

IETS OVER HOOIBROEI,

DOOR

Dr. R. N. DE HAAS.

Dat een hoop vochtig hooi gaat broeien is een van oudsher bekend feit en kan vooral in die jaren worden waargenomen, welke tijdens den hooioogst rijk aan regen zijn. Bijna alle hooi, dat in het vochtige klimaat van Nederland wordt gewonnen, moet eenigszins de bedoelde zelfverwarming ondergaan voor het dooden der schimmelsporen. Zonder temperatuursverhoging treedt gemakkelijk schimmelvorming op, welke het voeder waardeloos zou maken. Werd het gras terstond na het maaien op een hoop gebracht, dan zou het onder den invloed der vochtigheid gaan rotten, zonder dat de temperatuur merkbaar zou stijgen. Indien echter het gras eerst wordt uitgespreid in de lucht, sterven de planten en verliezen ze spoedig het water, althans voor een groot gedeelte, dat ze bij het leven hardnekkig vasthouden.

Is het hooi op een hoop gebracht vóór het voldoende gedroogd is, dan stijgt de temperatuur hooger dan wenschelijk is en ontstaat een eigenaardige zoetachtige reuk; het hooi wordt broos en zwart en kan met de hand sijngewreven worden. De voedingswaarde gaat steeds achteruit, en ten slotte kan zelfontbranding optreden. Deze sterke verhitting ontstaat niet gelijkmatig in den geheelen hooiberg, maar op verschillende broeiplaatsen daarin.

In ons land wordt — in vele streken is het bij verordening voorgeschreven — op primitieve wijze de temperatuur in verschillende gedeelten van den hoop waargenomen. Men steekt een lange ijzeren stang in het hooi, trekt ze na eenigen tijd er uit en probeert of men ze overal met de hand kan vasthouden. De stang heeft aan haar spits een weerhaak, zoodat er tevens een weinig hooi te voorschijn wordt gehaald. Kan men de hitte van de stang niet in de hand verdragen en is de kleur van het hooi donkerbruin of zwart, dan moet men dit uit de schuur verwijderen en in de buitenlucht uitspreiden. Daarbij kunnen zure dampen ontwijken, welke den arbeid onaangenaam of

zelfs onmogelijk maken en kan het sterkst aangetaste hooi aan de lucht vanzelf ontbranden. Het is een z.g. *pyrofoor* geworden.

Van dergelijke pyroforen ontmoet men reeds eenige bij het elementaire onderwijs in chemie. Gele fosfor, waarvan een oplossing in zwaavelkoolstof op een stuk filtreerpapier is gegoten, blijft bij verdamping van het oplossingsmiddel zóó fijn verdeeld achter, dat door de vermeerderde aanraking met de lucht en de hierdoor versnelde oxydatie de fosfor in korten tijd zóó warm wordt, dat deze de ontbrandings-temperatuur bereikt, m. a. w. dat] de langzame verbranding in eene met vlam overgaat.

Ook de onzuivere fosforwaterstof, zooals die b. v. ontstaat uit fosforcalcium en water, ontbrandt „vanzelf” in de lucht.

Wordt ferro-oxalaat (zuringzuur ijzeroxydule) verhit in een stroom waterstof, of ook zonder waterstof in een gewoon reageerbuisje, mits de temperatuur niet te hoog worde opgevoerd, dan blijft zijn ijzerpoeder achter, dat bij het uitschudden uit het buisje een mooien vonkenregen vertoont.

Wat nu de zelfontbranding van hooi aangaat, gaf RANKE, die in 1873 een geval van brand door hooibroei in de buurt van München beschreef, het bewijs dat het verkoling kan zijn, wat het hooi tot een pyrofoor maakt. Want, zooals we beneden zullen zien, verhit men versch hooi bij afsluiting der lucht tot ca. 300°, dan kan het bij verwijdering uit het glazen kolfje vanzelf ontbranden.

Op welke wijze echter de hooibroei intreedt is nog niet volkomen verklaard ¹⁾. In zijn „Ernten und Konservieren der landwirtschaftlichen Futtermittel” (1900) geeft Dr. C. BÖHMER nochtans een hoofdstuk getiteld: „Wissenschaftliche Erklärung der Selbstentzündung”. Hij onderscheidt twee verschijnselen: 1e de verandering van hooi in een donkergekleurde massa, de hooikoolstof (een fysiologisch en chemisch proces), en 2e de ontbranding van de koolstof en van de ontstane gassen. Temperatuursverhooging dient natuurlijk altijd aan de zelfontbranding vooraf te gaan, doch het is duidelijk dat zij niet altijd zoo aanzienlijk zal zijn dat de ontbrandingstemperatuur bereikt wordt.

De zelfverwarming, althans het begin er van, wordt toegeschreven aan de levendige vegetatie van mikro-organismen, welke aanleiding geeft tot exothermische chemische processen. Bij een normaal verloop doet ze alleen de vochtigheid verdampen en doodt ze de schimmels,

¹⁾Ik zocht deze verklaring te vergeefs in de grootere Deutsche werken over landbouwscheikunde van AD. MAYER en van VON DER GOLTZ, alsook in het bekende Nederlandsche werk van G. REINDERS: Landbouw en Veeteelt.

bij krachtiger werking treedt verkoling op. F. COHN mat den warmtegraad in een grooten met vochtig hooi gevulden pot, welke in een mand met watten geplaatst was, en vond temperaturen tot 71° .

Reeds eenige jaren vroeger had BERTHELOT (Compt. rend., 1894) een dergelijke beschouwing gegeven: de aanvankelijk door gisting veroorzaakte stijging der temperatuur kan voortduren, zooals men met een thermometer kan aantoonen. Dat er tevens luchtzuurstof wordt verbruikt, is eveneens gemakkelijk te constateeren. Deze oxydatie is *een zuiver chemisch proces*, en wordt van lieverlede krachtiger, naarmate de temperatuur hooger wordt. Er ontstaan empyreumatische stoffen, en eindelijk wordt de ontbrandingstemperatuur bereikt.

Dat hooibroei een zuiver chemisch proces is, wordt in den jongsten tijd opnieuw beweerd door de h.h. BOEKHOUT en OTT DE VRIES, die in twee broeiende hooibergen te Hoorn temperaturen waarnamen van 85° en 96° ; de waarneming had plaats door middel van een maximumthermometer, welke in een vooraf ingeboorde ijzeren buis werd geschoven. Van beide hoopen werd het hooi uitgespreid, omdat de eigenaars voor brandgevaar vreesden. Het is met het oog op den hoogen warmtegraad, dat deze onderzoekers het broeiproces onmogelijk aan mikroorganismen kunnen toeschrijven.

Wel is waar zouden de sporen van sommige bakteriën kunnen blijven bestaan, — ik vind dat die van de hooibacil, *Bacillus subtilis*, zelfs een kwartier in water kunnen worden gekookt zonder aan levens- en kiemkracht te verliezen, — maar deze sporen zouden dan zeer zeker in een latenten toestand van leven moeten verkeerren. Indien mikro-organismen inderdaad een rol spelen, dan moet dit in het begin plaats hebben en dan zou het alleen hierdoor zijn, dat ze een gemakkelijke oxydeerbaarheid van hooibestanddeelen in het leven roepen. En dan moet vervolgens de ingesloten luchtzuurstof oxydatie en dus verhitting veroorzaken.

Nu bleek het gas in beide hooibergen te zijn samengesteld uit 7.0 pCt. kooldioxyde; 12.4 pCt. zuurstof en 80.6 pCt. stikstof. De oorspronkelijke dampkringslucht had dus zuurstof verloren en wel $20.8 - 12.4 = 8.4$ pCt., dat is meer dan noodig was voor de vorming van het kooldioxyde, want laatstgenoemd gas (7.0 pCt.) heeft hetzelfde volumen als de voor zijn vorming verbruikte zuurstof. Maar de, ook met lakmoespapier waar te nemen, zure dampen bestaan uit mierenzuur, dat een hooger gehalte aan zuurstof bevat dan de organische stoffen, waaruit het bij oxydatie kan ontstaan; en zoo zou het genoemde tekort aan zuurstof kunnen worden verklaard. Wat aangaat de samenstelling van gras en hooi, het eerste bevat 22—30 pCt., het

andere 84—87.5 pCt. droge stof. Om nu verder de bestanddeelen van gebroeid en niet gebroeid hooi met elkaar te kunnen vergelijken, is het dienstig hiervan het gehalte op de droge stof om te rekenen. Volgens BOEKHOUT en OTT DE VRIES bevatte:

	normaal hooi	gebroeid hooi van denzelfden hoop
asch	8.4 pCt.	9.2 pCt.
eiwit	10.8	11.5
ruwe vezelstof	31.6	35.4
ruw vet	2.0	3.1
pentosanen	24.0	20.6
stikstofvrije extractiefstoffen	23.2	20.2

De vier eerstgenoemde bestanddeelen zijn in procentisch gehalte gestegen in verband met den achteruitgang der beide overige. Het ruw-vetgehalte maakt m.i. evenwel een onverklaarbaren sprong.

Bij vergelijking van de scheikundige samenstelling van gebroeid en niet gebroeid hooi van denzelfden hoop blijkt dat vooral de zetmeel- en de suikerachtige stoffen procentisch verminderen. Het verdwijnende gedeelte heeft bij oxydatie zonder twijfel een belangrijke warmteontwikkeling ten gevolge.

Dit bewijst intusschen niets omtrent de oorzaak van het proces en of deze wel of niet in verband staat met mikroorganismen. Den hh. BOEKHOUT en OTT DE VRIES — het klinkt bijna ongelooflijk, — gelukte het niet bakteriën in broeiend hooi te ontdekken¹⁾. Ook ligt de waargenomen temperatuur ver boven de maximumtemperatuur voor enzymwerkingen of voor levensverrichtingen van planten.

Zoals de ervaring heeft geleerd, bestaat er een overeenkomstige zelfverhitting, welke eveneens aanleiding kan geven tot brand. Ik bedoel die van steenkolen, van katoen en van vezelachtige stoffen in

¹⁾ Würden Mikroorganismen eine Rolle spielen, so könnte vielleicht der Prozess erklärt werden, indem man annähme dass dieselben einen pyrophoren Zustand des Heues schufen und dass durch den Sauerstoff im Haufen eine allmähliche Oxydation entstehe, welche die Temperatur so hoch auftrieb. In diesen Falle würde man erwarten können, dass eine starke Mikroorganismenentwicklung stattfände an einer Stelle wo eine starke Selbsterhitzung anfängt. Man müsste also dieselben nachweisen können. Trotzdem ist es uns nie gelungen Mikroorganismen unter diesen Umständen nachzuweisen, weder durch mikroskopische Betrachtung noch durch Kultivierung. (Centralblatt für Bakteriologie, 2^{te} Abt. XII 1904 S. 678.)

het algemeen, vooral als ze min of meer met olie gedrenkt zijn, zooals lommen, poetslappen van machinisten, enz.

Uit de gevallen van zelfverhitting van steenkool blijkt dat ze bevorderd wordt 1o. door een fijne verdeeling; als n.l. bij het laden veel gruis en stof zijn ontstaan, 2o. door vochtigheid, 3o. door het gehalte aan pyriet.¹⁾ Ventilatie is aan te bevelen, doch het maken van luchtschachten in de lading doet meer kwaad dan goed.

Bij katoen en dergelijke stoffen wordt de zelfverhitting meer bevorderd door olie dan door vocht en wel meer door lijnolie, raapolie, enz. dan door machineolie, welke laatste, zooals men weet, uit koolwaterstoffen bestaat en dus minder vatbaar is voor oxydatie. Vooral de z.g. drogende oliën, zooals lijnolie, geven door hun eigenschap direct zuurstof uit de lucht op te nemen aanleiding tot zelfontbranding. R. KISSLING kwam door zijn onderzoek tot de volgende resultaten: Zelfontbranding van vette oliën in vezelstoffen wordt veroorzaakt door vrijwillige oxydatie dier oliën. De warmteontwikkeling is afhankelijk van de samenstelling der olie, van de grootte van het aanrakingsoppervlak tusschen olie en lucht, van de betrekkelijke hoeveelheid olie, van de bescherming tegen afkoeling of verwarming, en eindelijk van het licht. Bij hoogere temperatuur en in het licht gaat de oxydatie gemakkelijker. Mikro-organismen komen niet in aanmerking, de oxydatie is zuiver chemisch.

Dit laatste is niet de meening van F. COHN. Deze vond dat gesteriliseerde katoen niet warm wordt, maar dat zelfverwarming terstond intreedt, als de vezelstof wordt overgoten met water dat uit katoenafval was geperst. In dit water vond hij mikrokokken, die hij als de oorzaak van de zelfverwarming beschouwde.

Is nu de zelfontbranding van vette katoen te vergelijken met die van hooi? Zou het kunnen zijn, dat het in hooi aanwezige vet (ik vind in tabellen 1,5 tot 3,5 pCt. omgerekend op de droge stof) een rol speelt bij het broeien? Wordt bij een inleidende gisting de vezelstof, althans gedeeltelijk, vernietigd, en wordt zoo misschien het vet in de cellen blootgesteld aan de inwerking der zuurstof? Met het oog op de in de tabel vermelde procentische samenstelling is het niet waarschijnlijk dat de oxydatie met het vet begint.

Onder meer dan 50 proefnemingen van KISSLING was er toch maar één, waarbij zelfontbranding van vette katoen optrad. Hij had 50 gram katoen met 100 gram lijnolie gedrenkt en in een glas geperst, dat van een houten deksel was voorzien en geplaatst in een tweede

¹⁾ Zie dit tijdschrift 1903, Bijbl. 64 en 1905, bl. 352.

glazen vat. Tien uur na het begin der proef kwam er een scheur in het glas en na 15 uur vertoonde de katoen vonkjes in de buurt van de scheur. Na een kwartier hield het smeulen op. De temperatuur was van uur tot uur geweest:

23°,5	23°,5	23°,8	24°,5	25°,0
25°,5	26°,0	26°,5	28°,0	30°,0
33°,0	45°,5	94°,0	125°,0	170°,0

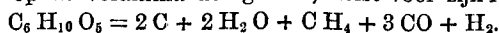
Toen n.l. het glas was gesprongen en de lucht kon binnentreden, was een sterke rijzing van den thermometer het gevolg.

Was hier het vuurverschijnsel aan een toeval te danken, in een andere reeks proefnemingen kon W. LIPPERT regelmatig een zelfontbranding waarnemen bij watten, die gedrenkt waren met een vernis, n.l. lijnolie, die met kopalhars en een gemakkelijk zuurstof afgevend metaaloxjde gekookt was. De geïmpregneerde watten werden samengevouwen rondom een thermometer, en blootgesteld aan luchttoevoer. De temperatuur steeg weldra tot 60°, na 15 minuten tot 138°, na drie kwartier tot 275° en toen plotseling tot 300°. De van buiten onveranderde watten vertoonden bij het ontvouwen van binnen een sterke verkoling; ook hier trad een vuurverschijnsel op, want door er op te blazen vlogen de watten binnen weinige oogenblikken in brand.

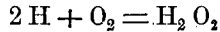
Nu heeft de zelfontbranding van hooi in de practijk niet zoo gemakkelijk plaats; maar toch zal in niet volkomen droog hooi door de inleidende gisting warmte ontstaan, en hierdoor zullen organische stoffen onder afscheiding van kool langzaam verteren. Is n.l. de ingesloten luchtzuurstof verbruikt, dan kan volgens BÖHMER ten koste van gebonden zuurstof nog een onvolkomen oxydatie plaats grijpen. Er treedt een soort droge destillatie op, doch heel langzaam wegens het gemis aan warmtetoevoer van buiten. In de eerste plaats oxydeert zich een deel der waterstof van organische stoffen, bijv. van een koolhydraat, tot water; de rest vormt koolwaterstoffen en koolstof, welke (voor zoover ze niet in kooloxyde en mierenzuur overgaat,) in poreuzen toestand achterblijft¹⁾. FRANKLAND had in 1883 reeds aangetoond dat in droog gras zich aanzienlijke hoeveelheden gassen ontwikkelen, hoofdzakelijk kooldioxyde, met sporen waterstof en koolwaterstoffen.

Poreuze koolstof heeft, zooals men weet, een groot opslorplingsvermogen voor kleurstoffen en gassen. Volgens SAUSSURE absorbeert

¹⁾ DR. BÖHMER geeft een scheikundige vergelijking, welke we ook met het oog op de volumina der gassen, liefst voor zijn rekening laten:



een volumen houtskool van buxus 55 volumina zwavelwaterstof (bij 12° en 723 mM.) of 9,4 vol. zuurstof of 1,75 vol. waterstof. De gemakkelijk te condenseeren gaspen, zooals de meeste koolwaterstoffen, worden in ruimer mate geabsorbeerd dan de overige. Nu gaat een dergelijke gasabsorptie gepaard met warmteontwikkeling, en als de geoccludeerde gaspen weer worden losgelaten, verkeerden ze als het ware in den wordingstoestand, in statu nascendi. HOPPE-SEYLLER nam waar dat de uit palladiumwaterstof gedissocieerde waterstof het vermogen bezit de luchtzuurstof actief te maken, d. w. z. ze in staat te stellen tot zeer krachtige oxydatie. Reeds vóór meer dan een halve eeuw had SCHÖNBEIN hetzelfde voor koolwaterstoffen be- wezen. Volgens de nieuwste opvattingen treden er peroxyden op. Komt zuurstof in aanraking met versehe hooikoolstof, dan vormt ze met de losgelaten waterstof waterstofperoxyde ¹⁾.



Daar waterstofperoxyde met groote energie brandbare gaspen zooals koolwaterstoffen en kooloxyde kan aantasten, wordt hierdoor verklaard waarom sijne koolstof, welke met deze gaspen verzadigd is, zich als een pyrofoor gedraagt. We denken hierbij weer aan de zelfontbranding van steenkool.

Zelfontbranding van hooi zou aldus berusten op: een inleidende gisting, de vorming van poreuze koolstof, de absorptie van de ontstane waterstof en koolwaterstoffen door deze kool, de dissociatie der gaspen onder „activeering” van zuurstof, en ten slotte de verbranding der koolstof en der koolstofverbindingen in de „actieve” zuurstof.

Dit moet door het experiment zoo mogelijk worden toegelicht en bevestigd. Het oudst is de reeds genoemde proef van RANKE, welke het best wordt uitgevoerd in een kolf van ERLÉNMEYER. In den hals wordt een doorboorde kurk gebracht, waarin een tweemaal recht- hoekig omgebogen glazen buis steekt. Het benedeneinde dezer buis staat in kwik. De kolf wordt met versch hooi gevuld en in een oliebad zoolang op ca. 300° verhit, totdat het hooi verkoold is. Dan wordt het uit de kolf op een hoopje geschud, en ontbrandt na eenige mi- nuten „vanzelf”.

HERZFELD slaagde er in (1898) de proef zóó te wijzigen dat men ook gras tot verkoling en ontbranding kan brengen. Dit geschiedt in een glazen buis, welke aan één kant uitgetrokken is tot een open punt en aan den anderen voorzien is van een doorboorde stop. In de doorboring steekt een buisje om lucht door te leiden. Nadat de

¹⁾ Vergelijk hieromtrent het roesten van ijzer, in dit tijdschrift (1904) behandeld door PROF. TJADEN MODDERMAN.

glazen buis met gras is gevuld en op een statief is bevestigd, wordt ze langzaam verwarmd, terwijl tevens door zwavelzuur gedroogde lucht wordt doorgeleid, totdat alle vochtigheid is verdreven. Dan verhit men zonder luchttoevoer (droge destillatie), totdat zware gele dampen ontwijken en het gras geheel zwart is geworden, verwijderd de vlam en laat een krachtigen luchtstroom door de buis strijken. De ontwikkeling der gele dampen wordt sterker en spoedig begint de koolstof te gloeien. Houdt de luchttoevoer op, dan dooft de gloed terstond. Bij vernieuwden luchtstroom is hij dadelijk weer waar te nemen.

Natuurlijk beantwoorden de omstandigheden bij deze proeven niet aan die waarin het hooi van een hooiberg verkeert; want kunstmatig moet in weinig uren dezelfde ontleding tot stand zijn gebracht, welke in een hooiberg in 8 tot 12 weken bij lagere temperatuur plaats grijpt. De kunstmatig bereide hooikool zal kwalitatief en quantitief andere gassen bevatten dan die welke door de inleidende gisting, de droge destillatie en de langzame oxydatie in den hooiberg zijn ontstaan.

Wanneer nu een dergelijk product als gebroeid hooi werd verkregen volgens een methode, waarbij enzymwerkingen of fysiologische processen ook in het begin zijn buitengesloten en waarbij de temperatuur niet hoger werd opgevoerd dan die van broeiend hooi, zou daaruit volgen dat deze werkingen of processen niet noodig zijn voor hooibroei. Tot dit resultaat komen de h. h. BOEKHOUT en OTT DE VRIES op grond van de volgende proefneming. Een bus met hooi (bij een latere proef met blaren van de weegbree), werd door ingeblazen stoom gesteriliseerd en na afsluiting rondgedraaid in een thermostaat, waarvan de temperatuur schommelde tusschen 95° en 100°. Na 20 dagen werd de bus geopend. Het hooi was volkomen zwart geworden, had den eigenaardigen reuk van gebroeid hooi, en reageerde sterk zuur (mierenzuur). Ook de verandering in scheikundige samenstelling, evenals die in mikroskopische doorsnede, bleek dezelfde als bij natuurlijk gebrøeid hooi. Het bevatte

	vóór de verhitting	na de verhitting in den thermostaat:
asch	9,8 pCt.	12,2 pCt.
eiwit	7,5 "	8,3 "
ruwe vezelstof	26,6 "	55,7 "
ruw vet	3,0 "	4,1 "
pentosanen	22,6 "	8,9 "
stikstofvrije extr. st.	30,5 "	10,8 "

De onderzoekers vestigen er de aandacht op, dat ook hier evenals bij natuurlijk gebroeid hooi de vier eerstgenoemde bestanddeelen

procentisch zijn vermeerderd, de beide andere verminderd 1).

Wanneer men nu meent: daar hooibroei kan plaats hebben in een steriele bus, is het een chemisch proces, dan zou deze conclusie toch te voorbarig zijn. In de eerste plaats zou het juist zijn te beweren: *kan* het een chemisch proces zijn. Maar de geheele nabootsing in den thermostaat is volstrekt niet in overeenstemming met het broeien in een hooiberg. In de bus is uiterst weinig zuurstof beschikbaar, in den hooiberg is een aanmerkelijke hoeveelheid voorhanden. En dan: zelfs bij een broeiproef van drie maanden gelukte het niet een pyrofore massa te verkrijgen.

Uitgaande van het denkbeeld: hooibroei is een chemisch proces, m.a.w. de verschillende splitsingsproducten hebben hun ontstaan te danken aan de inwerking van de in de plantendeelen aanwezige stoffen op elkaar, hebben BOEKHOUT en OTT DE VRIES getracht de „broeistof” d.i. de stof welke de veranderingen teweegbrengt, te isoleren²⁾. Zij extraheerden verschillende hoeveelheden hooi met water, met zoutzuur van 2 pCt., en met natronloog van 2 pCt. Na uittrekking met kokend water en droging werd het hooi vier weken in de rotatiebus verhit. Het was toen donker gekleurd en bevatte mierenzuur; ook uit de analyse bleek dat er „broei” was opgetreden. Onder de in water oplosbare verbindingen, bijv. de plantenzuren, schuilt de broeistof dus niet. Een dergelijk negatief resultaat kregen BOEKHOUT en DE VRIES ook met zoutzuur en met loog.

Het beschreven onderzoek, dat uitging van het denkbeeld: hooibroei is een chemisch proces, was als het ware een reactie tegen de beschouwing er van als een biologische werkzaamheid, o.a. van F. COHN (zie boven), die wel is waar de hooibroei niet had behandeld, maar wiens zienswijze men hierop had overgebracht.

De eenige weg, die tot beslissing in dezen strijd kan leiden, is volgens MIENE die van sterilisatie en enting, benevens het bakteriologisch onderzoek van hooi³⁾. MIENE komt tot het resultaat, dat *gesteriliseerd hooi niet broeit*. Een sterilisatie van slechts 10 minuten bij 100°, wellicht ook bij lagere temperatuur, was voldoende om het broeien te voorkomen. Werd dit gesteriliseerd hooi bevochtigd met water, dat in aanraking was geweest met hooi, aarde, enz., dan trad terstond verhitting op. Uit het bakteriologisch onderzoek bleek dat er inderdaad een hooiflora bestaat. Sommige mikroorganismen, zooals Oidium,

1) Wie bepalingen van de ruwe vezelstof heeft gedaan weet dat de cijfers hiervan niet veel vertrouwen verdienen.

2) Centralblatt für Bakteriologie u.s.w. 2 Abt., 1906, XV, S. 568.

3) Ibid. April 1906, XVI, S. 241.

hebben een tamelijk laag temperatuurmaximum en zullen spoedig te gronde gaan. Een thermofiele bacil, misschien de „mikrokokkus” van COHN, is een bewegelijke staafjesbakterie met temperatuurgrenzen van 40° en 70°.

Bij het begin van den hooibroei, welke wellicht te vergelijken is met de fermentatie van tabak, omdat ook hier een zelfverwarming van gestorven, vochtige plantendeelen optreedt, ontwikkelen zich in het vochtige hooi groote massa's mikro-organismen, die zich voeden met bestanddeelen, welke uit het hooi diffundeeren. Ze ademen intensief, evenals eventueel nog levende plantendeelen; de warmte, hierdoor ontstaàn, blijft in het hooi, dat een slechte warmtegeleider is, zoodat de temperatuur steeds stijgt, waardoor de ademhaling weer levendiger wordt. Totdat eindelijk de temperatuur bereikt is welke door de taaiste mikroorganismen niet meer wordt verdragen. Dan daalt de temperatuur en ze stijgt niet weer, omdat de ophooping der stofwisselingsproducten der organismen hun verdere ontwikkeling verhindert.

Maar het proces kan ook gestuit worden door gebrek aan vocht. Wordt het niet gestuit, dan volgt op het biologische proces, laat ons zeggen de gisting, later een droge destillatie en een langzame oxydatie, welke in enkele gevallen, zooals we uiteengezet hebben, aanleiding kan geven tot vuurverschijnselen.

Is de hooibroei nog niet volkomen verklaard, het laatste bedrijf schijnt, wegens den hoogen warmtegraad, een zuiver chemisch proces te zijn, dat moet worden mogelijk gemaakt door hetgeen ik een paar maal noemde: de inleidende gisting. Dat chemicaliën zooals kalk en keukenzout den hooibroei kunnen tegengaan is m.i. als een bevestiging hiervan te beschouwen.

Wageningen, Mei 1906.