

STINKZWAMMEN IN GEUREN EN KLEUREN

Tjakko Stijve, Sentier de elies no 12, 1806 St. L gier, Zwitserland

Literature is reviewed, which attempts to characterize the vile odours released by the big Stinkhorn, *Phallus impudicus*. Recent research has shown that major volatile constituents are dimethyldisulfide and dimethyltrisulfide, together with linalool, trans-ocimene, phenylacetaldehyde and acetic acid. Some of these compounds were also found in a freshly emerged *Clathrus ruber*. These substances are undoubtedly emitted to attract flies (which disperse spores), a function that may also be served by the bright red colour of the receptaculum of many Phallales. *Phallus impudicus*, which lacks red pigments, produces a more penetrating odour than the pigmented *C. ruber* and *C. archeri*. Pigments responsible for the orange to red colours in *Mutinus caninus*, *P. rugulosus* and *C. ruber* have been identified as carotenes, principally lycopene and beta carotene.

Stinkzwammen behoren tot de familie der Phallaceae (Phallales-orde), waarvan de leden in het volwassen stadium een min of meer aasachtige geur verspreiden, die aasvliegen en kevers aanlokt. In de plantenwereld zijn het o.a. de kleurige bloemen van het geslacht Araceae, die ook deze eigenschap bezitten. Insekten worden van grote afstand door de geur aangelokt en deze aantrekking wordt nog verhoogd door de felrode of purperen kleur van de bloemen. Bij de Phallales heeft het receptaculum van vele soorten zoals *Mutinus ravenellii*, *Clathrus ruber* en *Aseroe rubra* trouwens ook een opvallend rode kleur. Bij de bloemen verspreiden de bezoekende insekten het stuifmeel, terwijl ze bij stinkzwammen het suiker bevattende sporenslijm met graagte verorberen om vervolgens de sporen met de uitwerpselen te verspreiden (Bas, 1964). Deze manier van voortplanten wijst er op dat stinkzwammen gespecialiseerde organismen zijn, die hoog op de evolutionaire ladder staan. Zoals ik al aanstipte in een eerder geschreven artikel (Stijve, 1994) behoren zij allerminst tot de bedreigde paddestoelensoorten.

Merkwaardig is de enorme vormenrijkdom der Phallales, die eigenlijk voor een efficiënte sporenverspreiding onnodig is. Sommige van die vormen, zoals die van de grote stinkzwam met zijn veelzeggende latijnse naam (*Phallus impudicus*), zijn zo intrigerend dat er uitvoerige geschriften aan werden gewijd lang voordat dit met andere en 'nuttiger' soorten het geval was. Zo heb ik vergeefs gezocht naar een serieus te nemen monografie over *Boletus edulis*, een van de meest gewaardeerde eetbare soorten in Europa.

Het valt buiten het bestek van dit artikel om een historisch overzicht te geven over waarnemingen en geschriften die stinkzwammen tot onderwerp hebben. Zoals bekend mag worden verondersteld zijn de oudste publikaties zelfs van Nederlandse oorsprong. Een zeer goed artikel over dit onderwerp is dat van L tjeharms (1931). Helaas schreef deze eminente mycoloog zijn studie in het Frans, een taal die men ten onzent nauwelijks meer beheerst. Een meer toegankelijk overzicht werd gegeven door Ramsbottom (1953), die hoofdstuk 16 van zijn nu klassieke boek wijdde aan 'Stinkhorns and other phalloids'.

Dit verhaal wil een overzicht zijn van wat er tot nu toe bekend is over de door stinkzwammen geproduceerde geur- en kleurstoffen.

Geurstoffen

De eerste wetenschapper die probeerde *P. impudicus* aan een chemisch onderzoek te onderwerpen was Jacobus Christian Schaeffer (1760). Zijn zeer lezenswaardige en rijk geïllustreerde monografie is antiquarisch nog wel verkrijgbaar, al moet op een prijs van tussen de 500 en 1000 gulden worden gerekend. Schaeffer was niet alleen een bekend natuuronderzoeker, maar ook een te Regensburg gevestigde protestantse dominee. Deze laatste kwaliteit bracht hem er toe bij de beschrijving van zijn studieobject het woord fallus te vermijden: 'Die Vergleichung, welche die meisten Schwammbeschreiber mit einem gewissen Theile des menschlichen Körpers machen, übergehe ich mit Stillschweigen'. Deze pruderie kunnen wij de geestelijke gemakkelijk vergeven, omdat hij een scherp waarnemer en een goed schrijver was. Inderdaad, iedereen die zich met stinkzwammen bezighoudt, zou de 36 pagina's van Schaeffer's verhandeling niet alleen moeten lezen, maar dienen te spellen, zo groot is de rijkdom van 's mans observaties! Een voorbeeld: mijn vergelijkende studie van de essentiële elementen in de verschillende delen van *Clathrus ruber* suggereerde dat de gelatineuze laag van het ei als mineralenreservoir ('placenta') voor het receptaculum zou kunnen dienen (Stijve, 1994). Dat dit idee, louter op morfologische gronden, al in 1760 werd geanticiepeerd blijkt uit een notitie in paragraaf 83 van Schaeffer's verhandeling: 'Nichts siehet einem Eye der Thiere gleicher, als dieses Schwammeye. Es hat ausser seinen Häuten sein besonders Gewebe, welches den Mutterkuchen zu vertreten scheint. Die erste äussere Haut, so nicht selten faltig und runzelig ist, kommt dem Chorion; und die innere Haut, so glatt ist, dem Amnion gleich. Zwischen beiden ist eine gallerige schleimige Feuchtigkeit, wie bei einer menschlichen Frucht der Liquor amnii'.

Bij de toenmalige stand van de analytische chemie kunnen wij van Schaeffer's onderzoekingen naar de samenstelling van ei en gleba weinig verwachten. Maar toch, zijn experimenten met het slijm van het ei - wateroplosbaarheid, reconstitutie, vermogen om papier te lijmen - brengen hem er toe om het te vergelijken met de in zijn tijd bekende verdikkingsmiddelen als tragacanth en arabische gom. Eerst twee eeuwen later (Bindler, 1967) wordt aangetoond dat dit slijm, net als de genoemde plantengommen, tot de polysacchariden behoort. De Regensburgse onderzoeker verbaast zich ook over de verschillende geuren van zijn studieobject: het duivelsei ruikt naar 'Meerrettich', een geur, die hij ook waarneemt aan een waterig extract van het voetstuk van de uitgelopen zwam. Die geur heeft echter niets gemeen met de stank van de volwassen stinkzwam, en Schaeffer concludeert 'wie unvollkommen noch die Kenntnis der Schwämme überhaupt ist'. Zijn hypothese over het ontstaan van de genoemde stank (bij de verslijming der gleba) staat op de wetenschappelijke hoogte van zijn tijd: 'das grünliche Wesen des Hutes geräthet an der Luft in eine Gährung, die den starken Geruch und bald darauf die Auflösung in den Schleim verursacht...'.

Eerst een halve eeuw later (Braconnot in Freund, 1967) wordt de stinkzwam opnieuw chemisch onderzocht. De gevonden substanties als 'mucus, matière animale' en 'fongin très animalisé' kunnen we moeilijk thuisbrengen, maar Braconnot bericht ook dat er

azijnzure zouten van kalium en ammonium in het duivelsei voorkomen. Voorts toont hij 'le sucre des champignons' aan, waarmee het weinig zoete mannitol, een bestanddeel van vele paddestoelen wordt bedoeld.

We moeten tot de 20e eeuw wachten voor Aye (1932) een vluchtige olie uit de stinkzwam isoleert door een aantal hoeden aan een stoomdestillatie te onderwerpen. De geur van het distillaat is echter niet dezelfde als die van de stinkzwam. Verder laat zich slechts een deel der geurstoffen uit het water met organische oplosmiddelen extraheren. Het enige tastbare resultaat is Aye's ontdekking dat de aldus geïsoleerde geurstoffen zwavelhoudend zijn.

In de zestiger jaren zijn de technieken voor het isoleren van vluchtige stoffen, zoals de lage temperatuur vacuümdistillatie, aanzienlijk verbeterd. Ook is het dan mogelijk om de geurcomponenten - zonder distillatie - direct in de ruimte boven de stinkzwam op te vangen en, al dan niet na derivaatvorming, te analyseren. Bernard Freund (1967) gebruikt deze technieken wanneer hij de geurstoffen van *P. impudicus* tot onderwerp van zijn dissertatie maakt. Het werk dat daarmee was gemoeid dient niet te worden onderschat. Zo moesten natuurlijk vele duivelseieren worden verzameld om die in het laboratorium te laten uitkomen tot de gleba duidelijk verslijmd en de geurstoffen gevormd waren.

Gedurende de jaren '65 en '66 moet er dus een kadavereus geurtje hebben gehangen in het Marburger Institut für Pharmazeutische und Lebensmittelchemie! De verslijmde gleba's werden diep gevoren en bij -20°C bewaard. Opvallend was dat het materiaal zelfs bij deze lage temperatuur nog duidelijk stonk, hetgeen er op wijst dat althans een deel der geurstoffen onder die omstandigheden nog vluchtig was. Na het verwerken van enige kilo's stinkzwammen in verschillende fracties, kon Freund de volgende resultaten rapporteren:

Geïsoleerde vluchtige stof	Geur
zwavelwaterstof	naar rotte eieren
methylmercaptan	naar rotte kool
fenylacetaldehyde	naar fris gras
fenylazijnzuur	weezinwekkend zoetig
alfa-fenylcrotonaldehyde	naar open gewoelde grond
acetaldehydes	stekend
formaldehyde	stekend
propionzuur	stekend
azijnzuur	zuur
dihydrochalcon	fris 'groen'

De geur van de gleba is niet in alle ontwikkelingsstadia gelijk. De eerstgenoemde stoffen zijn het meest vluchtig en waarschijnlijk de dragers van de aasachtige component. Als het rijpe duivelsei zich opent en de stinkzwam tevoorschijn komt, is de gleba matgroen en hard. De reuk is dan zwak, ietwat radijsachtig, maar de eigenlijke stank treedt pas op

als de gleba verslijmt, waarbij de genoemde zwavelverbindingen waarschijnlijk dienen om de aasvliegen van verre aan te lokken. Karakteristiek voor de meer zoetige, beklivende geur van de gleba zijn de minder vluchtige stoffen fenylazijnzuur, fenylacetaldehyde en het dehydrochalcon. Tijdens het verslijmen van de sporenmassa, ongetwijfeld een enzymatisch proces, hebben heel wat chemische reacties plaats; sommige van de geurstoffen worden uit andere gevormd, zo bijvoorbeeld de zuren uit de aldehyden. De gleba is inderdaad een chemische fabriek. Het is curieus dat Freund (1967), ondanks zijn uitgebreide onderzoeken, geen enkele poging heeft gedaan om de vorming van de geurstoffen te verklaren. Zelfs de waarneming dat de geur van *P. impudicus* niet in alle stadia van de gleba gelijk is, ontlokt hem geen enkele suggestie omtrent de genese van de door hem geïdentificeerde geurcomponenten. In zijn dissertatie ontbreekt een beschouwing over het feit dat bij het uitlopen van het duivelsei waarschijnlijk grammen chemische stoffen worden omgezet. Wel stuit Freund min of meer toevallig op de aanwezigheid van vrije glucose in de rijpe gleba, maar deze hoogst belangrijke waarneming blijft zonder commentaar.

Stijve (1965, 1966) vond bij onderzoek van vergelijkbaar materiaal ongeveer evenveel gebonden glucose in de embryonale gleba (van het ei) als vrije glucose in de verslijmde sporenmassa van de volwassen stinkzwam. Hij vermoedde daarom dat de geurontwikkeling plaats vond door de geleidelijke enzymatische splitsing van een in de gleba aanwezige glycoside-achtige verbinding, waarvan o.a. glucose en de toen nog onbekende geurstof(fen) de bouwstenen zouden zijn. Deze hypothese wordt ondersteund door de waarneming dat men bij lage temperaturen (0-5°C) vaak stinkzwammen aantreft zonder stank. Immers, enzymatische reacties hebben een temperatuuroptimum dat doorgaans ver boven de 10°C ligt. Klaassen (1964) ontdekte dat de geur na drogen van hoed en gleba kon worden geregenereerd door eenvoudige bevochtiging met water, hetgeen met reactivering van enzymen kan worden verklaard. Jammer genoeg heeft in de daarop volgende 30 jaren niemand het nog nodig gevonden om deze hypothetische enzymen uit de gleba te isoleren, hoewel dit voor een geschoold biochemicus toch werkelijk geen heksentoer zou moeten zijn.

Eerst in de negentiger jaren wordt het 'aroma' van *P. impudicus* opnieuw aan een onderzoek onderworpen. Een drietal Zweedse onderzoekers (Borg-Karlson & al., 1994) viel het op dat de stank van de voodoo lelie, *Sauromatum guttatum*, sterk herinnerde aan die van de grote stinkzwam. Bovendien behoorden de door beide organismen aangelokte aasvliegen tot dezelfde genera. Deze waarnemingen deden hen het idee aan de hand voor een vergelijkend onderzoek naar de vluchtige stoffen geproduceerd door *S. guttatum* en *P. impudicus*. De daartoe aangewende effleuragetechniek bestond uit het adsorberen van de geurstoffen op een kleine hoeveelheid Porapak Q, een synthetisch polymeer, dat daarna achtereenvolgens met pentaan en diethylether werd geëxtraheerd. De extracten van bloem en zwam werden door middel van gaschromatografie met massaspectrometrische detectie geanalyseerd. Tabel 1 geeft een vereenvoudigd overzicht van de analyseresultaten.

Zowel *S. guttatum* als de stinkzwam hebben als overwegende (aas)geurcomponenten

gemethyleerde sulfiden, waarvan dimethyltrisulfide de belangrijkste is. Deze zwavelverbindingen zijn echter tamelijk vluchtig en daarom kan de afwezigheid van (een kleine hoeveelheid) dimethylsulfide in *P. impudicus* mogelijk worden verklaard uit verliezen bij de extractie en analyse. Beide organismen produceren ook geringere concentraties 3-careen en 2-fenylethanol. Er zijn echter belangrijke verschillen: onder de geurcomponenten van *S. guttatum* vinden we de naar uitwerpselen ruikende stoffen indol en skatol, alsmede een serie terpenen, die in het 'aroma' van de stinkzwam kennelijk ontbreken. Daartegenover staat dat een der belangrijkste geurstoffen van *P. impudicus*, het trans-ocimeen, niet door de bloem wordt geproduceerd. De laatste vormt wel een geringe hoeveelheid van het cis-isomeer.

De resultaten voor de grote stinkzwam verschillen hemelsbreed met die gerapporteerd door Freund (1967). Deze vond als zwavelverbindingen slechts zwavelwaterstof en methylmercaptan, die niet werden aangetoond door het Zweedse team. Ook vond Freund geen linalool of trans-ocimeen, maar zijn overwegend klassieke reactietechnieken waren hier dan ook minder geschikt voor. Daarentegen toonde hij wel acetaldehyde, formaldehyde en fenylazijnzuur aan, stoffen die in het analyserapport van de Zweden ontbreken. De resultaten van Borg-Karlson & al. zijn waarschijnlijk meer betrouwbaar vanwege hun superieure analysetechniek, wat niet zeggen wil dat ze over de hele linie gelijk hebben. Freunds headspace-derivatiserings techniek voor de analyse van acetaldehyde en formaldehyde is overtuigend en het is mogelijk dat de Zweden die vluchtige alkanalen hebben gemist. Voorts kan, bij de meer omslachtige opwerking van Freunds extracten, een gedeelte van het fenylacetaldehyde heel goed tot fenylazijnzuur zijn geoxideerd.

Hoe de geurstoffen worden gevormd is nog steeds niet onderzocht, maar Borg-Karlson & al. vestigen er de aandacht op dat zowel de gleba van de stinkzwam als de bruinpurperen stempeltop van de bloem duidelijk warmer worden tijdens de vorming van de vluchtige stoffen, vermoedelijk door een enzymatisch afbraakproces. De gemethyleerde sulfiden zijn waarschijnlijk lokstoffen voor vleesvliegen, want die stoffen worden ook gevormd bij rotting van dierlijke eiwitten. Voorlopige experimenten toonden aan dat vliegen uit de geslachten *Calliphora*, *Lucilia* en *Sarcophaga* (Sarcophagaceae) inderdaad worden aangetrokken door dimethylsulfide.

Tot nu toe zijn er geen publikaties verschenen over de geurstoffen van andere stinkzwammen dan *P. impudicus*. Tijdens een serie uitloopprouwen met *Clathrus ruber* viel het mij op dat de omgekeerde bekerglazen, waarin de carpoforen zich ontwikkelden, vrij lange tijd na het experiment de geur vasthielden. Blijkbaar bleven de gecondenseerde geurstoffen aan het glas geadsorbeerd. Daar dit fenomeen een mogelijkheid tot onderzoek bood, werd een vruchtvluchtaam van *C. ruber* onder een bekerglas gelaten totdat de verslijming van de gleba aan de binnenkant van het receptaculum kennelijk was voltooid. Daarop werd het glas verwijderd en dadelijk zorgvuldig gespoeld met 0,5 ml pentaan-

TABEL 1

Geurcomponenten uit *Sauromatum guttatum* en *Phallus impudicus*.

+ = < 2% van de totale hoeveelheid vluchtige stoffen, ++ = 2-20%, +++ = >20%.

Verbinding	<i>S. guttatum</i>	<i>P. impudicus</i>
Zwavelverbindingen		
dimethylsulfide	+	
dimethyldisulfide	++	++
dimethyltrisulfide	+++	+++
dimethyltetrasulfide	+	
Stikstofverbindingen		
indol	+	
skatol	+	
Terpeenverbindingen		
6-methyl-5-hepteen-2-on 3-careen	+	+
myrceen		+
cis-ocimeen	+	+
trans-ocimeen		
alfa-pineen		+++
alfa-terpineen	+	+
geraniol	+	
linalool		++
alfa-farneseen		+
alfa-caryophylleen		
beta-caryophylleen		
Aromatische verbindingen		
anisol	+	
benzylalcohol		+
acetophenon	+	
fenylacetaldehyde		+++
2-fenylethanol	+	++
Alifatische verbindingen		
azijnzuur		+

diethylether 1:1 v/v. Door middel van capillaire gaschromatografie van dit 'extract' op een DB-wax kolom van 30m x 0,25mm met massaspectrometrische detectie werden dimethyldisulfide, dimethyltrisulfide, trans-ocimeen, linalool en azijnzuur aangetoond.

Ofschoon de isolatietechniek weinig kwantitatief mag worden genoemd, waren de resultaten toch opmerkelijk: de hoeveelheid zwavelverbindingen was duidelijk geringer dan die van de andere geurcomponenten. Mogelijk verklaart dit waarom de geur van *C. ruber* zwakker is dan die van *P. impudicus*. Grote stinkzwammen pleegt men op de geur af te vinden, wat niet of nauwelijks het geval is met *C. ruber*. Inderdaad kan een hele kolonie van deze traliestinkzwammen onopgemerkt blijven als men er niet speciaal naar zoekt, wat bij *P. impudicus* onvoorstelbaar is. De clathri, die ik in tuinen en parken in Frankrijk, Spanje en Zwitserland signaleerde (Stijve, 1994) heb ik onveranderlijk op de kleur af

gevonden.

Kleurstoffen

Zoals eerder werd opgemerkt, kunnen kleuren, vooral rode tinten, ook een rol spelen in het aantrekken van aasvliegen. Het lag daarom voor de hand om een onderzoek te doen naar de pigmenten die sommige vertegenwoordigers van de geslachten *Clathrus*, *Mutinus* en *Anthurus* z'ou fraaie rode kleur geven.

Zo'n 30 jaar geleden (Stijve, ongepubliceerd) had ik eens de lakrood gekleurde steeltop van *Mutinus caninus* in alcohol gezet, waardoor de kleurstof binnen een week een gele tinctuur opleverde. Deze vloeistof vertoonde een absorptiespectrum met maxima bij 445, 470 en 500 nm, hetgeen karakteristiek is voor carotenoïden, een groep pigmenten afgeleid van caroteen, die de gewone wortel zo'n fraaie oranje tot rode kleur geeft. Nu komen dergelijke pigmenten in vele paddestoelen zoals cantharellen en bekerzwammen, o.a. *Aleuria aurantia* en *Caloscypha fulgens* voor. Hun aanwezigheid is constant en kan zelfs worden gebruikt als een taxonomisch kenmerk. Een goed, maar moeilijk overzichtartikel over dit onderwerp is dat van Valadon (1976). Men mag echter het voorkomen van carotenoïden in macrofungi niet veralgemeniseren. Zo bevatten de vliegenschwammen en de bonte vertegenwoordigers der geslachten *Dermocybe* en *Hygrocybe* heel andere kleurstoffen.

Mijn onderzoek naar de pigmenten in *M. caninus* heb ik indertijd niet doorgezet, omdat het materiaal ontoereikend was voor de toen in zwang zijnde, omslachtige analysetechnieken. Eerst 14 jaren later onderzocht Harashima (1978) de kleurstoffen van *Phallus rugulosus* (Fisch.) O. Kuntze, een soort die lijkt op een groot uitgevallen *M. caninus*, maar met een duidelijke afneembare en conische hoed. De lange steel is geel tot oranje-rood gekleurd (Imazeki & Hondo, 1981). De paddestoel is waarschijnlijk identiek met *P. rubicundus* (Bosc.) Fr., een vrij algemene soort in het zuiden van de VS. Hoe dit ook zij, de Japanner wist uit 13 exemplaren van die stinkzwam (in totaal 67 g) twee gekristalliseerde kleurstoffen te isoleren, die hij identificeerde als beta-caroteen en lycopene. De kleuren van een exotische stinkzwam waren aldus herleid tot de pigmenten die men ook in wortels en tomaten aantreft!

Vijf jaar eerder hadden Fiasson & Petersen (1973) al aangetoond dat dezelfde kleurstoffen ook aanwezig waren in het rode receptaculum van *Clathrus ruber*. Eerst in de negentiger jaren, toen de vloeistofchromatografie de snelle en betrouwbare analyse van dergelijke pigmenten mogelijk had gemaakt, werd het onderzoek van deze paddestoel voortgezet in het Nestlé Research Center (Stijve & Tagliaferri, 1994). Het bleek mogelijk om 50-100 mg wegende fragmenten uit het zich ontwikkelende receptaculum te snijden en die individueel te analyseren. De aanwezige kleurstoffen bleken inderdaad lycopene en beta-caroteen, hoewel een kleine hoeveelheid neurosporeen ook werd opgemerkt. Natuurlijk varieerden de hoeveelheden al naar gelang het receptaculum bleekrood, oranje of dieprood was gekleurd. Typische concentraties voor een 'gemiddelde' rode kleur waren 1% lycopene en 0,07% beta-caroteen.

Het is duidelijk dat de aantrekking van de aasvliegen door de kadavereuze geur van de stinkzwammen wordt veroorzaakt. De kleur kan hierbij van op korte afstand helpen, maar is alleen niet attractief. Tomaten en wortels worden tenslotte niet door aasvliegen bezocht!

Over de geurcomponenten van de stinkzwammen en hun ontstaan bij de verslijming van de gleba zal aanvullend onderzoek moeten worden verricht. De verschillen tussen de gerapporteerde analyses zijn groot, maar deze zijn, zoals vermeld, voornamelijk veroorzaakt door de gebruikte techniek en die is nu eenmaal tijdgebonden. Met de huidige stand van de analytische technieken moet het mogelijk zijn de geurontwikkeling van een stinkzwam te volgen door periodiek luchtmonsters van boven de gleba te nemen en die met gaschromatografie en massaspectrometrie te analyseren. In dit verband is ook een onderzoek naar de chemische mobilisatie van de in de embryonale zwam aanwezige stoffen bij het uitlopen van het receptaculum gewenst. Het laatste woord over de chemie van de stinkzwammen is nog lang niet gesproken.

Literatuur

- Aye, L., 1932. Ein flüchtiges Oel aus der Stinkmorchel. Dt. ApothZtg 68: 1027-1029.
- Bas, C., 1964. Een dag uit het korte leven van een stinkzwam. Coolia 10: 51-54
- Bindler, H.J., 1967. Untersuchungen an Pilzinhaltsstoffen. Der Schleim des Hexeneies, *Phallus impudicus* L. Dissertation Marburg.
- Borg-Karlson, A.K., Englund, F.O., Unelius, C.R., 1994. Dimethyl oligosulphides, major volatiles released from *Sauromatum guttatum* and *Phallus impudicus*. Phytochemistry 35: 321-323.
- Fiasson, J.L., Petersen, R.H., 1973. Carotenes in the fungus *Clathrus ruber* (Gasteromycetes). Mycologia 65: 201-203.
- Freund, B., 1967. Die Geruchstoffe der Stinkmorchel, *Phallus impudicus* L. Inaugural Dissertation, Marburg.
- Harashima, K., 1978. Carotenoids of a Red Toadstool, *Phallus rugulosus*. Agric. Biol. Chem. 42: 1961-1962.
- Imazeki, R., Hongo, T., 1981. Coloured Illustrations of Fungi of Japan. Hoikusha, Osaka.
- Klaassen, E., 1964. Waarnemingen bij de Grote Stinkzwam. Coolia 11: 29.
- Lütjeharms, W.J., 1931. Observations historiques et systématiques sur les Phalloïdées dans les Pays Bas, à propos d'une trouvaille récente du *Lysurus australiensis*. Meded. Rijks-Herb. 68: 1-15.
- Ramsbottom, J., 1953. Mushrooms and Toadstools. London.
- Schaeffer, J.C., 1760. Der Gichtschwamm mit grünschleimigem Hute. Verlegt Johann Leopold Montag, Regensburg.
- Stijve, T., 1965. Een chemisch onderzoek van de grote stinkzwam (*Phallus impudicus* Pers.) Coolia 11: 40-41.
- Stijve, T., 1966. Iets over de geurontwikkeling bij de grote stinkzwam. Coolia 13: 20-22.
- Stijve, T., 1994. Avonturen met *Clathrus ruber*. Coolia 37: 96-103.
- Stijve, T., Tagliaferri, E., 1994. *Clathrus ruber*: teneur en bêta-carotène et lycopène. Note de recherche R&D - R/ QS. Rapport intern du de Recherche Nestlé.
- Valadon, L.R.G., 1976. Carotenoids as additional taxonomic characters in fungi: a review. Trans. Br. mycol. Soc. 67: 1-15.