

OVER HET GEHALTE VAN HOOI EN STROO AAN CAROTINE

DOOR

E. BROUWER en N. D. DIJKSTRA

(Ingezonden: 9 December 1941)

I. INLEIDING

Over het gehalte van het voeder en de melk aan vitamine A en carotine zijn door dit station reeds meermalen onderzoekingen verricht en mededeelingen gedaan ¹⁾. Hierbij werd tevens uiteengezet, dat de genoemde stoffen in voeder en melk voor den landbouw vooral in tweeërlei opzicht van belang zijn, n.l. *a.* voor de voedingswaarde der zuivelproducten, en *b.* voor den gezondheidstoestand van het vee.

Uitgedrukt in internationale eenheden (I. E.) bleek de som van carotine en vitamine A per g botervet te kunnen schommelen van minder dan 10 tot meer dan 30. Gewoonlijk werden hiervan ongeveer $\frac{2}{3}$ geleverd door het vitamine A en circa $\frac{1}{3}$ door de carotine.

Zooals bekend wordt de bron van beide stoffen gevormd door de carotine in het voeder, welke carotine door de koe gedeeltelijk wordt omgezet tot vitamine A. Dit laatste komt n.l. niet als zodanig in de gebruikelijke rundveevoeders voor. Bij toediening van carotinerijk voeder (b.v. versch gras) stijgt de vitamine-A-functie der boter; voedert men daarentegen carotinearm materiaal, zooals in den winter het geval kan zijn, dan daalt deze functie. Zelfs mag men aannemen, dat het voeder gedurende de stalperiode zóó weinig carotine kan bevatten, dat de gezondheidstoestand der dieren daaronder in bepaalde gevallen kan lijden, zoodat een verbetering der carotínevoorziening niet alleen voor de zuivelproducten, maar ook voor de dieren wenschelijk kan zijn. Wat betreft de verschijnselen van avitaminose A bij runderen, deze zijn in de hierboven bedoelde verhandelingen reeds vermeld.

¹⁾ BROUWER, HOLLEMAN, *Maandschr. Kindergeneesk.* 2 (1933) 277,
GRIJNS, BROUWER, VAN NIEKERK, VAN WIJNGAARDEN, *Hand. Genootsch. Melkk.*
over 1934,
BROUWER, *Landbk. Tijdschr.* 49 (1937) 171,
BROUWER, MEYKNECHT, DIJKSTRA, *Versl. landbk. Onderz.* 45 (1939) 55; Jaarverslag
Proefzuivelboerderij over 1938, bldz. 161; *Le Lait* 19 (1939) 673,
BROUWER, *Officieel Orgaan F. N. Z.* 34 (1939) 137.

4136-103

Gelukkig staan den landbouwer ook gedurende de stalperiode eenige carotinerijke voedermiddelen ten dienste, waaronder in de eerste plaats geënsileerd groenvoeder moet worden genoemd. In goed geslaagde kuilen en silo's blijft de carotine beter bewaard dan in minder goed geslaagde; toch bevatten ook de laatste nog een belangrijke hoeveelheid van deze stof. Dat men niettemin een onberispelijke ensileering moet nastreven, spreekt wel vanzelf.

Behalve het geënsileerde groenvoeder bevatten ook roode wortelen een aanzienlijke hoeveelheid carotine, terwijl voorts nog bij voeding met gele mais een geringe hoeveelheid wordt toegediend. Maken wij thans nog melding van het carotinerijke, kunstmatig gedroogde groenvoer, dan zijn met deze korte opsomming de gebruikelijke carotinevoeders reeds alle genoemd, uitgezonderd hooi en stroo.

Nog slechts zeer weinige jaren geleden waren deze laatste (hooi en stroo) op vele bedrijven de eenige carotinebronnen in den winter. Het scheen daarom gewenscht om na te gaan, hoe het met het carotinegehalte van het Nederlandsche hooi en stroo staat, zoodat hiernaar een onderzoek werd ingesteld. Ofschoon de silagebereiding en -voeding, alsmede de productie van kunstmatig gedroogd gras, sindsdien nog sterk zijn uitgebreid en de carotinevoorziening dus is verbeterd, achten wij de verkregen uitkomsten ook thans nog van voldoende belang om ze onder de algemeene aandacht te brengen.

II. LITERATUUROPGAVEN OMTRENT HET CAROTINEGEHALTE VAN GRAS EN HOOI

1. Interpretatie van carotinebepalingen in gras en hooi

De carotinebepalingen, welke men in gras en hooi ten behoeve van de voevoeding verricht, hebben slechts ten doel ons gegevens te verschaffen omtrent de vitamine-A-functie van het materiaal.

Aanvankelijk kon men deze vitamine-A-functie niet door chemisch onderzoek, maar alleen met behulp van dierproeven bepalen. Al was de methode omslachtig, toch stelde men er reeds mede vast, dat het versehe gras, evenals ander bladrijk, groen materiaal, een intensieve vitamine-A-werking ontvouwt, terwijl men tevens constateerde, dat bij het verwelken en bij de hooibereiding een belangrijke vermindering intreedt.

Na de ontdekking, dat de vitamine-A-functie van deze en dergelijke voedermiddelen op de daarin aanwezige carotine berust, werd de biologische bepalingmethode bijkans geheel door de chemische (eigenlijk meer physische) vervangen.

Uiteraard is meermalen de vraag gerezen of het chemisch bepaalde carotine-gehalte wel een goede maatstaf voor de vitamine-A-werking vormt. Het feit, dat men bij de planten niet met één carotinstof te maken heeft, maar met verschillende, die niet in dezelfde mate als moederstof voor het vitamine A kunnen fungeren, bleek voor het onderzoek gelukkig geen overwegend bezwaar op te leveren. Immers al spoedig ontdekte men, dat de z.g. β -carotine practisch het eenige provitamine A is, dat in gras¹⁾, alsook in lucerne²⁾ voorkomt. Bij de andere meest gebruikelijke voedermiddelen is dit voor zoover bekend eveneens het geval. De roode wortelen zouden tot op zekere hoogte een uitzondering vormen, aangezien hierin naast 80 à 90 % β -carotine nog 10 à 20 % α -carotine en sporen γ -carotine zouden voorkomen; ook de bladeren dezer planten bevatten een mengsel van β -carotine met ca. 10 % α -carotine³⁾. Voor deze bladeren komen FUJITA c. s.⁴⁾ tot een dergelijke uitkomst; in de wortels vinden zij slechts 60 % β -carotine. Voorts herinneren wij eraan, dat de werkzame stof in de gele maiskorrels in hoofdzaak bestaat uit cryptoxanthine; in de overige deelen der maisplant vindt men in hoofdzaak β -carotine.

Er zijn echter nog andere bezwaren tegen de chemische carotinebepaling naar voren gebracht. Eenerzijds meent men, dat de resorbeerbaarheid van de carotine in den darm al naar de omstandigheden groote verschillen kan vertoonen; de chemisch bepaalde carotine zou dus een onvoldoende maatstaf vormen voor de hoeveelheid, die werkelijk aan het organisme ten goede komt. Voorts zouden bij de chemische methode ook nog andere gele kleurstoffen dan de carotinoïden worden meebepaald. Volgens WISEMAN c. s.⁵⁾ b.v. zou 11 tot 32 % van de „carotine” in hooi en maïssilage aan andere kleurstoffen moeten worden toegeschreven. Bij carotincarme voedermiddelen was de fout groter dan bij carotinerijke. In overeenstemming hiermede was bij de reeds eerder in hetzelfde laboratorium uitgevoerde proeven van HARTMAN c.s.⁶⁾ gebleken, dat de groei van ratten op rantsoenen met lucernehooi als carotinebron iets geringer was dan op een rantsoen met practisch zuivere β -carotine in een zoodanige hoeveelheid als in het lucernehooi als „carotine” was bepaald. WISEMAN c.s. achtten de fout echter niet zóó groot, dat hiervoor noodzakelijk een correctie moet worden aangebracht.

1) KUHN, LEDERER, *Zschr. Physiol. Chem.* 200 (1931) 246, MILLER, *Bot. Gaz.* 96 (1934/35) 447.

2) HARTMAN, KANE, SHINN, *Journ. biol. Chem.* 105 (1934) XXXVI, SMITH, MILNER, *Journ. biol. Chem.* 104 (1934) 437, MACKINNEY, *Journ. biol. Chem.* 111 (1935) 75.

3) MACKINNEY, MILNER, *Journ. Am. Chem. Soc.* 55 (1933) 4728.

4) FUJITA, AJISAKA, *Bioch. Zschr.* 308 (1941) 430.

5) WISEMAN, KANE, SHINN, CARY, *Journ. Agr. Res.* 57 (1938) 635.

6) HARTMAN, KANE, SHINN, *Journ. biol. Chem.* 105 (1934) XXXVI.

Voorts vonden ook RUSSEL c.s.¹⁾ bij gedroogde lucerne niet in alle gevallen een fraaie overeenstemming tusschen de biologische en de chemische (colorimetrische) bepaling; toch achtten zij de laatste wel geschikt om de vitamine-A-waarde te benaderen. Naderhand zijn RUSSEL en TAYLOR nog twee malen op deze aangelegenheid teruggekomen. Bij een in 1938 gepubliceerd onderzoek²⁾ werd een monster kunstmatig gedroogde lucerne onderzocht, dat bij het bewaren ongeveer 75 % van zijn oorspronkelijk carotinegehalte had verloren. Per eenheid „carotine” bleek de biologische werking duidelijk lager te zijn dan bij een ander monster, waarin tijdens het bewaren géén destructie had plaats gevonden, doordat het in het donker en in vacuo bij lage temperatuur was weggezet. Het tweede onderzoek dateert van 1939³⁾ en had betrekking op 9 silages. Bij vergelijking van de uitkomsten der chemische bepalingen met die der rattenproeven bleken, tegen de verwachting, de silages iets sterker werkzaam te zijn dan met haar „carotine”-gehalte overeenkwam. Het verschil was echter niet groot, zoodat de uitkomsten der chemische analyse volgens de genoemde schrijvers als een betrouwbare maat voor de vitamine-A-functie van kuilvoerders kunnen worden beschouwd.

Tot een dergelijke uitkomst kwamen ook FRAPS c.s.⁴⁾ bij het onderzoek van 7 soorten lucernehooi en -meel. Zij vonden, dat de biologisch bepaalde vitamine-A-waarde dezer voeders practisch geheel met het gehalte aan carotine overeenkwam.

Blijkens al deze en tal van andere gegevens is het niet ongemotiveerd, dat de omslachtige, tijdroovende, biologische methode bijkans geheel door de chemische is verdrongen. Niettemin is de chemische methode nog voor verbetering vatbaar, zoodat men het nog steeds noodig acht om in bepaalde gevallen contrôleproeven met ratten te verrichten. Nu deze contrôleproeven bij hooi en kuilvoerders een bevredigend resultaat hebben opgeleverd, mogen wij bij deze voedermiddelen de uitkomsten der chemische methodiek in hoofdzaak als juist aanvaarden en kunnen wij constateeren, dat door het chemisch onderzoek onze kennis op dit terrein in luttele jaren aanzienlijk is toegenomen.

2. Carotine in versch gras

In het algemeen kan men zeggen, dat groene plantendeelen rijk zijn aan carotine. Wat de *grassen* aangaat, geldt dit in het bijzonder wanneer de

¹⁾ RUSSEL, TAYLOR, CHICHESTER, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.* 30 (1932/33) 376, RUSSEL, TAYLOR, CHICHESTER, *New Jersey Bull.* 560 (1934).

²⁾ TAYLOR, RUSSEL, *Journ. Nutr.* 16 (1938) 1.

³⁾ TAYLOR, RUSSEL, BENDER, *Journ. Dairy Sc.* 22 (1939) 591.

⁴⁾ FRAPS, TREICHLER, KEMMERER, *Journ. Agr. Res.* 53 (1936) 713.

planten nog jong en weinig stengelig zijn. Veelal vindt men dan circa 500 μg ¹⁾ carotine per gram droge stof²⁾, hetgeen overeenkomt met meer dan 800 I.E.. Wanneer men hierbij bedenkt, dat in het botervet zelden meer dan 35 I.E. per gram worden gevonden, dan springt de carotinerijkdom van het versehe gras onmiddellijk in het oog.

Wat de andere weideplanten betreft beperken wij ons tot de opmerking, dat het gehalte in de *klavers* volgens MOON²⁾ ongeveer overeenkomt met dat in het gras. Aangezien de klaverplanten evenwel tijdens den vollen zomer veelal bladrijker zijn dan de grassen, is het carotinegehalte in dien tijd hoger.

Ook in ettelijke onkruiden, welke in de weide groeien, heeft men een hoog carotinegehalte geconstateerd³⁾.

Herhaaldelijk heeft men de meening geuit, dat er ten aanzien van het carotinegehalte der grassen **soortverschillen** zouden bestaan⁴⁾. Helaas heeft men bij de onderzoekingen daaromtrent onvoldoende rekening gehouden met de omstandigheid, dat het **groeistadium** van het gras van veel meer belang is dan de soort⁵⁾, althans zoolang de planten nog betrekkelijk jong zijn. Met het vorderen van het groeistadium en het stengeliger worden van het materiaal neemt het carotinegehalte der droge stof, dat in het zeer jonge gras ca. 500 mg per kg bedraagt, voortdurend af. De afneming schrijdt echter niet steeds gelijkmatig voort; in tijden van droogte verloopt zij sneller⁶⁾, in regenperioden langzamer⁷⁾; zelfs kan men dan soms eenige stijging waarnemen, naar alle waarschijnlijkheid doordat zich nieuwe spruiten ontwikkelen. Tegen den tijd, dat het gras voor hooiwinning gemaaid wordt, bedraagt het gehalte in de droge stof nog ca. 100 à 300 mg per kg, althans volgens buitenlandsche waarnemers. Deze cijfers zijn uiteraard afhankelijk van het stadium, waarin het materiaal wordt gemaaid.

Wat het bladrijke herfstgras betreft, ook dit is gemeenlijk rijk aan caro-

1) 1 μg = 0,001 mg.

2) ATKESON, PETERSON, ALDOUS, *Journ. Dairy Sc.* 20 (1937) 557,
MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 235,
SNYDER, MOORE, *Journ. Dairy Sc.* 23 (1940) 363.

3) MOON, *Journ. Soc. Chem. Ind.* 57 (1938) 455,
MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 235.

4) WOODS, SHAW, ATKESON, JOHNSON, *Journ. Dairy Sc.* 15 (1932) 475,
WOODS, ATKESON, WELLHAUSEN, JOHNSON, *Journ. Dairy Sc.* 18 (1935) 547,
WOODS, ATKESON, SHAW, SLATER, JOHNSON, *Journ. Dairy Sc.* 18 (1935) 573,
WOODS, ATKESON, SLATER, ARNDT, JOHNSON, *Journ. Dairy Sc.* 18 (1935) 639.

5) MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 235.

6) MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 225, 235,
MOON, *Journ. Agr. Sc.* 29 (1939) 524.

7) MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 225,
SNYDER, MOORE, *Journ. Dairy Sc.* 23 (1940) 363.

tine¹⁾, behalve, volgens MOON²⁾, wanneer de groei stilstaat, wanneer de ontwikkeling zóó voorspoedig is dat het materiaal overrijp wordt, en bovendien wanneer er belangrijke vorstschade intreedt.

Van de andere factoren, welke invloed op het gehalte aan carotine van het gras en van andere gewassen uitoefenen, noemen wij nog de **bemesting**, waarna wij nog gelegenheid zullen hebben om eenige woorden te wijden aan de vraag, welke functie dit provitamine in het plantenlichaam uitoefent.

Het duidelijkst is een invloed aangetoond ten aanzien van de *stikstofbemesting*³⁾. N-gebrek bleek het carotinegehalte te drukken, toediening van stikstof deed het stijgen.

Ook de *bodemaciditeit* is volgens VIRTANEN c.s.³⁾ van invloed. In de droge stof der gewassen vonden zij n.l. de hoogste carotinegehaltenes, wanneer de planten bij optimale aciditeit groeiden; bij ongunstige aciditeit, opgewekt door het toevoegen van H₂SO₄, was het carotinegehalte aanmerkelijk lager. IJDO³⁾ acht het echter mogelijk, dat hier een sulfaatschade mede in het spel is.

Omtrent *kalibemesting* zijn interessante gegevens gepubliceerd door IJDO⁴⁾. Bij gebruik van een voedingsbodem met weinig N en K zag hij bij spinazieplanten onder invloed van toenemende kaligiften een vermindering van het carotinepercentage intreden.

Wat den invloed van de *andere plantenvoedingsstoffen*, zooals fosphaat, kalk, magnesia, sulfaat, ijzer enz. betreft, hierbij zijn tot nu toe slechts geringe veranderingen van het carotinegehalte aan den dag getreden⁴⁾. Slechts wordt opgegeven⁵⁾, dat volgens DUTCHER een onvoldoende mangaanvoorziening het carotinegehalte zou drukken.

Voor zoover wij hebben kunnen nagaan heeft men de beteekenis van de carotine voor de plant nog niet voldoende kunnen blootleggen. VIRTANEN c.s.⁶⁾

¹⁾ ATKESON, PETERSON, ALDOUS, *Journ. Dairy Sc.* 20 (1937) 557,
THOMAS, MOON, *Emp. Journ.* 6 (1938) 235,
MOON, *Journ. Soc. Chem. Ind.* 57 (1938) 455,
MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 235,
MOON, *Journ. Agr. Sc.* 29 (1939) 524,
FAGAN, DAVIES, *Welsh Journ. Agr.* 15 (1939) 261.

²⁾ MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 235.

³⁾ GUTHRIE, *Am. Journ. Bot.* 16 (1929) 716,
VIRTANEN, HAUSEN, SAASTAMOINEN, *Bioch. Zschr.* 267 (1933) 179,
PFÜTZER, PFAFF, *Ang. Chem.* 48 (1935) 581,
IJDO, Dissertatie Wageningen (1936); *Bioch. Journ.* 30 (1936) 2307,
THOMAS, MOON, *Emp. Journ.* 6 (1938) 235,
MOON, *Journ. Agr. Sc.* 29 (1939) 524.

⁴⁾ IJDO, Proefschrift Wageningen (1936),
THOMAS, MOON, *Emp. Journ.* 6 (1938) 235,
MOON, *Journ. Agr. Sc.* 29 (1939) 524.

⁵⁾ HABER, SWANSON, *Journ. Agr. Res.* 51 (1935) 75.

⁶⁾ VIRTANEN, HAUSEN, SAASTAMOINEN, *Bioch. Zschr.* 267 (1933) 179.

hebben op grond van slechts een gering aantal waarnemingen de meening uitgesproken, dat het hoogste carotinegehalte der planten gepaard zou gaan met den krachtigsten groei. Alle factoren, welke een ongunstigen invloed op den groei uitoefenen, zooals te hooge zuurheidsgraad e. a., zouden het carotinegehalte der planten verlagen¹⁾. Zelfs meent VIRTANEN op grond van de genoemde feiten, dat de carotine als een wezenlijke groeifactor in de plant kan worden beschouwd.

Intusschen is uit de proefnemingen van IJDO²⁾ wel gebleken, dat krachtiger groei geenszins noodzakelijk met hooger carotinegehalte gepaard behoeft te gaan. Immers, bij gebruik van een voedingsbodem met weinig N en K trad onder invloed van toenemende kalibemesting een verhooging van de groeisnelheid, maar daarentegen een verlaging van het carotinepercentage in. De conclusies van VIRTANEN moeten dan ook als onvoldoende gefundeerd worden beschouwd.

Reeds vele jaren zoekt men verband tusschen de carotine en het chlorophyl, omdat de gehalten aan deze beide stoffen in de planten positief gecorreleerd zijn³⁾; bij een hooger gehalte aan carotine (of bij een intensievere vitamine-A-functie) vindt men meestal ook een hooger gehalte aan chlorophyl en omgekeerd. Reeds WILLSTÄTTER en MIEG⁴⁾ noemden in 1907 de carotine een Chlorophyllbegleiter. Volgens veler opvatting nu is dit samengaan niet toe-
vallyg; hoe langer hoe meer helt men er nl. toe over om ook aan de carotine een directe rol bij de koolzuurassimilatie toe te schrijven⁵⁾.

Voor de functie van de carotine bij de phototropie zij verwezen naar de onderzoekingen van het Utrechtsche botanische laboratorium⁶⁾.

3. Carotieverlies bij hooibereiding

Reeds uit dierproeven met ratten was gebleken, dat bij de hooibereiding

1) VIRTANEN, *Nature* 137 (1936) 779.

2) IJDO, Proefschrift Wageningen (1936).

3) WILLSTÄTTER, STOLL, *Untersuchungen über Chlorophyll* (1913) 21,
DYE, MEDLOCK, CRIST, *Journ. biol. Chem.* 74 (1927) 95 (hier oudere literatuur),
COLLISON, HUME, SMEDLEY-MACLEAN, SMITH, *Bioch. Journ.* 23 (1929) 634 (hier
oudere literatuur),
GUTHRIE, *Am. Journ. Bot.* 16 (1929) 716,
CRIST, DYE, *Journ. biol. Chem.* 81 (1929) 525; 91 (1931) 127,
DUTCHER (zie HABER, SWANSON, *Journ. Agr. Res.* 51 (1935) 75),
PFÜTZER, PFAFF, *Ang. Chem.* 48 (1935) 581,
IJDO, Dissertatie Wageningen (1936).

4) WILLSTÄTTER, MIEG, *Liebigs Ann.* 355 (1907) 1.

5) PIRSON, *Fortschr. Bot.* 8 (1939) 199; 9 (1940) 193.

6) KONINGSBERGER, *Ned. Tijdschr. v. Geneesk.* 85 (1941) 3426.

een belangrijk deel van de vitamine-A-werking verloren gaat¹⁾. Ook had men reeds met zekerheid geconstateerd, dat de wijze van bereiding hierbij niet zonder invloed is; in het algemeen bleek de vitamine-A-functie van het verkregen hooi des te intensiever te zijn, naarmate dit onder gunstiger omstandigheden was gewonnen. Na de invoering van de chemische carotinebepalingsmethode heeft men deze uitkomsten volkomen kunnen bevestigen en daarenboven nog nader kunnen preciseeren.

Op het veld wordt de carotinedestructie in het gemaaide, *verwelkende materiaal* door het zonlicht ten zeerste in de hand gewerkt²⁾, terwijl ook enzymatische omzettingen een rol spelen³⁾. In wezen zou de destructie op oxydatie berusten.

Een en ander maakt, dat de verliezen reeds bij het verwelken zeer groot kunnen zijn. RUSSEL c.s.⁴⁾ b.v. constateerden bij monstertjes lucerne, die sterk aan het zonlicht waren blootgesteld, een verlies van meer dan 80 % der carotine in één etmaal.

Volgens latere onderzoekers is de destructie onder praktische omstandigheden echter aanmerkelijk kleiner. GREENHILL⁵⁾ b.v. nam in 54 uren bij vrij jong gras (16,8 % eiwitachtige stof in de droge stof), dat men in Mei bij goed, doch betrekkelijk koel weer liet verwelken, een verlies van 22 % waar; het maakte daarbij practisch niet uit of dit verwelken plaats vond in het zwad, in kleine oppers, dan wel in „windrows”, bestaande uit vier saamgeharkte zwaden. Tot dergelijke cijfers kwamen ook FAGAN c.s.⁶⁾. Bij gras, dat 24 uren had

-
- ¹⁾ BETHKE, KIK, *Ohio Bull.* 431 (1929) 117,
 RUSSEL, *Journ. biol. Chem.* 85 (1929/30) 289,
 HAUGE, AITKENHEAD, *Journ. biol. Chem.* 93 (1931) 657,
 HARTMAN, *Journ. biol. Chem.* 92 (1931) VII,
 HATHAWAY, DAVIES, GRAVES, *Nebr. Res. Bull.* 62 (1932),
 SMITH, BRIGGS, *Journ. Agr. Res.* 46 (1933) 229,
 SCHEUNERT, SCHIEBLICH, *Tierernährung* 6 (1934) 112,
 MILLER, BEARSE, *Wash. Bull.* 292 (1934),
 HAUGE, *Journ. Ass. Off. Agr. Chem.* 17 (1934) 304,
 WOODS, ATKESON, WELLHOUSEN, JOHNSON, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 581.
- ²⁾ GUILBERT, *Ind. Eng. Chem. An. Ed.* 6 (1934) 452,
 GUILBERT, *Journ. Nutr.* 10 (1935) 45,
 FAGAN, ASHTON, *Welsh Journ. Agr.* 14 (1938) 160.
- ³⁾ HAUGE, AITKENHEAD, *Journ. biol. Chem.* 93 (1931) 657,
 HAUGE, *Journ. Off. Agr. Chem.* 17 (1934) 304,
 GUILBERT, *Journ. Nutr.* 10 (1935) 45,
 HAUGE, *Journ. biol. Chem.* 108 (1935) 331,
 BOLIN, *Journ. Dairy Sc.* 22 (1939) 111.
- ⁴⁾ RUSSEL, TAYLOR, CHICHESTER, *New Jersey Bull.* 560 (1934).
- ⁵⁾ GREENHILL, *Emp. Journ.* 4 (1936) 145.
- ⁶⁾ FAGAN, ASHTON, *Welsh Journ. Agr.* 14 (1938) 160.

liggen verwelken, vonden zij een verlies van 10—25 %; na 48 uren was het 25—30 %. Bij latere proeven ¹⁾ bedroeg het verlies na 48 uren gemiddeld 26,3 %. FAGAN c.s. vonden bij hun experimenten eenige aanwijzing dat bij het verwelken de carotine in jong gras gemakkelijker verloren gaat dan in ouder gras. Vooral dan was het verlies groot, wanneer het materiaal afwisselend aan zon en regen was blootgesteld.

Dit alles had alleen betrekking op het verwelken. Laat men het gras *drogen tot hooi*, dan is de carotinedestructie nog aanmerkelijk grooter, zooals de eerder genoemde oudere proeven reeds hadden geleerd en zooals bij nieuwere proeven is bevestigd. Bij de waarnemingen van MOON ²⁾ b.v. bedroeg het totale verlies op het veld 72 % in 10 dagen, waarvan $\frac{2}{3}$ gedeelte, dus ca. 50 %, tijdens het liggen in het zwad (4 dagen). Bij de proeven van FAGAN c.s. ³⁾ werd bij de hooibereiding op het veld, die 7 dagen duurde, een verlies van 77,5 % geconstateerd.

4. Carotieverlies bij het bewaren van het hooi

Ook dit punt was reeds met behulp van dierproeven onderzocht ⁴⁾, waarbij was vastgesteld, dat de vitamine-A-functie van het gedroogde groenvoer bij het bewaren achteruitgaat.

Na de invoering der chemische methode is men ook hier meer in bijzonderheden getreden, waarbij werd gevonden, dat in het bijzonder de temperatuur van belang is. Het proefmateriaal der meeste onderzoekers bestond uit kunstmatig of natuurlijk gedroogde lucerne. Bewaarde men dit bij ca. 0° C, dan was het carotieverlies nihil of althans zeer gering. Naarmate de temperatuur echter hooger was, werden de verliezen grooter. Uiteraard zijn deze uitkomsten eveneens van belang voor de bewaring van grashooi en van kunstmatig gedroogd gras en het is mede met het oog op het laatste, dat wij hier iets meer in finesses treden.

¹⁾ FAGAN, DAVIES, *Welsh Journ. Agr.* 15 (1939) 261.

²⁾ MOON, *Emp. Journ.* 7 (1939) 225.

³⁾ FAGAN, DAVIES, *Welsh Journ. Agr.* 15 (1939) 261.

⁴⁾ FRAPS, TREICHLER, *Texas Bull.* 477 (1933),
FRAPS, TREICHLER, *Ind. Eng. Chem.* 25 (1933) 465,
MILLER, BEARSE, *Wash. Bull.* 292 (1934),
SMITH, *Journ. Agr. Res.* 53 (1936) 681,
WOODS, ATKESON, WELLHOUSEN, JOHNSON, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 581.

Zoo nam GUILBERT¹⁾ bij bewaring van lucernemeel in het donker de volgende verliezen waar in de aangegeven tijdvakken:

Tijdsduur	Temperatuur	Verlies
8 weken	— 5 tot + 5° C	Geen
8 „	20 tot 30° C	30 %
9 dagen	60° C	62 %
9 „	80° C	87 %

Bij hogere temperatuur nam de destructiesnelheid derhalve aanzienlijk toe; zij zou ongeveer worden verdubbeld bij een verhooging van de temperatuur met 10° C. (In het bovenstaande voorbeeld is de toeneming echter geringer, zooals ons bij berekening van de destructiesnelheden bleek.)

Werd lucernehooi, dat op het veld gedroogd en daarna gehakseld was, door GUILBERT op een donkeren zolder bewaard, dan waren de verliezen als volgt:

November tot April bij koel weer: verlies 9 %.

April tot Augustus bij warm weer: verlies 30 %.

Ook hier kwam de invloed van de temperatuur dus duidelijk tot uiting.

Tot een dergelijke uitkomst betreffende het verlies tijdens den zomer kwamen KANE c.s.²⁾, die bij lucernemeel in een periode van 7 à 8 maanden, nl. van Maart tot diep in den herfst, een destructie van rond 40 % der carotine waarnamen. De omstandigheden kwamen overeen met die van bewaring in een donkere hooischaar.

WISEMAN c.s.³⁾ onderzochten hetzelfde punt en stelden bij het bewaren van lucernehooi op een tamelijk donkeren zolder in verschillende jaargetijden de onderstaande carotineverliezen vast, waaruit de invloed van de temperatuur eveneens duidelijk naar voren komt.

In den winter bij 4½° C. en lager: 2,6 % p. maand,
 in de koelere voorjaars- en herfstmaanden bij 4½ à 13° C.: 4,4 % „ „ „
 in de warmere voorjaars- en herfstmaanden bij 13 à 21° C.: 6,5 % „ „ „
 in den zomer bij 21° C. en hooger: 12—21 % „ „ „

Dit betrof lucernehooi. Voor timotheehooi, onder dezelfde omstandigheden bewaard, bleken de verliespercentages practisch even hoog te zijn.

Voorts deelen FRAPS c.s.⁴⁾ uitvoerige proefnemingen mede omtrent

1) GUILBERT, *Journ. Nutr.* 10 (1935) 45.

2) KANE, SHINN, *Journ. biol. Chem.* 109 (1935) XLVIII.

3) WISEMAN, KANE, CARY, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 466.

4) FRAPS, KEMMERER, *Texas Bull.* 557 (1937).

lucernemeel e. a., waarbij de groote invloed van de temperatuur en van de seizoenen eveneens duidelijk naar voren kwam. Zoo werden in den zomer na drie maanden verliezen tot 40 % der carotine waargenomen; in den winter waren zij veel geringer.

Tenslotte vermelden wij nog de experimenten van TAYLOR c.s. ¹⁾. Gehakselde, kunstmatig gedroogde lucerne, in een schuur in zakken bewaard, verloor in drie maanden (nazomer en begin herfst) 50 % der carotine. In den daarop volgende winter was het verlies nihil, in den nu volgende zomer bedroeg het 25 % en in den tweeden winter weer niets. Wanneer gemalen, kunstmatig gedroogde lucerne bij lage temperatuur ($0 \pm 5^\circ \text{C}$) en tevens in vacuo en in het donker werd weggezet, dan was het verlies eveneens practisch nihil, zelfs na een bewaartijd van 20 maanden. De graad van fijnheid van malen was bij deze proeven slechts van geringe beteekenis.

Gezien den enormen invloed van temperatuursverhooging, kan het niet bevreemden, dat *hooibroei* fataal is voor de carotine, zooals o.a. reeds bleek bij de rattenproeven van WOODS c.s. ²⁾. Dit werd chemisch bevestigd bij de experimenten van SHEPHERD c.s. ³⁾ en van WOODWARD c.s. ⁴⁾ met lucernehooi. Steeg de temperatuur in den hooiberg tot $123^\circ \text{F} = 53^\circ \text{C}$ en hooger, dan verdween de groene kleur geheel en daalde het carotinegehalte zeer sterk, nl. bij een der proeven van 46 tot 0,9 mg en bij een tweede proef van 74 tot 3,8 mg per kg droge stof. Bij twee andere proeven was de maximale temperatuur achtereenvolgens $122^\circ \text{F} = 50^\circ \text{C}$ en $120^\circ \text{F} = 49^\circ \text{C}$. Hier daalde het carotinegehalte van 46 tot 2,9, respectievelijk van 74 tot 4,9 mg per kg droge stof, niettegenstaande de groene kleur van het hooi voor een gedeelte behouden bleef.

Zooals gezegd zijn al deze uitkomsten niet alleen van belang voor het hooi, maar ook voor de bewaring van kunstmatig gedroogd groenvoer. Zoo raadt de Deen BIELEFELDT ⁵⁾ aan om kunstmatig gedroogde lucerne bij niet hooger temperatuur dan 10°C te bewaren; een nog verder gaande afkoeling zou onnoodig zijn. Ook de vochtigheidsgraad der lucht zou van belang zijn, in dier voege, dat de carotineverliezen bij een relatieve vochtigheid van 70 à 80 % het geringst zouden zijn. Bij de *bereiding* zou het materiaal het best tot op 10—12 % vocht kunnen worden gedroogd. Hoe men dit alles echter in de practijk zou moeten verwezenlijken, is ons niet duidelijk.

¹⁾ TAYLOR, RUSSEL, *Journ. Nutr.* 16 (1938) 1.

²⁾ WOODS, ATKESON, WELLHOUSEN, JOHNSON, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 581.

³⁾ SHEPHERD, WOODWARD, GRAVES, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 467.

⁴⁾ WOODWARD, SHEPHERD, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 697.

⁵⁾ Zie PETERSEN, *Deutsch. wusch. Pr.* 67 (1940) 259.

5. Verband tusschen groene kleur en carotinegehalte van het hooi

Reeds langen tijd hechtte men in de Vereenigde Staten aan de groene kleur van het hooi groote waarde voor de qualiteitsbeoordeeling. Zulk een beoordeeling komt o.a. voor in het „Handbook of Official Hay Standards”, in 1936 uitgegeven door het U. S. Dept. of Agriculture. Het timotheehooi b.v. wordt hierin naar de onderstaande criteria gewaardeerd.

	Percentage groene kleur	Maximum percentage vreemd materiaal
1e qualiteit	45 of meer	10
2e „	30 of meer	15
3e „	minder dan 30	20

Behalve 1ste, 2de en 3de soort is er nog een qualiteit „sample grade”, waarmede minderwaardig hooi wordt aangeduid (meer dan 20 % vreemd materiaal, dan wel stoffig, schimmelig, te laat gemaaid enz.).

Bij andere hooisoorten heeft men ietwat andere criteria; bij het timotheehooi echter vormt de kleur de belangrijkste maatstaf. Deze groene kleur wordt met behulp van bepaalde optische instrumenten gemeten ¹⁾ en de uitkomst in populaire termen (percentages) uitgedrukt.

Het zal menigeen bevreemden, dat de „bladrijckdom” en de „fijnheid” bij de beoordeeling van het timotheehooi geen belangrijke rol spelen. Bladrijck, fijn hooi toch heeft als regel een hoogere zetmeelwaarde dan stengelig hooi. Waarschijnlijk staat een en ander in verband met het feit, dat de zetmeelwaarderijke krachtvoerders in de Vereenigde Staten in ruime mate ter beschikking staan. In een land als het onze moet men dan ook andere maatstaven aanleggen dan in de Vereenigde Staten.

Beoordeelingen als de bovenvermelde waren reeds in gebruik, vóórdat men er een wetenschappelijken grondslag voor bezat. Geleidelijk echter werd met behulp van dierproeven vastgesteld ²⁾, dat er een correlatie bestaat tusschen de groene kleur en de vitamine-A-functie van het hooi; naarmate bij de droging de groene kleur afneemt, wordt de vitamine-A-werking geringer.

¹⁾ Zie NICKERSON, *Un. St. Dept. Agr. Techn. Bull.* 154 (1929).

²⁾ DRUMMOND, CHANNON, COWARD, GOLDING, MACKINTOSH, ZILVA, *Journ. Agr. Sc.* 14 (1924) 531,
STEENBOCK, HART, ELVEHJEM, KLETZIEN, *Journ. biol. Chem.* 66 (1925) 425,
RUSSEL, *Journ. biol. Chem.* 85 (1929/30) 289,
SMITH, BRIGGS, *Journ. Agr. Res.* 46 (1933) 229.

Lucernehooi b.v., waarvan de groene kleur door langdurige blootstelling aan het licht volkomen verloren was gegaan, bleek bij de proeven met ratten van STEENBOCK c.s. ¹⁾ geen vitamine-A-functie meer te bezitten.

Ook deze uitkomsten heeft men later bij het chemisch onderzoek kunnen bevestigen. Al dadelijk zij echter vermeld, dat de samenhang geenszins zóó nauw is, dat op grond van de groene kleur een onfeilbare uitspraak omtrent het carotinegehalte van het hooi kan worden gedaan. Wij nemen deze reserve in acht, omdat ons indertijd bij proeven met stroo bleek, dat volkomen vergeeld materiaal niettemin een onmiskenbare vitamine-A-werking kan bezitten. Omgekeerd geven WISEMAN c.s. ²⁾ aan, dat in lucernehooi bij de bewaring het carotinegehalte aanmerkelijk sneller achteruitgaat dan de groene kleur. Ook bij de proeven van WOODWARD c.s. ³⁾ met lucernehooi bleek bij lichten broei de carotine bijna geheel te worden gedestrueerd, terwijl de groene kleur nog voor een gedeelte (rond $\frac{1}{4}$) behouden bleef. In beide gevallen daalde het carotinegehalte dus sneller dan de intensiteit der groene kleur.

Niettemin kan men zeggen, dat dooreengenomen *het carotinegehalte lager wordt, naarmate het chlorophylgehalte van het hooi daalt*. Dit bleek b.v. bij een onderzoek van WISEMAN c.s. ⁴⁾, die kleur en carotinegehalte van een groot aantal monsters lucerne- en timotheehooi met elkaar vergeleken. De uitkomsten betreffende het timotheehooi zijn weergegeven in fig. 1, waaruit de zoeven genoemde slotsom duidelijk blijkt. Een tweede diagram (fig. 2) heeft betrekking op een onderzoek van HODGSON c.s. ⁵⁾, die twaalf monsters hooi van gras-klover-mengsels onderzochten. Ook hier treedt de positieve correlatie duidelijk aan den dag.

6. Behoeftte van het rund aan carotine

De in het voorgaande vermelde gegevens en cijfers krijgen pas hun volle beteekenis, wanneer men ze vergelijkt met die betreffende de hoeveelheden carotine, welke runderen nodig hebben om gezond te blijven. Wat dit punt betreft kwamen GUILBERT c.s. ⁶⁾ tot de slotsom, dat voor niet-melkgevende, volwassen dieren, alsook voor niet geheel volwassen, dus nog groeiende dieren, 26 à 33 μ g carotine per kg lichaamsgewicht en per dag voldoende zijn om

¹⁾ STEENBOCK, HART, ELVERJEM, KLETZIEN, *Journ. biol. Chem.* 66 (1925) 425.

²⁾ WISEMAN, KANE, CARY, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 466,
WISEMAN, KANE, SHINN, CARY, *Journ. Agr. Res.* 57 (1938) 635.

³⁾ WOODWARD, SHEPHERD, *Journ. Dairy Sc.* 19 (1936) 697.

⁴⁾ WISEMAN, KANE, SHINN, CARY, *Journ. Agr. Res.* 57 (1938) 635.

⁵⁾ HODGSON, KNOTT, MURER, GRAVES, *Journ. Agr. Res.* 57 (1938) 513.

⁶⁾ GUILBERT, HART, *Journ. Nutr.* 10 (1935) 409,
GUILBERT, MILLER, HUGHES, *Journ. Nutr.* 13 (1937) 543,
GUILBERT, HOWELL, HART, *Journ. Nutr.* 19 (1940) 91.

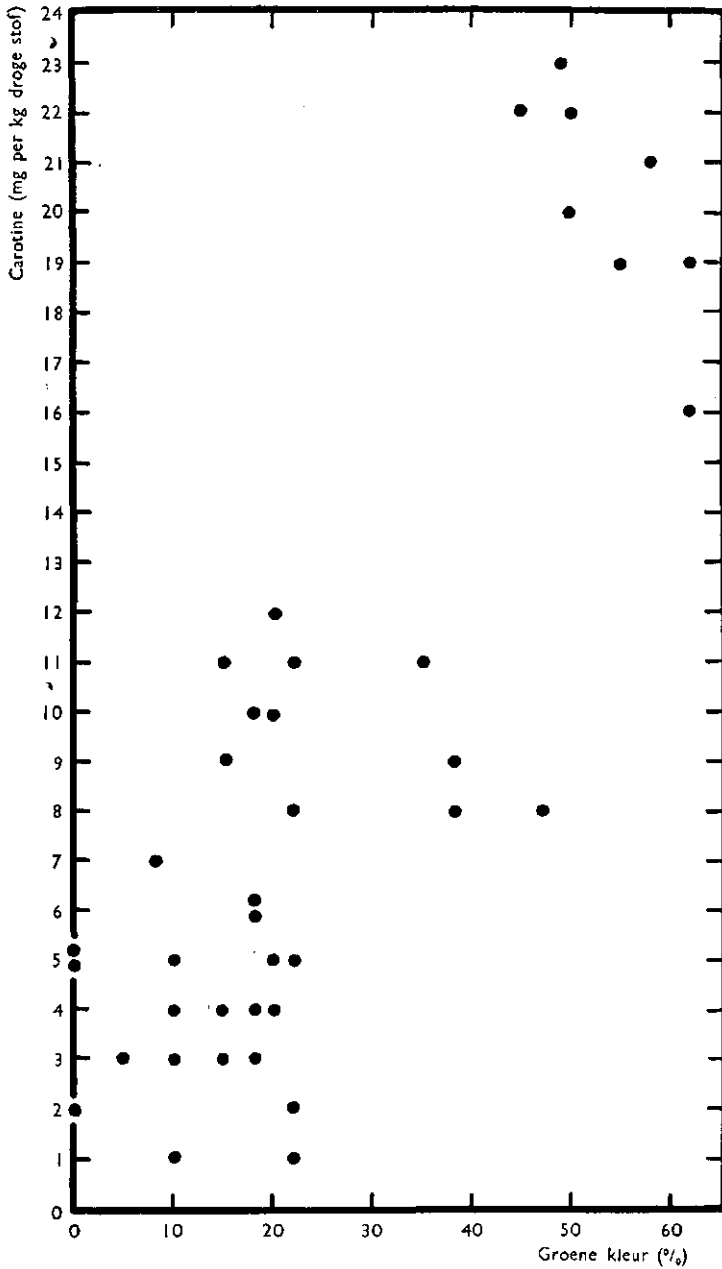


Fig. 1

Samenhang tusschen groene kleur en carotinegehalte bij timotheehooi volgens gegevens van WISEMAN, KANE, SHINN, CARY, *Journ. Agr. Res.* 57 (1938) 635.

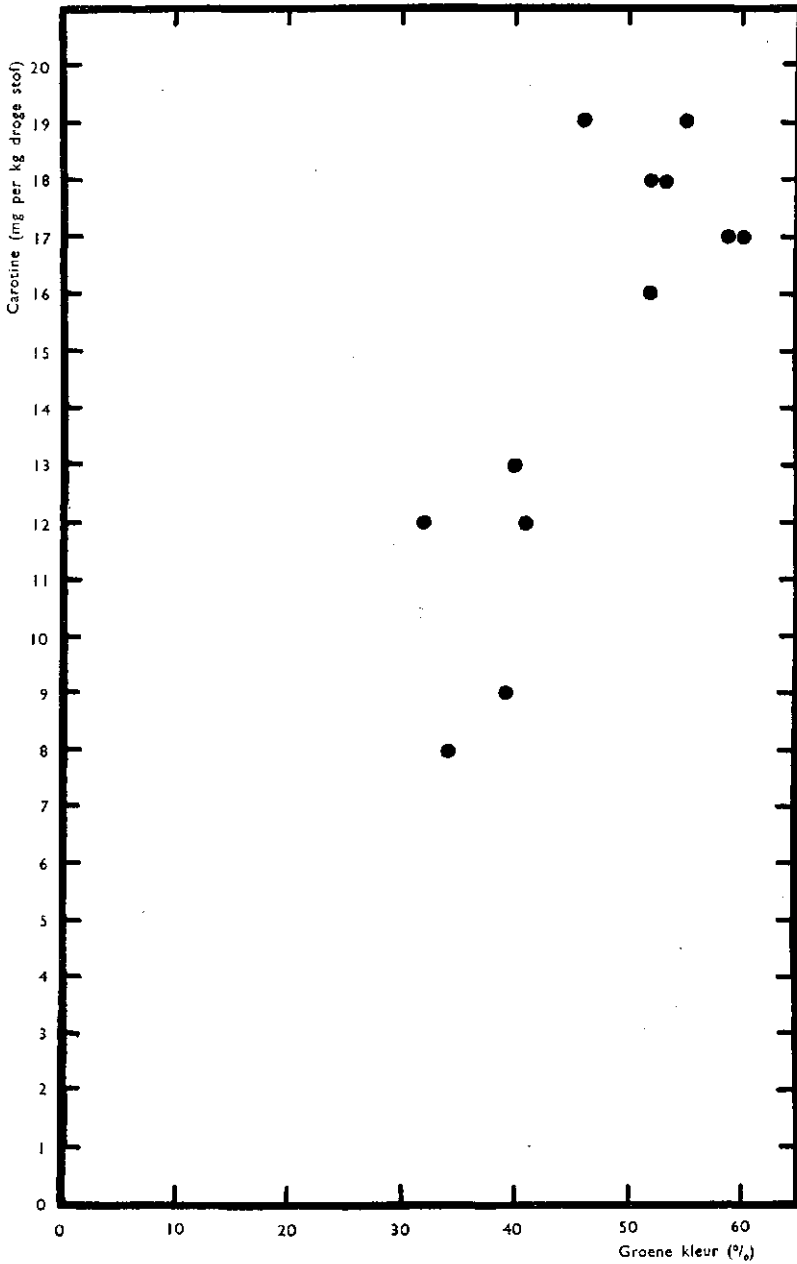


Fig. 2

Samenhang tusschen groene kleur en carotinegehalte bij gras-klover-mengsels volgens HODGSON, KNOTT, MURER, GRAVES, *Journ. Agr. Res.* 57 (1938) 513.

nachtblindheid¹⁾, het eerst optredende symptoom van avitaminose A, te voorkomen. 26 à 33 μg zou dus de minimum-hoeveelheid zijn; ziekelijke verschijnselen neemt men er onder gewone omstandigheden niet bij waar; carotine- en vitamine-A-reserves worden er evenmin door aangelegd.

MOORE²⁾ meent op grond van bloedonderzoek, van het onderzoek op nachtblindheid en van het oogspiegelonderzoek, dat deze cijfers ook voor kalveren ongeveer juist zijn.

Ook WARD c.s.³⁾ kwamen tot cijfers van dezelfde orde bij hun proeven met jonge kalveren, waarbij zij de carotinerwerking eveneens met behulp van den oogspiegel en voorts aan den pupilreflex e. a. beoordeelden. De „carotine” uit verschillende voedermiddelen kwam echter niet in dezelfde mate tot haar recht. Van die in lucernehooi was 32 μg per kg lichaamsgewicht juist voldoende, van die in maissilage 37 μg , van die in maismeel 40 μg , van die in timotheehooi 44 μg en van die in lucerne-melasse-silage 73 μg ; in dit laatste geval waren vermoedelijk inactieve, geel gekleurde omzettingsproducten gevormd, welke in de carotinefractie terecht waren gekomen. Het sterkst werkzaam was de kleurstof uit een carotinepreparaat; hiervan was 26 μg voldoende. Helaas blijkt uit de publicatie niet, in hoeverre al deze cijfers als vaststaand kunnen worden beschouwd.

GUILBERT c.s. leggen er den nadruk op, dat de door hen vastgestelde doses carotine niet voldoende waren om een ongestoorde voortplanting te waarborgen. Wel waren de voortgebrachte kalveren voldragen; zij waren echter zwak en stierven spoedig. De schrijvers achten de vijfvoudige hoeveelheid of ongeveer 150 μg carotine per dag en per kg lichaamsgewicht noodig om een goede voortplanting en het aanleggen van eenige reserve in het lichaam mogelijk te maken; ook voor het produceeren der melk en voor de gezondheid der met deze melk gevoederde kalveren zou de genoemde hoeveelheid voldoende zijn.

III. HET CAROTINEGEHALTE VAN NEDERLANDSCHE HOOI- EN STROOSOORTEN

1. Het carotinegehalte van het Nederlandsche grashooi

Ofschoon Nederland een klein land is, doen zich niettemin verschillen in klimaat en bedrijfsvoering voor, welke van belang zouden kunnen zijn voor het carotinegehalte van het hooi. Met het oog daarop onderzochten wij niet

¹⁾ Zie BROUWER, *Off. Org. F. N. Z.* 34 (1939) 137.

²⁾ MOORE, *Journ. Dairy Sc.* 22 (1939) 803.

³⁾ WARD, BECHDEL, GUERRANT, *Journ. Dairy Sc.* 23 (1940) 115.

alleen hooisoorten van de Proefzuivelboerderij en uit praktische bedrijven in Noordholland, maar strekten wij het onderzoek ook uit tot de provinciën Friesland en Limburg, waar, eveneens op praktische bedrijven, ettelijke hooibergen werden onderzocht. De monsters en de bijzonderheden omtrent de winning en de bewaring van het materiaal werden door ons zelf verzameld. Een woord van dank aan de betreffende landbouwers voor hun welwillende medewerking is hier op zijn plaats. In niet mindere mate zijn wij dank verschuldigd aan Ir. J. MIDDELVELDT te Leeuwarden en Ir. J. H. TIMMERMANS te Roermond, alsmede aan den Heer H. JASPERS, eveneens te Roermond, met welke heeren wij in dezen voortdurend hebben saamgewerkt.

Bij het verzamelen der monsters kwamen de bovenbedoelde verschillen in *bedrijfsvoering* duidelijk naar voren. In Noordholland en Friesland bedraagt de tijd tusschen maaien en inhalen meestal meer dan een week, veelal 7 à 14 dagen of nog langer tot 3 weken en meer. In Limburg daarentegen is het hooi als regel binnen een week, soms al binnen een halve week ingehaald. Blijkbaar droogt het sneller doordat het in een later stadium wordt gemaaid en doordat er op het veld meer en eerder in wordt gewerkt, terwijl er mogelijk ook nog *klimaatverschillen* in het geding zijn.

Aan de hand van het genoemde feit, dat het gras in het Noorden blijkbaar in een vroeger stadium wordt gemaaid, mag men aannemen, dat het versch gemaaide materiaal aldaar méér carotine bevat dan in het Zuiden. Niettemin wordt het hoogstwaarschijnlijk met een låger carotinegehalte ingehaald, omdat de langere hooitijd een grooter verlies in de hand werkt.

Ook bij de bewaring van het hooi zijn in Limburg de omstandigheden het gunstigst voor de carotine. Immers hier wordt het materiaal meestal in een laag van slechts enkele meters op een hooizolder opgetast. Deze omstandigheid en ook de grovere structuur maken, dat het minder sterk wordt ineengeperst, zoodat broei van eenige beteekenis meestal niet intreedt, hetgeen gunstig is voor de carotine. De groene kleur blijft veelal verrassend goed behouden.

In het Noorden des lands evenwel, waar zeer veel grootere hoeveelheden vroeg gemaaid hooi vele meters hoog in de hooivakken (vierkanten, gollen) worden opgetast, treedt als regel een meer of minder sterke broei in. De groene kleur is dan ook bijna steeds geheel verdwenen, althans in het midden-gedeelte, en heeft daar plaats gemaakt voor tinten, welke met allerlei scha-keeringen variëeren van „blank” tot bruinzwart. Dat ook de carotine hierbij aanzienlijke schade heeft geleden, is zonder meer wel duidelijk. Uiteraard is de groene kleur in de *buitengedeelten* der hooibergen veelal iets beter behouden gebleven, omdat de temperatuur hier lager blijft.

Wat nu onze *proefnemingen* betreft zij voorts vermeld, dat het eerste onderzoek plaats vond in den winter 1937—1938; de monsters werden nl. verzameld van 29 Maart tot 7 April 1938. Deze monsters werden genomen met een hooimonsterboor, waarbij het materiaal uit het middengedeelte der onderzochte hooibergen afzonderlijk werd gehouden van dat uit het buitengedeelte.

Binnen enkele dagen na de boring der monsters werd het materiaal, dat uit stukjes van enkele centimeters lengte bestond, op een tafel uitgespreid en vervolgens werd op het oog geschat hoeveel procent van de hooideelen nog een groene kleur bezat. Uiteraard is dit een grove schatting; maar wanneer men de ramingen door verschillende personen liet verrichten, dan kwamen de verkregen cijfers toch vrij goed met elkaar overeen. Over instrumenten om de groene kleur op objectieve wijze te meten, beschikten wij niet.

Het heeft in de bedoeling gelegen om ook de carotinebepalingen binnen enkele dagen na de monsterneming te verrichten. Helaas was dit ons in den winter 1937/1938 niet mogelijk, zoodat de monsters in een koelen kelder moesten worden bewaard tot in de tweede helft van September, toen de analyses geleidelijk konden worden afgewerkt, hetgeen duurde tot in November.

Het is niet uitgesloten, dat er in dien tusschentijd eenige carotinedestructie is ingetreden. Nu zijn er volgens FRAPS c.s. ¹⁾ echter aanwijzingen, dat de carotinedestructie, nadat er een bepaalde fractie verloren is gegaan, veel minder snel verloopt; het schijnt wel alsof een bepaald deel van de carotine minder vatbaar is voor destructie, doordat het daartegen meer of minder wordt beschermd. Hiermede was in overeenstemming het feit, dat onze dubbelbepalingen ook dan goed overeenstemmende waarden opleverden, wanneer zij door een tijdsruimte van ettelijke weken van elkaar waren gescheiden. Ook hebben wij ons ervan overtuigd, dat de groene kleur gedurende al den tijd dat de monsters te Hoorn zijn bewaard, practisch onveranderd is gebleven.

Niettemin hebben wij zekerheidshalve het onderzoek in den winter 1938/1939 herhaald. De monsterneming vond thans vroeger plaats, nl. van 29 December 1938 tot 16 Februari 1939, wederom op de Proefzuivelboerderij en op practische bedrijven in de provinciën Noordholland, Friesland en Limburg. Aangezien ons was gebleken, dat in Limburg de carotinegehalten in de binnen- en buitengedeelten der hooibergen practisch niet verschilden, werd thans aldaar van elken berg slechts één mengmonster genomen. In de beide andere provinciën echter, waar wèl een verschil aan den dag was getreden, werd het buiten- en binnenhooi weer afzonderlijk gehouden.

¹⁾ FRAPS, KEMMERER, *Texas Bull.* 557 (1937).

Wat tenslotte de *methodiek der carotinebepalingen* betreft, werd gewerkt volgens een gedetailleerd voorschrift, afkomstig van het hygiënisch laboratorium te Utrecht. Dit voorschrift sluit aan bij de methode II, beschreven door IJDO ¹⁾. Deze methodiek leverde ons goede uitkomsten op. Bij zéér lage carotinegehalten echter schijnt ons de methode minder betrouwbaar; wij kregen nl. den indruk, dat de kleurstoffen, welke bij den hooibroei ontstaan, de uitkomsten kunnen vertroebelen, wanneer slechts weinig carotine aanwezig is.

Proefuitkomsten. De uitkomsten van onze carotinebepalingen zijn samengevat in de tabellen 1 en 2.

Uit deze tabellen blijkt duidelijk, dat gedurende beide proefjaren het hooi uit Limburg aanmerkelijk rijker aan carotine was dan dat uit Noordholland en Friesland. In het Limburgsche hooi toch bedroeg het gehalte achtereenvolgens gemiddeld 7,3 en 13,9 mg per kg luchtdroog materiaal, in dat uit de

TABEL 1

Carotinegehalte (mg per kg) van hooi (luchtdroog materiaal)
Onderzoek 1937—1938

Hooi n ^o .	Middendeel		Buitendeel		Hooi n ^o .	Middendeel		Buitendeel	
	Groene kleur (%)	Carotine	Groene kleur (%)	Carotine		Groene kleur (%)	Carotine	Groene kleur (%)	Carotine
Noordholland					Limburg				
2493 G	sp. *)	1,9	5	3,8	2478 S	30	3,0	30	3,6
2490 K	1	1,9	20	3,9	2470 U	70	13,1	80	13,5
2487 S	0	2,1	10	3,7	2477 H	30	5,7	30	6,2
2489 V	0	2,8	0	2,2	2479 S	5	3,0	15	3,7
2462 P	0	1,6	5	2,5	2475 H	20	3,2	50	3,6
2491 K	0	2,4	0	3,8	2476 B	40	5,4	40	4,7
2486 G	0	1,4	2	2,2	2474 O	70	15,5	80	15,7
2461 P	0	2,0	8	1,9	Gemidd.	38	7,0	46	7,3
2494 B	0	2,2	sp.	1,6					
2488 R	0	1,4	2	1,1					
Friesland									
2464 T	0	1,4	10	2,0					
2469 H	0	0,9	10	1,5					
2466 D	0	1,3	2	1,0					
2468 O	0	0,8	1	1,1					
2463 M	0	2,4	2	1,5					
Gemidd.	0	1,8	5	2,3					

*) sp. = spoor

¹⁾ IJDO, Proefschrift Wageningen (1936).

TABEL 2

Carotinegehalte (mg per kg) van hooi (luchtdroog materiaal)

Onderzoek 1938—1939

Hooi n°.	Middendeel		Buitendeel		Hooi n°.	Midden + buiten	
	Groene kleur (%)	Caro- tine	Groene kleur (%)	Caro- tine		Groene kleur (%)	Carotine
Noordholland					Limburg		
2602 R	5	8,0	70	15,5	2636 A	90	29,4
2604 P	0	1,1	2	2,4	2637 B	10	7,2
2605 W	3	3,0	10	6,2	2638 K	40	11,8
2606 C	2	2,3	70	8,2	2641 O	40	8,3
2614 P	0	1,7	3	3,3	2642 S	20	11,5
2628 P	1	2,6	20	5,2	2643 V	60	15,0
2632 H	0	1,3	1	1,6	Gemidd.	43	13,9
2633 D	2	2,8	10	5,6			
2634 B	0	1,8	1	2,8			
2635 P	1	2,6	10	4,3			
2666 P	1	2,0	2	2,8			
Friesland							
2624 B	2	3,4	15	5,3			
2625 F	2	2,8	5	3,6			
Gemidd.	1	2,7	17	5,1			

Noordelijke provinciën 2,0 en 3,9 mg. Telkenjare werd in het Limburgsche hooi dus rond 3,5 maal zooveel carotine gevonden als in het andere. Niettemin is ook bij het Limburgsche hooi nog een zeer aanzienlijke carotinedestructie ingetreden, aangezien wij mogen aannemen, dat het versche gras niet minder dan 100 à 300 mg carotine per kg droge stof moet hebben bevat.

Voorts blijkt, dat de carotinegehalten in de midden- en buitengedeelten der Limburgsche hooibergen weinig of niet van elkaar verschilden. Bij het hooi uit Noordholland en Friesland daarentegen was er een duidelijk onderscheid in dier voege, dat de gehalten in de middengedeelten duidelijk lager waren, zooals in verband met het broeien trouwens mocht worden verwacht. Alleen in het eerste proefjaar werden op dezen regel eenige uitzonderingen waargenomen. Wij vermoeden dat in deze gevallen de kleurstoffen, welke bij het broeien ontstaan, de proefuitkomsten hebben vertroebeld.

Wij hebben gezien, dat niet-produceerende runderen met een dagdosis van ca. 30 μ g carotine per kg lichaamsgewicht kunnen volstaan. Voor een koe van 500 kg is dit dus 15 mg. Deze hoeveelheid kan als regel met slechts enkele kilogrammen van het Limburgsche hooi al worden bereikt. In het Noorden

des lands echter is het hooi blijkens tabel 1 en 2 veelal zóó arm aan carotine, dat zelfs een ruime hooigift onvoldoende kan zijn.

Uiteraard geldt dit laatste in nog sterkere mate, wanneer het gaat om de voeding van *produceerende* dieren, waarvoor men 150 μg per dag en per kg lichaamsgewicht verlangt; voor een dier van 500 kg zou dit dus 75 mg worden. Zelfs bij voeding met volop hooi kan men deze hoeveelheid in het Noorden des lands blijkbaar slechts bij uitzondering halen. In Limburg daarentegen kan ook deze 75 mg bij ruime hooivoeding in vele gevallen gemakkelijk

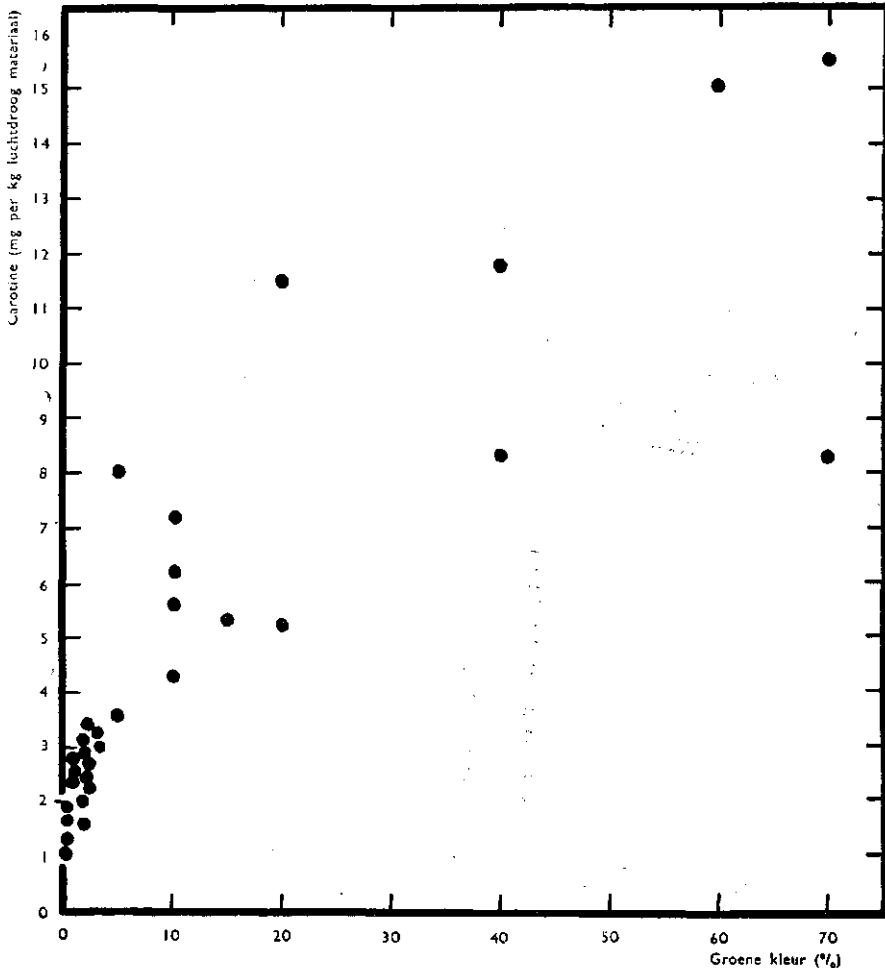


Fig. 3

Samenhang tusschen groene kleur en carotinegehalte bij Nederlandsche hooisoorten. Men ziet, dat het carotinegehalte dooreengenenom des te hooger is, naarmate de groene kleur beter behouden is gebleven.

worden bereikt. Voor het carotinearmere hooi uit Limburg geldt dit echter niet en het geldt uiteraard evenmin, wanneer men de hooigiften al te zeer beperkt, zooals op gemengde bedrijven herhaaldelijk voorkomt. Onder dergelijke omstandigheden is het derhalve ook in het Zuiden aangewezen andere carotinehoudende voedermiddelen bij te voeren.

2. Correlatie tusschen de groene kleur van het hooi en het carotinegehalte

Wij hebben reeds vermeld, dat bij buitenlandsche onderzoekingen ten duidelijkste een positieve correlatie tusschen groene kleur en carotinegehalte aan den dag was getreden. In verband daarmee werden, zooals gezegd, ook door ons schattingen omtrent de groene kleur van het materiaal gemaakt, welke schattingen eveneens zijn opgenomen in de tabellen 1 en 2. Deze uitkomsten nu, alsmede de carotinecijfers, werden in fig. 3 uitgezet, echter alléén voor het tweede proefjaar, omdat het blijkt het voorgaande niet uitgesloten is, dat de carotinecijfers van het eerste proefjaar ietwat te laag zijn uitgevallen.

Beziet men het diagram nader, dan blijkt ook hier een duidelijke positieve correlatie naar voren te treden: bij het afnemen der groene kleur daalt het carotinegehalte voortdurend. Deze correlatie is evenwel niet zóó nauw, dat wij het verantwoord achtten om een regressieformule te berekenen. Bovendien hadden de proeven daarvoor over méér dan enkele jaren moeten loopen.

3. Carotinegehalte van stroo en van klaverhooi

De gegevens hieromtrent zijn neergelegd in tabel 3. In elk der drie onderzochte *stroosoorten* (wintertarwestroo, roggestroo, haverstroo) werd nog een

TABEL 3

*Carotinegehalte (mg per kg) van stroo en van klaverhooi
(luchtdroog materiaal)*

N ^o .	Voedermiddel	Carotine
2467 D	Wintertarwestroo	0,6
2473 O	„	1,1
2481 S	„	3,8
2496 K	„	0,8
	Gemiddeld	1,6
2471 O	Roggestroo	4,8
2472 O	Haverstroo	2,9
2480 S	„	1,4
2639 V	Klaverhooi	16,1
2640 S	„	25,2

geringe hoeveelheid carotine aangetroffen, niettegenstaande de groene kleur vrijwel geheel verdwenen was. Dit is in overeenstemming met vroeger aan dit station uitgevoerde proeven met ratten, waarbij was gebleken, dat aan het stroo ongetwijfeld eenige vitamine-A-werking toekomt, ook wanneer het volkomen is vergeeld.

Wat het *klaverhooi* betreft, hiervan werden slechts twee monsters onderzocht, welke beide door een hoog carotinegehalte bleken uit te munten. Het ware belangwekkend hieromtrent verdere waarnemingen te verrichten, vooral ook met het oog op de vraag of de goede naam van het klaverhooi wellicht voor een deel aan zijn gehalte aan carotine moet worden toegeschreven.

IV. SAMENVATTING

In een literatuuroverzicht worden gegevens medegedeeld omtrent het carotinegehalte van het verse gras en van andere weideplanten, alsook omtrent de factoren, die daarop invloed uitoefenen. Voorts blijkt uit de literatuur, dat de verliezen aan carotine bij de hooibereiding en -bewaring des te grooter zijn, naarmate de droging op het veld langer duurt en het materiaal in den hooiberg sterker broeit.

Bij het onderzoek van hooimonsters uit een aantal hooibergen bleek, dat de carotineverliezen ook hier te lande zeer aanzienlijk zijn. Zeer lage carotinegehalten werden gevonden in de provinciën Noordholland en Friesland; duidelijk hooger waren de uitkomsten in Limburg. Dit verschil hangt samen met het feit, dat het gras in Limburg in een ietwat later stadium wordt gemaaid en er méér en eerder in wordt gewerkt, welke factoren maken, dat de droging op het veld sneller verloopt, zoodat het hooi eerder kan worden ingehaald dan in het Noorden. Ook brengen deze en andere omstandigheden mede, dat het Limburgsche hooi bij de bewaring veel minder sterk broeit. Daarentegen heeft het hooi in het Noorden door het vroeger maaien het voordeel van een hoogere zetmeelwaarde en een hooger eiwitgehalte, althans wanneer dit voordeel niet door den sterkeren broei te niet is gedaan.

Het Noordhollandsche en Friese hooi is veelal zóó arm aan carotine, dat zelfs een ruime hooigift onvoldoende kan zijn om te voorzien in de carotinebehoefte van niet-produceerende runderen, welke dus alléén maar onderhoudsvoer noodig hebben. In Limburg is de toestand veel gunstiger, ofschoon het hooi ook daàr niet altijd kan voorzien in de behoefte van dieren, welke in volle lactatie verkeerden, in het bijzonder niet wanneer slechts weinig hooi wordt toegediend. Bijvoeding met andere carotinehoudende voedermiddelen is dus in vele gevallen op haar plaats.

Dooreengenomen is het carotinegehalte van het hooi des te hooger naarmate de groene kleur beter behouden is gebleven. Uit de intensiteit der groene

kleur kan dus eenige aanwijzing omtrent het carotinegehalte worden geput.

Twee onderzochte monsters **M**averhooi bleken door een hoog carotinegehalte uit te munten.

V. RÉSUMÉ

Les auteurs passent en revue la littérature sur la teneur en carotène de l'herbe fraîche et de quelques autres plantes croissant dans les prés, ainsi que sur les facteurs qui influencent cette teneur. Cette littérature les autorise à conclure que les pertes en carotène durant le fanage et pendant la conservation du foin dans les fenils, s'accroissent au fur et à mesure que le séchage dans les champs se prolonge et que monte la température pendant la conservation.

De l'analyse de plusieurs échantillons de foin originaires de fermes néerlandaises, il résulte que dans notre pays aussi, les pertes en carotène sont très considérables.

Les taux de la carotène sont très bas dans les foins des provinces du nord de notre pays, la Hollande septentrionale et la Frise; ils sont manifestement plus élevés dans les échantillons provenant de la province de Limbourg. Cette différence dépend du fait qu'au Limbourg, l'herbe se fauche dans un stade un peu plus avancé et y est travaillée après un temps plus court, et plus activement. Par là, le fanage s'effectue plus rapidement et l'engrangement peut avoir lieu plus tôt que dans les deux autres provinces. En fin de compte, ces particularités contribuent à tempérer fortement la fermentation des foins au Limbourg pendant leur conservation dans les fenils. Par contre, la plus grande précocité du fauchage donne au foin, en Frise et dans la Hollande septentrionale, l'avantage d'une valeur-amidon et d'une teneur en protéine plus élevées, du moins quand cet avantage n'est pas annihilé par la fermentation pendant la conservation.

Maintes fois, dans la Hollande septentrionale et la Frise, le foin est si pauvre en carotène que même une ample ration peut être insuffisante pour les besoins des bovins ne produisant pas de lait, c. à d. d'animaux n'exigeant qu'une ration de nourriture d'entretien. Au Limbourg, la situation est beaucoup plus favorable, quoique, là aussi, le foin ne suffise pas toujours aux besoins des vaches en pleine lactation, en particulier quand le foin est distribué avec parcimonie. Aux Pays-Bas, l'addition d'aliments riches en carotène s'impose donc dans beaucoup de cas.

En moyenne, la teneur en carotène du foin est plus élevée à mesure que la couleur verte s'est mieux conservée. L'intensité de la couleur verte peut donc servir d'indication, dans une certaine mesure, quant à la teneur en carotène.

Deux échantillons de foin de trèfle excellèrent à l'analyse par leur haute teneur en carotène.