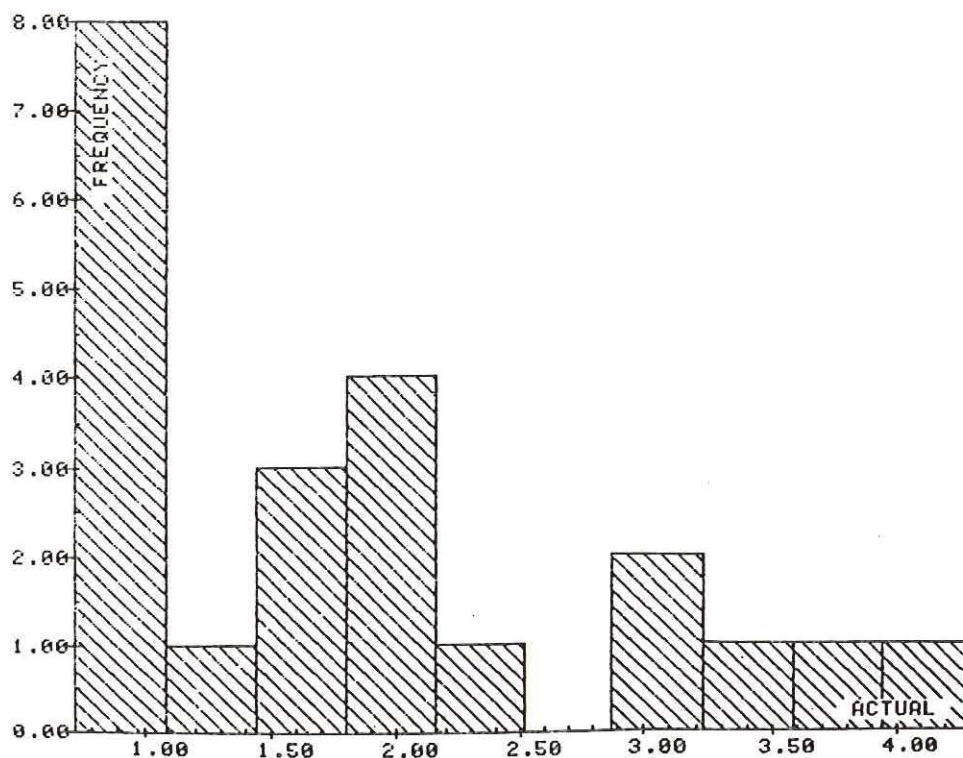


Fig.6 Frequentieverdeling van calibratie monsters op ligninegehalte

Constituent :

NDF

RESIDUAL PLOT

Data File : DCAFCN.C

Equation File : ECAPCN

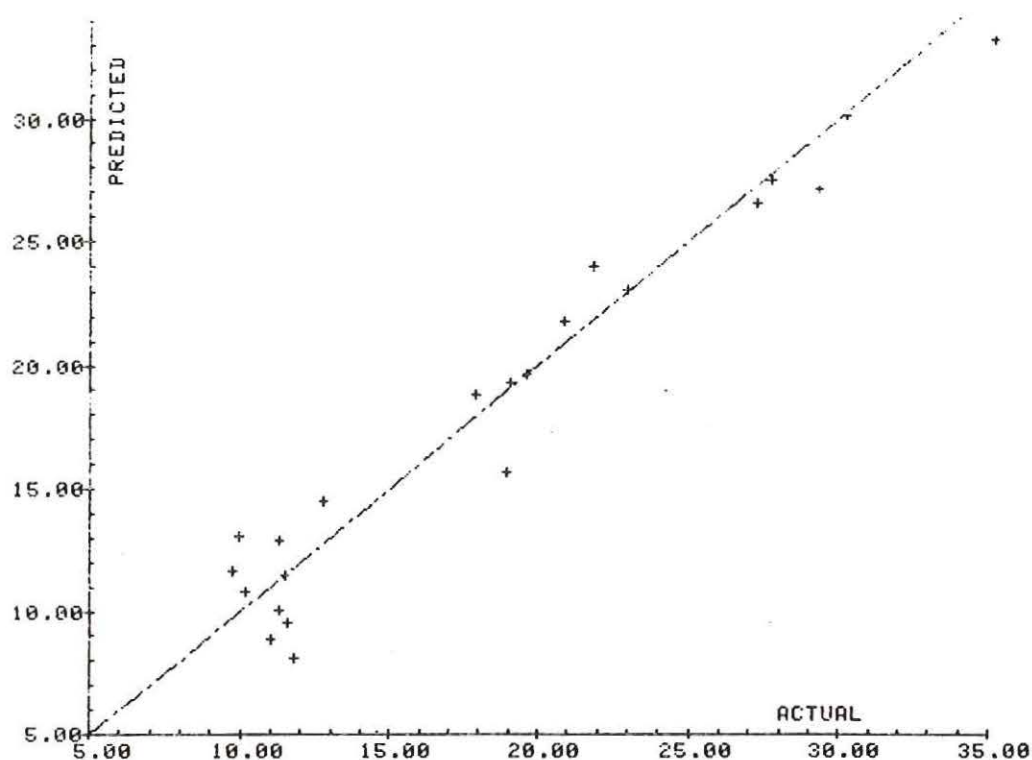


Fig.7 De lineariteit tussen N.D.F bepaald door NIRA
en N.D.F bepaald m.b.v de referentiemethode.

Constituent :

NDF

HISTOGRAM PLOT

Data File : DCAFCN.C

Equation File : EQAPCN

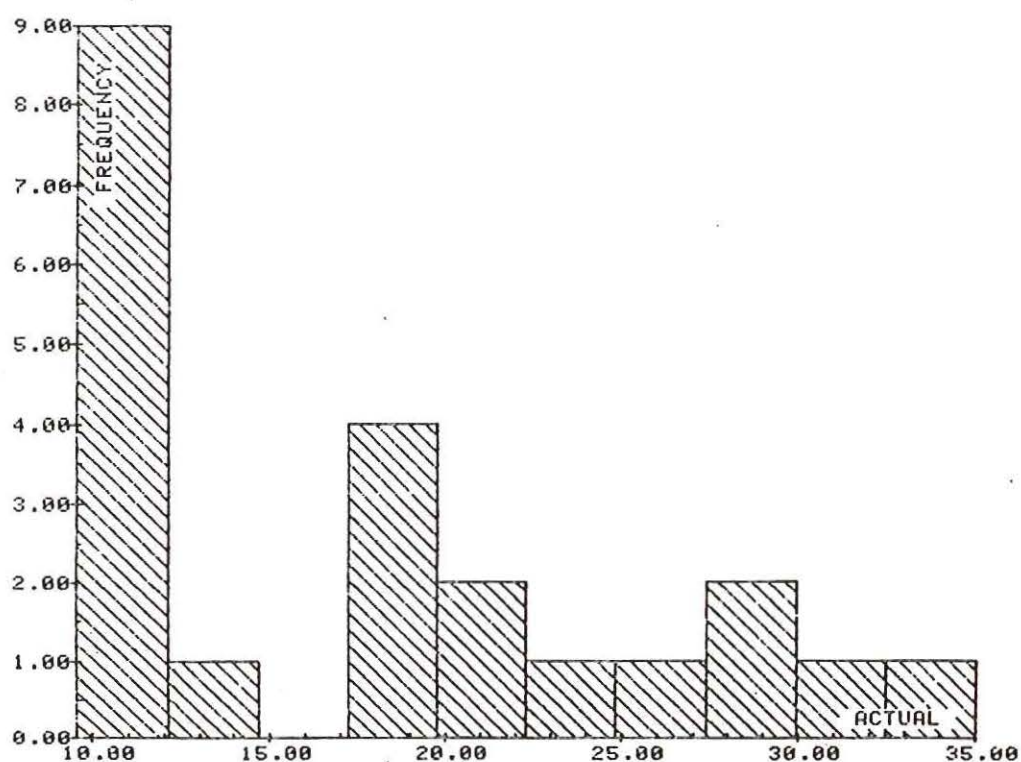


Fig.8 frequentieverdeling van calibratiemonsters op N.D.F-gehalte.

Constituent :

ADF

RESIDUAL PLOT
Data File : DCAPCA,C

Equation File : EGAPCA

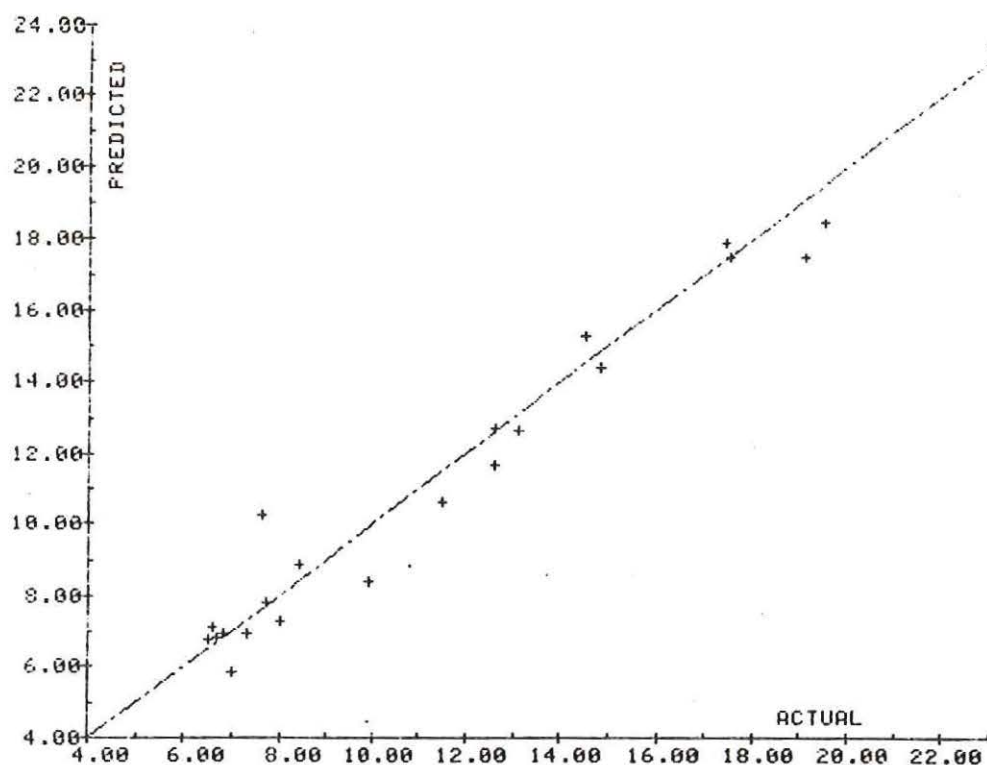


Fig.9 De lineariteit tussen A.D.F bepaald door NIRA
en A.D.F bepaald m.b.v de referentiemethode.

Constituent :

ADF

HISTOGRAM PLOT
Data File : DCAPCA,C

Equation File : EGAPCA

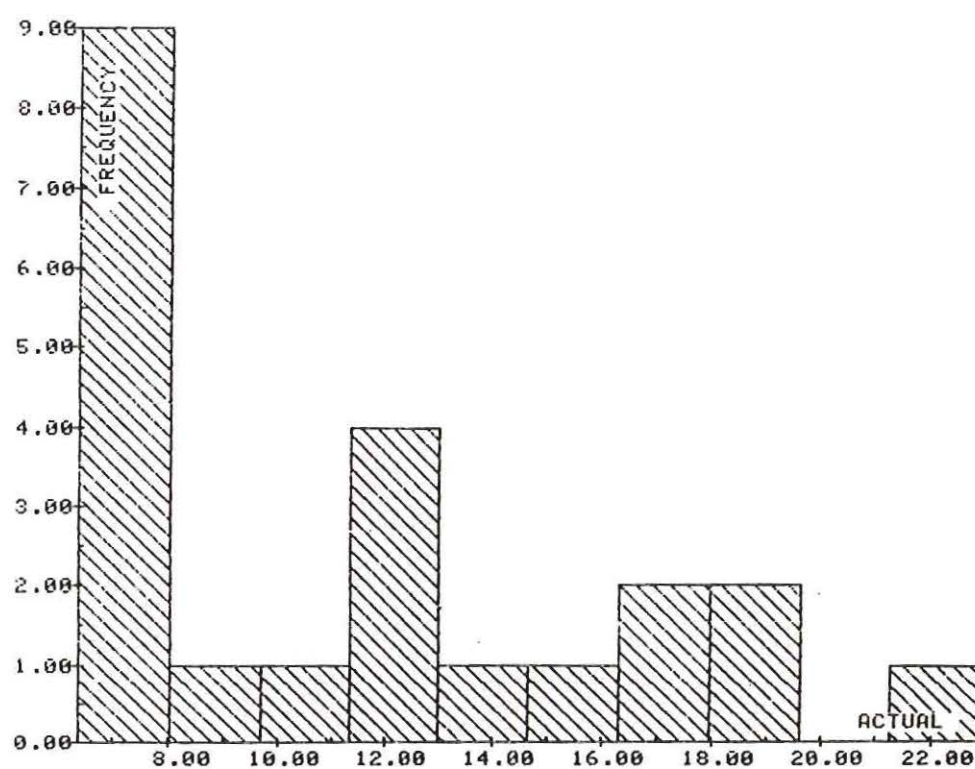


Fig.10 Frequentieverdeling van calibratiemonsters op A.D.F-gehalte.

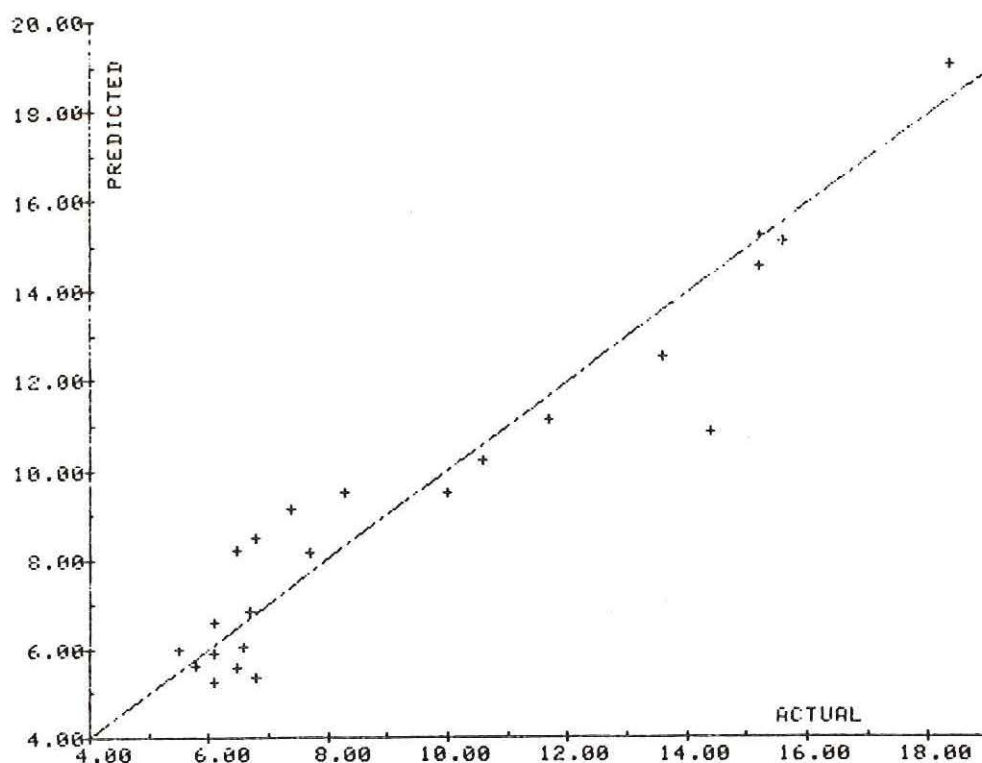


Fig.11 De lineariteit tussen ruwecelstof bepaald door NIRA en ruwecelstof bepaald m.b.v de referentiemethode.

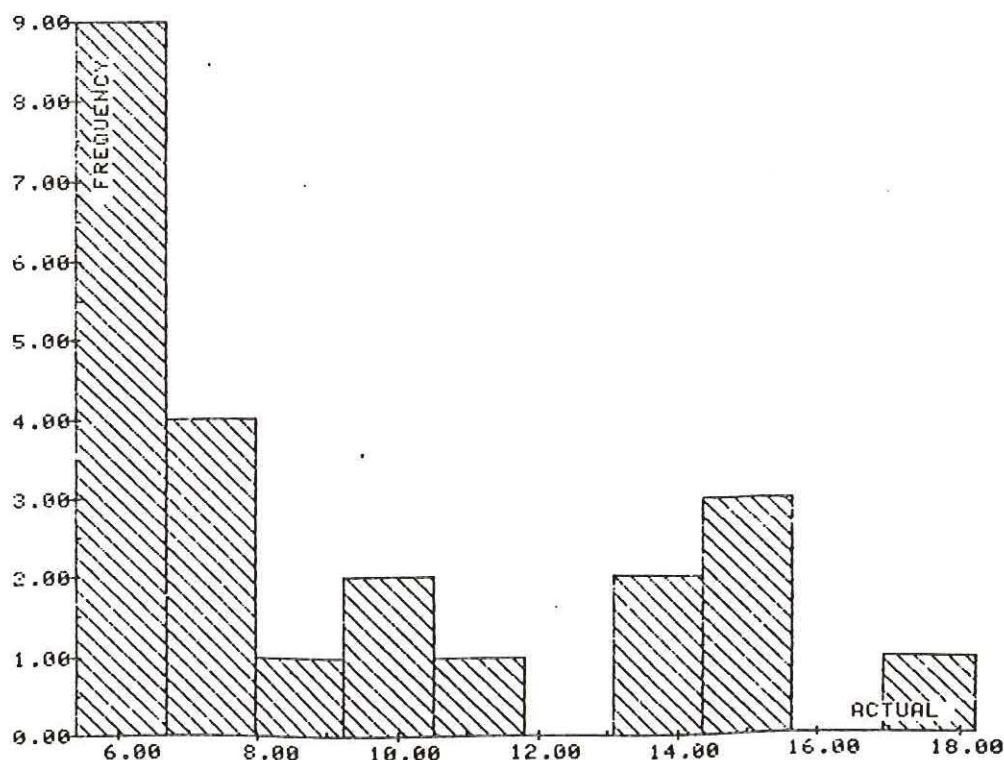


Fig.12 Frequentieverdeling van calibratiemonsters op ruwecelstof gehalte.