

DE BEREIDING VAN EIWIT UIT GROENVOEDERGEWASSEN (PROJECT 291)

with summary

W. B. DEIJS en J. J. I. SPRENGER

INLEIDING

In de afgelopen jaren werd van verschillende zijden gewezen op het belang van het winnen van eiwit, althans van producten met een hoog eiwit- en een laag ruwe-celstofgehalte, uit verse groenvoedergewassen. Met dit probleem hebben zich zowel Amerikaanse, Engelse als Nederlandse onderzoekers beziggehouden. In een recent rapport hebben PIRIE, MILLER en BARNES (8) dit onderwerp uitvoerig behandeld; daarbij worden meer dan 150 publicaties besproken.

De betekenis van een dergelijke eiwitwinning werd door verschillende onderzoekers ingezien. In een recent artikel wordt hierop door PIRIE (9) de nadruk gelegd. Allerlei pogingen, die tot dusver werden gedaan, hebben geleid tot producten, die, gezien het hoge gehalte aan ruw eiwit en het lage gehalte aan ruwe celstof, gerekend kunnen worden tot de zg. krachtvoerders. Een zuivering van de verkregen producten biedt nog mogelijkheden om het eiwit geschikt te maken voor menselijke consumptie. Uit diverse publicaties, o.a. uit die van CHIBNALL (2) en DE MAN (6, 7) is nl. gebleken, dat het volledige eiwit uit gras een voedingswaarde bezit, welke vergelijkbaar is met die van de beste eiwitvoedingsmiddelen. Dit geldt ook voor de eiwitten uit andere planten, o.a. lucerne.

Al waren vele onderzoekers het eens over de goede kwaliteit van het eiwit uit planten en omtrent de gunstige eigenschappen daarvan als voedingsmiddel voor dier en mens, toch bleef nog steeds de vraag, of het economisch wel verantwoord zou zijn deze eiwitten uit het ten dienste staande materiaal (gras, lucerne) te isoleren. Aangenomen kan worden, dat men door middel van kneuzen en persen moet trachten uit het plantenmateriaal zoveel mogelijk van het eiwit in het perssap af te zonderen. In het verkregen perssap kan bv. door verhitting het eiwit worden gecoaguleerd. De ruwe celstof behoort zoveel doenlijk in het persresidu achter te blijven.

Bij een zuiver mechanische bewerking werden goede resultaten verkregen met een zg. wringerpers, een apparaat, dat o.m. gebruikt wordt voor het uitpersen van olie uit zaden. In dit apparaat treden kneuzing en persing ongeveer gelijktijdig op. Persingen met walsen en hydraulische persen gaven minder goede resultaten, aangezien de duur van de persdruk daarbij te kort was. Wanneer ontsluitingen door fermenten in het proces werden opgenomen, konden hogere percentages (tot 50%) van het oorspronkelijk aanwezige eiwit in het sap worden vermeld. SLADE (11) gebruikte daarvoor papaine en WHITE c.s. (13) een cultuur van *Clostridium roseum*.

Voorts bleek uit proeven van SLADE (10), dat de verwijdering van eiwit sterk bevorderd wordt door na elke persing aan het residu weer water toe te voegen en opnieuw te persen.

In het verkregen perssap wordt het eiwit meestal gecoaguleerd door verhitting; daarbij slaan ook andere stoffen neer, zoals zouten en koolhydraten. In het coagulum zal tevens nog wat ruwe celstof voorkomen, daar de vezels, vooral bij een intensieve kneuzing, dusdanig verkleind worden, dat zij in het perssap gesuspendeerd blijven.

Van het verkregen coagulum dient ten slotte nog een houdbaar product te worden gemaakt. Door SLADE wordt vermeld, dat uit de verkregen brij een kaasachtige substantie kan worden bereid, die na bedekking met een waslaag kan worden bewaard. Een andere wijze van conserveren is droging tot een watergehalte van ca 10%; daarboven kan beschimmelingsoptreden.

Door het coagulum te behandelen met amylicalcohol ontstaat een smakeloos product, eveneens door extractie met 95% alcohol (SULLIVAN (12)).

Uit bovenstaande onderzoeken volgt, dat inderdaad, althans in principe, de mogelijkheid bestaat om uit gras, lucerne en andere groenvoedergewassen een eiwitrijk product te isoleren, dat voor de voeding van dieren en na zuivering misschien ook voor mensen geschikt te maken is. Van primair belang is het evenwel, of een procédé kan worden gevonden, volgens hetwelk de verwerking van het verse plantenmateriaal op een rendabele manier kan geschieden. Een zo goedkoop mogelijke werkwijze zal o.i. alleen kunnen worden bereikt, indien het proces continu verloopt. Aan deze eis voldoen vele der voorgestelde werkwijzen nog niet, ook niet het in 1947 door F. M. BICKOFF c.s. (1) gepubliceerde schema.

ONDERZOEK VERRICHT OP HET CENTRAAL INSTITUUT VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK TE WAGENINGEN

Reeds in 1948 werden door DEJES (3) proeven genomen met een kleine laboratoriumwringer. Het voordeel van het gebruik van een wringerpers is dat de persing continu verloopt. Bij slechts éénmaal persen van vers gras bleken gemiddeld de volgende percentages van de in het gras oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid in het perssap over te gaan:

Zandvrije droge stof	34	Ruwe celstof	6
Ruw eiwit	43	Zandvrije as	74
Werkelijk eiwit	34	Caroteen	24

Door verhitting van het perssap werd een coagulum verkregen, dat de volgende samenstelling had (in % van de droge stof):

Ruw eiwit	34,5	Ruwe celstof	7,7
Werkelijk eiwit	28,2	As	15,5

Bij één der proeven kwamen van de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheden droge stof, ruw eiwit, werkelijk eiwit, ruwe celstof en as de volgende percentages voor in de drie fracties: coagulum, sap na het coaguleren en persresidu.

	Zandvrije droge stof	Ruw eiwit	Werkelijk eiwit	Ruwe celstof	Zandvrije as
Coagulum	20,7	31,2	31,6	8,3	37,6
Sap na het coaguleren	13,6	12,0	3,7	0,0	35,6
Residu	65,7	56,8	64,7	91,7	26,8

In 1951 (DEJES (4)) werden met behulp van de kleine laboratoriumwringer nog proeven genomen met kuilgras en bietenloof. Na eenmaal persen ging bij kuilgras 29,1 % van het ruwe eiwit over in het perssap en bij bietenblad 41,4%. Van de ruwe celstof slechts 1,5%, resp. 10,7%.

Bij al deze proeven werd het materiaal slechts éénmaal geperst in de wringerpers. Herhaald persen van het verkregen residu leverde practisch geen resultaat op. De heren W. T. POWLING en ZOON te Maldon, Essex (Engeland) zijn er in geslaagd meer eiwit te extraheren door het residu na de eerste persing weer vocht op te laten nemen en dan nogmaals te persen door een tweede wringerpers.

DE WERKWIJZE VOLGENS POWLINGS PATENT PROCESSES LTD

Met de resultaten van de heren POWLING kwamen wij op het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek het eerst in aanraking in begin 1950, toen wij twee monsters onderzochten, die de Directeur van de Akker- en Weidebouw uit Engeland ont-

ving door bemiddeling van Dr BAKKER, Landbou wattaché te Londen. Het waren monsters, verkregen uit lucerne, nl. „Lucerne Protess” (een monster gedroogd coagulum) en „Residue of Lucerne Fibre” (het persresidu). De chemische samenstelling van deze monsters was als volgt:

	„Lucerne Protess”	„Residu”
<i>In % van het oorspronkelijke materiaal:</i>		
Zandvrije droge stof	89,1	89,1
Zand	2,3	0,8
<i>In % van de zandvrije droge stof:</i>		
Ruw eiwit	59,5	15,7
Werkelijk eiwit	59,4	(niet bepaald)
Ruwe celstof	9,0	31,4
Zandvrije as	5,6	6,3
Verteringscoëfficiënt van het ruwe eiwit (pepsine-HCl)	65	75

Het gedroogde coagulum bleek dus een zeer eiwitrijk en celstofarm product te zijn.

In October 1952 verscheen een artikel (14), waarin werd aangekondigd dat de door de heren POWLING ontworpen apparatuur voor het uitpersen van groenvoedergewassen in samenwerking met de machinefabriek E. M. BENTALL & CO, Maldon, Essex, voor verkoop gereed was gekomen. In December 1952 bezochten wij de firma BENTALL & Co om ons nader op de hoogte te stellen omtrent de werkwijze, de kwaliteit der verkregen producten, de inrichtingen, de capaciteit van de apparatuur en de rentabiliteit van het procédé.

1. Overzicht van het procédé

Het verse groene materiaal wordt verkleind in een grove hakselmachine (pre-chopper genaamd). Daarna komt het via een transportband in een voor dit doel speciaal geconstrueerde wringerpers („First Protessor”), waarin de cellen worden gekneusd en groen gekleurd sap wordt uitgeperst. Dit sap loopt in een bezinkingsput, waarin het zand en andere zware verontreinigingen kunnen bezinken. Het vezelrijke residu passeert door een wasser, waarin het residu gelegenheid krijgt weer water op te nemen. Uit deze wasmachine komt het natte residu automatisch in de tweede wringerpers („Second Protessor”), die in bouw gelijk is aan de eerstgenoemde. Hier wordt wederom sap uitgeperst, dat eveneens loopt naar de bezinkingsput. Voorts levert de tweede Protessor een der eindproducten, nl. het eiwitarme en vezelrijke *residu* (perskoek) met een vochtgehalte van ongeveer 30% en 7-9% ruw eiwit in de droge stof.

Het sap wordt in een tweede tank gepompt, waarin de eiwitten met behulp van stoom worden gecoaguleerd. Het *coagulum* („Protess” genaamd) is na enige tijd bezonken. Men kan dan het bovenstaande *water*, waarin voornamelijk zouten, oplosbare N-verbindingen en oplosbare koolhydraten aanwezig zijn, laten afvloeien. Dit water kan gedeeltelijk worden gebruikt voor de vulling van de wasser. Het coagulum laat men op een kaasdoek uitdruipen; daarna wordt het in een kaaspers geperst. De kaas kan men nog zwaarder persen, zodat een vrij droge, platte koek wordt verkregen.

Het *krachtverbruik* van de motoren is: Hakselmachine en elevator 4 h.p., Protessors 2 × 10 h.p., Wasser 4 h.p. Het *cokesverbruik* voor de stoomketel, waarin de stoom voor het coaguleren wordt ontwikkeld, bedraagt 25 kg per uur.

2. Beschrijving van de verschillende producten

De water-phase. De waterige oplossing, waarin het coagulum zich heeft afgescheiden,

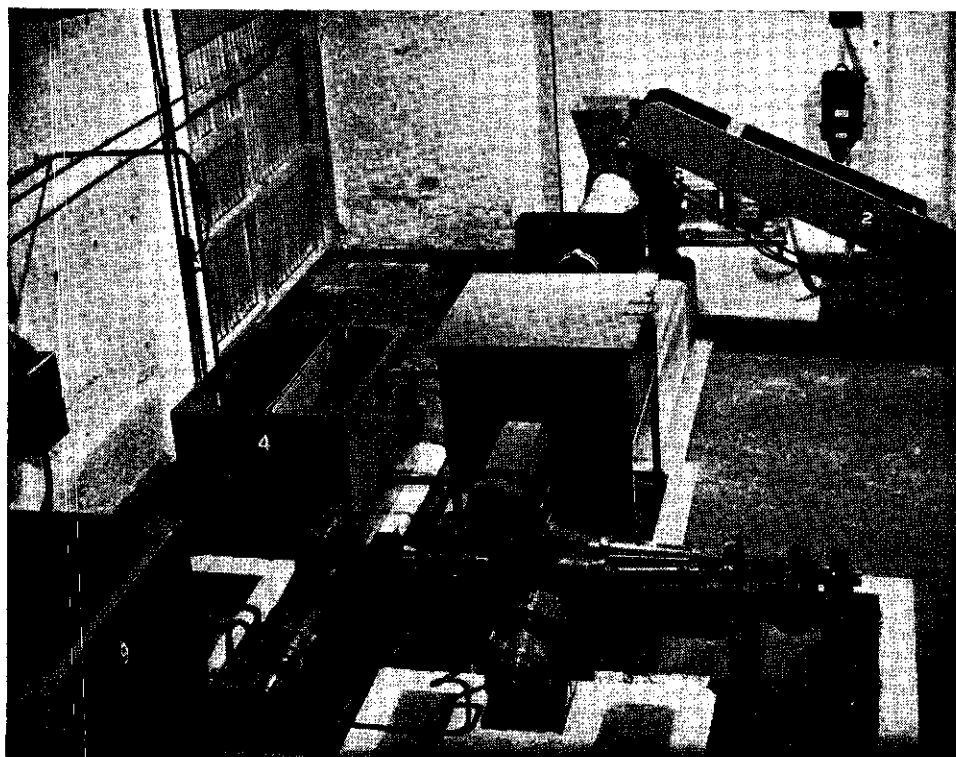


Fig. 68. Overzicht van de POWLING-installatie
Survey of Powling's Protess Plant

heeft waarschijnlijk betrekkelijk weinig waarde. Er zit nog wat voedingswaarde in. Mogelijk wordt deze vloeistof door dieren opgenomen. Verder kan men dit water over het land sproeien, of in een gierkelder bewaren. Ook is het vermoedelijk een goede voedingsbodem voor schimmels.

Het residu. Het vezelrijke residu is nog warm, wanneer het uit de tweede Professor komt en bevat nog ca 30% vocht. Uitgespreid op een vloer in een laagdikte van 2 voet zal het door zijn eigen warmte vrij snel drogen; daarna kan het worden bewaard. Het kan dan eventueel worden gemalen. Het nog vochtige residu is ook geschikt om te worden geënsileerd.

Voorts wordt het residu gebruikt voor de vermenging met vers materiaal met weinig celstof om daarna een gemakkelijker persing mogelijk te maken.

Het coagulum (Protess). Dit is het meest waardevolle product. Het nog natte coagulum kan in verschillende vormen verder worden verwerkt. Men kan er kazen en koeken van persen. Eventueel kan men het drogen en malen. De samenstelling van Protess hangt af van het uitgangsmateriaal. In elke vorm (droog of nat) kan Protess met meel worden gemengd.

Voorlopige laboratoriumproeven toonden aan, dat Protess een goed uitgangsmateriaal is voor de bereiding van chlorophyl. Op laboratoriumschaal werd uit Protess chlorophyl bereid, dat voor meer dan 90% zuiver was.

Bij ons bezoek namen wij een hoeveelheid Protess in kaasvorm mede, dat in October 1952 was verkregen uit lucerne. Dit monster werd in begin Januari 1953 op het Cen-

traal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek te Wageningen geanalyseerd, met het volgende resultaat:

Droge stof (zandhoudend)	30,0 %
Droge stof (zandvrij)	27,5 %
Zand (in oorspronkelijk materiaal)	2,49%
Zand (in droge stof)	8,3 %

Gehalten in % van de zandhoudende droge stof:

Ruw eiwit	38,3	Oplosbare koolhydraten .	nihil
Werkelijk eiwit	35,0	As + zand	20,3
Ammoniak	0,2	As (zandvrij)	12,0
Ruwe celstof	14,7		

Gehalten in % van de zandvrije droge stof:

Ruw eiwit	41,8	K ₂ O	0,30	Cl	1,96
Werkelijk eiwit	38,2	Na ₂ O	0,27	SO ₄	0,73
Ammoniak	0,2	CaO	5,33	P ₂ O ₅	2,08
Ruwe celstof	16,0	MgO	0,20	nitraat	nihil
As (zandvrij)	13,1				

Caroteen: 451 mg per kg zandvrije droge stof

Voor de verteringscoëfficiënt van het ruwe eiwit (pepsine-HCl) werd gevonden 58.

Bespreking van de analyse-resultaten. Het gehalte aan ruw eiwit ligt binnen de grenzen, die door POWLING voor lucerne-Protess worden opgegeven (30-45%).

Zoals te verwachten was, is het verschil tussen de gehalten aan ruw eiwit en *werkelijk eiwit* slechts gering.

Het gehalte aan *ruwe celstof* is hoger dan wij aanvankelijk verwachtten. Het is ook hoger dan in het monster, dat wij in 1950 onderzochten (zie p. 180). Mogelijk is bij de persing een gedeelte der vezels dermate verkleind, dat zij in het perssap terecht kwamen en tezamen met Protess coaguleerden.

Het *zand* is in de bezinkingstank niet volledig uit het perssap verwijderd.

De *verteringscoëfficiënt* van het ruwe eiwit (pepsine-HCl) valt wat tegen. Mogelijk is deze tijdens het bewaren van het Protess in kaasvorm wat teruggelopen. In het monster van 1950 was deze coëfficiënt 65. Gezien het lage *ammoniakgehalte* is er tijdens het bewaren practisch geen rotting opgetreden.

Bij een poging om *chlorophyl* te bepalen bleek deze stof tijdens het bewaren groten-deels te zijn overgegaan in ontledingsproducten.

Het *asgehalte* is vrij hoog.

Wat de *samenstelling van de as* betreft, merken wij het volgende op.

Ofschoon de minerale samenstelling van het uitgangsmateriaal onbekend is, kunnen wij op grond van de analyse aannemen, dat het kalium voor het grootste gedeelte in de waterphase bleef opgelost, terwijl het calcium, waarschijnlijk ook het fosfaat, zich in de Protess ophoopten.

3. De capaciteit van de apparatuur

Naar men ons mededeelde, kan per uur met de installatie, ontworpen door de heren POWLING, 1 ton vers materiaal (lucerne, klaver, enz.), bevattende 80% vocht, worden verwerkt. Men verkrijgt dan gemiddeld 75 kg droge Protess (30-45% ruw eiwit in de droge stof) en 125 kg residu (8-12% ruw eiwit in de droge stof).

Voorts kan worden aangenomen, dat bij een proef de verse lucerne 20% droge stof bevatte, 20,5% ruw eiwit en 36% ruwe celstof in de droge stof. Wanneer uit 1000 kg verse lucerne 75 kg droge Protess wordt verkregen met 39% ruw eiwit, dan volgt uit deze cijfers, dat ruim 70% van het ruwe eiwit, dat in het uitgangsmateriaal aanwezig

was, in de vorm van Protess wordt geëxtraheerd. Ongeveer 25 % van het oorspronkelijke ruw eiwit zal in het residu terecht komen, terwijl een klein gedeelte (voornamelijk niet-eiwitachtige N-verbindingen) opgelost blijven in de waterphase na het coaguleren van de Protess.

Daar in de winter uiteraard geen vers materiaal beschikbaar was, hebben wij de apparaten niet in werking gezien. We kregen wel de indruk, dat hiermede vrijwel continu kan worden gewerkt. Wel zijn dan ons inziens twee putten nodig om het zand de gelegenheid te geven uit het perssap te bezinken, voorts tenminste twee, waarschijnlijk meer, coagulatie tanks, zodat het coagulum ruimschoots tijd krijgt om neer te slaan. Dit hangt af van de bezinkingssnelheid van het coagulum. Men deelde ons mede, dat in bepaalde gevallen een bezinkingstijd van één uur reeds voldoende was.

4. De rentabiliteit van het procédé

Volgens ons verstrekte mededelingen zullen de aanschaffingskosten van de machine-installatie (inclusief vracht, assurantie, rechten, inkeringen enz.) f 40.000,— bedragen. Een eenvoudig gebouw (stenen schuur) groot 120 m² wordt getaxeerd op f 12.000,—, zodat de totale investeringskosten dus f 52.000,— worden. Bij een berekening van de exploitatiekosten, die elders uitvoeriger is gepubliceerd (5), werden rente en amortisatie, lonen, stroomverbruik, brandstofverbruik, onderhoud, diverse onkosten, de kosten van het uitgangsmateriaal (lucerne of vers gras) omzetbelasting en de opbrengst van de perskoek in beschouwing genomen. Deze berekening had het volgende resultaat:

Uitgangspunt: <i>Lucerne</i>			
Aantal draaiuren per jaar	700	1400	2100
Productiekosten per kg droge „Protess”	f 0,34	f 0,29	f 0,28
Dit product bevat ca 37,5 % ruw eiwit en 22,5 % verteerbaar ruw eiwit op de droge stof			
Productiekosten per kg ruw eiwit	- 1,—	- 0,87	- 0,83
Productiekosten per kg vre	- 1,67	- 1,44	- 1,37
Uitgangspunt: <i>Vers gras</i>			
Productiekosten per kg droge „Protess”	- 0,31	- 0,26	- 0,25
Productiekosten per kg ruw eiwit	- 0,91	- 0,77	- 0,73
Productiekosten per kg vre	- 1,51	- 1,29	- 1,22

Ter vergelijking diene, dat rundveemeel C (met bon) per 100 kg thans f 37,25 kost. Stelt men het gehalte aan re op 30 % en het vochtgehalte op 10 % dan wordt dit f 1,38 per kg re.

Grasmeel kost f 1,25 : 0,9 = f 1,39 per kg re.

In C-meel is 25 % vre aanwezig. De kosten hiervan bedragen per kg f 1,66.

De uitkomst van dit economisch onderzoek leert, dat het proces voor lucerne vermoedelijk lonend kan zijn, terwijl de kostprijs bij verwerking van gras reeds gunstiger ligt. Echter zal de toepassingsmogelijkheid veel beter verzekerd zijn, indien zij gericht is op verwerking van producten van geringe handelswaarde, zoals bietenblad, doorgedraaide groente e.d. Het persen zal dus meer op zijn plaats zijn op de gemengde bedrijven dan in weidebouwstreken.

Opvallend is, dat de kostprijs van „Protess” zeer gunstig ligt, indien deze per kg re wordt beschouwd, doch aanmerkelijk minder per kg verteerbaar ruw eiwit. Dit verschil wordt veroorzaakt door de waarde van de verteringscoëfficiënt, welke voor C-meel op 81 % en voor „Protess” op 60 % is gesteld. Dit laatste cijfer is gebaseerd op analyses van enigszins oud product; het is zeer wel mogelijk, dat bij drogen van „Protess” onmiddellijk na de fabricage een gunstiger kostprijs bereikt kan worden, ondanks de extra droogkosten.

CONCLUSIE

Het „Powlings Patent Process” is, wat de ontwikkeling der machines betreft, in een vergevorderd stadium. Voor de praktische bedrijfsvoering blijft echter een aantal vraagpunten open, waardoor het onzes inziens nog niet rijp is voor toepassing in de praktijk.

Zo dient te worden nagegaan, of het te verwerken product al of niet vooraf moet worden gewassen en gehakseld, onder welke omstandigheden met één keer persen kan worden volstaan; hoe groot de capaciteit der bezinkbakken moet zijn voor een continue werkwijze; op welke wijze het eindproduct („Protess”) het best kan worden geconserveerd etc.

Als een nieuwe methode ter bevordering van de veevoederproductie van eigen bodem behoort deze werkwijze onzes inziens serieus en op korte termijn nader in onderzoek te worden genomen.

Aantrekkelijk is, dat gewassen met een hoog aanvangsvochtgehalte kunnen worden verwerkt, zodat men weinig van de weersomstandigheden tijdens het maaien afhankelijk wordt.

Wat de economische zijde van het procédé betreft, zijn er aanwijzingen, dat men naar een goedkope grondstof zal moeten uitzien. Dit biedt het voordeel, dat producten, zoals bietenblad, doorgedraaide groente, misschien ook aardappelloof e.d. tot veevoeder kunnen worden verwerkt.

Anderzijds is „Protess” een vezelarm krachtvoeder, zodat het zeer goed bruikbaar is voor voeding aan niet-herkauwers (varkens en kippen) en verder de mogelijkheden in zich draagt van verwerking tot een voor menselijke consumptie geschikt voedingsmiddel.

De toepassing van het proces lijkt meer geschikt te zijn voor de gemengde bedrijven dan voor de zuivere weidebouwgebieden.

The production of proteins from green fodder plants

„Powlings Patent Process” is, as regards the development of the machinery, in an advanced stage. Regarding the practical industrial operation, however, a number of questions remain open, owing to which, in our view, it is not yet ripe for practical application.

As a new method for the promotion of animal food production this method is worth further close examination at an early date.

As regards the economic aspects of the process, there are indications that search must be made for a cheap basic product. This has the advantage that such products as beet tops, residual green stuffs, perhaps also potato haulm and the like, can be converted into fodder. Thus application of the process seems to be more suitable for mixed farming than for pure pasture districts.

LITERATUUR

1. E. M. BICHOFF, A. BEVENUE, K. T. WILLIAMS, Alfalfa has promising chemurgic future. A novel processing method is described. *The Chemurgic Digest*, 6 (1947): 215-218.
2. A. CH. CHIBNALL, Protein metabolism in the plant. *Yale Univ. Press* (1939).
3. W. B. DEJES, Proeven over het uitpersen van gras. C.I.L.O.-Stencil nr 413, 19 Jan. 1949.
4. W. B. DEJES, Proeven over het uitpersen van kuilgras en bietenloof. C.I.L.O.-Stencil nr 1068, Dec. 1951.
5. W. B. DEJES, J. J. I. SPRENGER, De bereiding van eiwit uit groenvoedergewassen. Gestencilde mededeling C.I.L.O. nr 1 (1953).
6. TH. J. DE MAN, De samenstelling van het graseiwit. *Landbouwkundig Tijdschrift* 54 (1942): 739-748.

7. TH. J. DE MAN, De stikstofverdeling in *Lolium perenne*. *Landbouwkundig Tijdschrift* 56 (1944): 20-27.
8. N. W. PIRIE, D. S. MILLERS, M. L. BARNES, Report to the arc on the work done on the extraction of leaf protein in 1949, 1950 and part of 1951.
9. N. W. PIRIE, Protein production from green leaves. *World Crops* 4 (1952): 374-376
10. R. E. SLADE, J. H. BIRKINSHAW, Improvements in or relating to the utilization of grass and other green crops. Brit. Pat. 511. 525 (1939).
11. R. E. SLADE, D. J. BRANSCOMBE, J. C. MC GOWAN, *Chemistry & Ind.*, 1945: 194-197.
12. J. T. SULLIVAN, High protein concentrate can be obtained from grass. *Food Ind.* 78 (1944): 186-187.
13. J. W. C. S. WHITE, Protoplasts from plant materials. *Ind. Eng. Chem.* 40 (2) (1948): 293-297.
14. Concentrates from grass. A new farm process for extracting 80 per cent of proteins and starches. *Farmer and Stock-Breeder*, October 21-22, 1952: 97.

AFDELING DROOGTECHNISCH LABORATORIUM

BESCHOUWINGEN OVER DE CAPACITEIT VAN EEN GRASDROGER (PROJECT 192)

with summary

J. J. I. SPRENGER

In de machinehal van het droogtechnisch laboratorium staat o.m. een pneumatische modeldroger, systeem VAN DEN BROEK, opgesteld. Nadat aanvankelijk de materiaalaanvoer alsmede de hamermolen, bij deze droger behorende, moeilijkheden hadden opgeleverd, welke door constructiewijzigingen konden worden ondervangen, zijn in het afgelopen zomerseizoen met deze droger vele proefdrogingen verricht.

De droger bleek pas bevredigend te werken, nadat op 12 Augustus het aantal schotten in de trommel van 8 op 11 was gebracht; het onderstaande heeft uitsluitend betrekking op proeven na die datum.

In tabel 70 wordt een overzicht gegeven van de resultaten van 21 proefdrogingen, waarvan er 4 op lucerne (L) betrekking hadden, 2 op rode klaver (R.K.) en de overige op gras. Deze cijfers hebben aanleiding gegeven tot beschouwingen over de capaciteit van de modeldroger, die o.i. ten volle voor een droger op practijkschaal van toepassing zullen zijn.

Indien men in een dergelijke droger steeds meer nat product brengt, stuit men op een grens, waarboven de droger niet goed meer functioneert. Deze maximale capaciteit kan beheerst worden door drie verschillende knelpunten („bottlenecks”), nl.:

1. de toevoerinrichting of trommelinhoud, welke een limiet stelt aan *de hoeveelheid nat product*;
2. de stroom warme lucht, in afhankelijkheid van de ventilator- en oven capaciteit, welke *de waterverdamping* beperkt;
3. de hamermolen, die een grens stelt aan *de hoeveelheid droog product*, welke dit werktuig uit de droger ontvangen kan.

Op grond van het cijfermateriaal van tabel 70 nemen wij aan, dat de genoemde grenzen liggen:

1. voor de materiaaltoevoer bij 430 kg/h (partij 12) voor gras, en hoger (>480 kg/h) voor lucerne, welk gewas in gehakselde toestand dichter pakt dan gras;
2. voor de waterverdamping bij 325 kg/h (part. 14 en 19);
3. voor de hamermolen bij 150 kg/h (part. 12).

Eenmaal over deze cijfers de beschikking hebbende, is het mogelijk, door berekening een kromme van het debiet bij verschillende vochtgehalten te vinden.

Eerst moge worden opgemerkt, dat men bij een practijkdroger voor het vochtgehal-