

Vocht, materialen en schimmel

Ir. W. HAZEU

CENTRAAL LABORATORIUM TNO

Samenvatting

In de inleiding wordt aandacht besteed aan de verschillende factoren, die van belang zijn voor de ontwikkeling van micro-organismen, n.l. de vochtigheid, de samenstelling van de voedingsbodem en de temperatuur. De laagste relatieve luchtvochtigheid waarbij schimmels zich nog redelijk kunnen ontwikkelen, bedraagt ca. 70%, afhankelijk van de voedingsbodem. 12 (± 2)% vochtgehalte van de voedingsbodem wordt in de literatuur als minimum beschouwd.

Het evenwichtsverband tussen vochtgehalte en relatieve vochtigheid voor biologische materialen wordt besproken. Er wordt een overzicht gegeven van de verschillende materialen die biologisch kunnen bederven.

Uit experimenteel onderzoek blijkt, dat de relatieve vochtigheid binnen een waterdampdichte verpakking, die wol of katoen bevatte, tijdens opslag in vochtige omgeving slechts langzaam verandert.

Een gelijkmatige temperatuurverhoging veroorzaakt een kleine stijging van de relatieve vochtigheid.

Veranderingen van betekenis konden echter wel ontstaan bij een temperatuurgradiënt, zodat plaatselijk de voor schimmelgroei kritieke waarde van de relatieve vochtigheid bereikt werd. Daarom moeten bederfelijke materialen zo droog mogelijk worden verpakt, waarbij een relatieve vochtigheid van 50% bij evenwicht nog acceptabel lijkt.

Summary.

In the introduction, attention is given to the different conditions, important for the development of micro-organisms, viz. humidity, composition of nutrients and temperature.

Fungal growth is possible at a relative humidity of at least 70%, depending on the type of nutrient. A moisture content of the nutrient of at least $12 \pm 2\%$ is, according to the literature, required.

The relation between moisture content and relative humidity of biological materials is discussed. The materials liable to biological attack, are briefly reviewed.

From the experiments it appeared, that the relative humidity inside plastic packages, containing wool or cotton, changes only gradually during storage under humid conditions. An over-all raise in temperature causes a moderate increase.

A temperature gradient on the contrary, may give high local relative humidity above the critical value for fungal growth. Therefore biodegradable materials should be packed as dry as possible, an acceptable equilibrium relative humidity being 50%.

1. Inleiding

Het is algemeen bekend, dat op vochtige muren vaak schimmelgroei optreedt, en dat te vochtig opgeborgen kleding muf kan gaan ruiken. Hiermee is eigenlijk in het kort al weergegeven, wat de voorwaarden zijn voor de ontwikkeling van micro-organismen, n.l.:

1. de aanwezigheid van voldoende water.

Dit kan zowel vrij als gebonden water zijn. De eisen, die verschillende groepen micro-organismen stellen, lopen vrij sterk uiteen. Hieraan wordt later meer aandacht besteed.

2. een geschikte voedingsbodem.

Voor veel micro-organismen dient de voedingsbodem een bruikbare koolstof- en energiebron te bevatten in de vorm van organische verbindingen. Daarnaast zijn een anorganische of organische stikstofbron en een aantal mineralen nodig.

3. de temperatuur.

De meeste micro-organismen kunnen zich ontwikkelen in het temperatuurtraject dat ligt tussen 0°C en 60°C, met een optimum tussen 10 en 30°C.

In werkelijkheid zijn deze voorwaarden niet geheel onafhankelijk.

Alvorens onze experimenten te bespreken, zullen we aan de hand van de literatuur deze voorwaarden nader beschouwen.

Wat de eerste voorwaarde, de aanwezigheid van water, betreft, dient onderscheid te worden gemaakt tussen zich ontwikkelende en rustende vormen (sporen) van micro-organismen. Laatstgenoemde vorm is redelijk tot goed bestand tegen uitdrogen en kan in een droog milieu soms tientallen jaren levenskrachtig blijven.

Bacteriën en gisten eisen voor hun ontwikkeling vrij water, of een hoge relatieve vochtigheid. Sommige schimmels kunnen echter bij lagere relatieve vochtigheid groeien, afhankelijk van de voedingsbodem.

Block [1] onderzocht de schimmelgroei op de materialen leer, kaas, hout, wol, katoen en glaswol, elk verrijkt met extra voedingsstoffen, en vond na een jaar opslag nog groei bij resp. 76, 76, 85, 85, 96 en 96% R.V. Uit deze waarnemingen, gecombineerd met de hygroscopische eigenschappen van de verschillende materialen, kreeg hij de indruk dat het vochtgehalte van het materiaal minimaal $12 \pm 2\%$ moet bedragen, en dat dit belangrijker is dan de relatieve vochtigheid van de omgevende lucht. Deze indruk werd nog versterkt door het effect

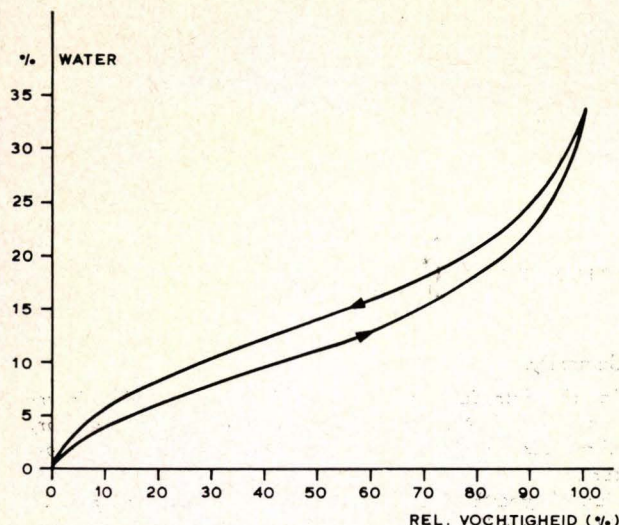


Fig. 1. Sorptie-isotherm voor wol.

dat de toevoeging van overigens inerte, hygroscopische zouten had.

Block et al. [2] onderzochten eveneens de kieming van schimmelsporen onder invloed van de relatieve vochtigheid en temperatuur, en vonden dat zelfs bij 60 - 65% R.V. nog kieming optrad.

Volgens Cochrane [3] zijn sporen van fytopathogene schimmels in staat bij veel lagere relatieve vochtigheid te kiemen, maar deze sporen blijken zelf een hoog watergehalte te bezitten.

Op grond van deze gegevens lijkt een minimum waarde voor de R.V. van 70% voor schimmelgroei redelijk. Daarbij moeten echter ook de materialen beschouwd worden, omdat deze eveneens in verschillende mate vochtgevoelig zijn.

Het verband tussen het vochtgehalte van een materiaal en de relatieve vochtigheid bij constante temperatuur wordt gewoonlijk weergegeven door de sorptie-isotherm (fig. 1). Hierbij is vaak hysteresis waar te nemen. De isothermen zijn afhankelijk van de aard, de voorbehandeling en de zuiverheid van het materiaal, zoals door Hearle en Peters [5] is aangetoond voor katoen. Uitgebreide gegevens over wol zijn verzameld in het boek „Wool Research” [13]. Vooral de sterk hygroscopische materialen als wol hebben een bufferende werking op de relatieve vochtigheid van de omgeving. Deze eigenschap bepaalt mede de grote waardering voor wol als kledingmateriaal.

Wat de tweede voorwaarde — een geschikte voedingsbodem — betreft, is de aard van de koolstof- en energiebron het meest interessant. Eén van de specialiteiten van het Centraal Laboratorium TNO is de bestudering van de verschillende materialen, die als zodanig kunnen dienen. Hierover verschenen reeds eerder publikaties in dit tijdschrift. (Hueck [7, 8] en Adema et al. [9].)

De aard van de aantasting kunnen we onderscheiden in:

a) de directe inwerking

Hierbij wordt het materiaal afgebroken door enzymen, uitgescheiden door het organisme en zo in het stofwisselingsproces opgenomen.

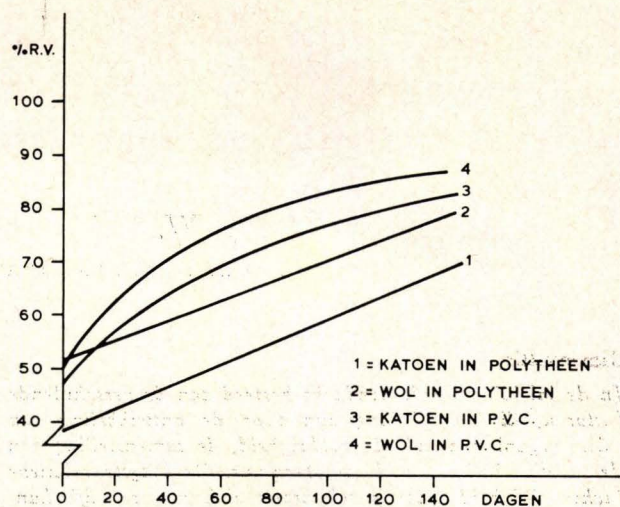


Fig. 2. Verandering van de relatieve vochtigheid binnen verpakkingen tijdens opslag bij 30°C en 90% R.V.

b) de indirecte inwerking

Hieronder valt de aantasting door stofwisselingsprodukten als zuren, pigmenten, etc. Het materiaal dient dan over het algemeen niet als voedingsbodem.

De materialen die op deze wijzen door micro-organismen kunnen worden aangetast zijn samengevat in tabel 1.

2. Experimenteel gedeelte¹⁾

De volgende gevallen van materiaalbederf waren voor ons aanleiding om het verloop van de relatieve vochtigheid in de omgeving van materialen nader te bestuderen:

1. de beschimmelings van documenten, verpakt in plastic folie tijdens transport naar de tropen
2. de beschadiging van een opblaasbaar rubber reddingsvlot na een jaar dienst in tropische omgeving
3. schimmelgroei op wol verpakt in polytheen zakken
4. bederf van bloedmeeel verpakt in jute zak met plastic voering, tijdens zeetransport van Zuid-Amerika naar Rotterdam
5. beschimmelings van een groot aantal archiefstukken, opgeslagen in een ruimte met 60-65% gemiddelde relatieve vochtigheid.

Uit deze waarnemingen werd de indruk verkregen, dat in sommige gevallen het gebruik van een waterdampdichte verpakking een ongunstige invloed had uitgeoefend, en dat onder praktijkomstandigheden schimmelgroei mogelijk is, waarbij men dat volgens literatuurgegevens niet zou verwachten.

Bij het experimentele onderzoek werd zowel aandacht besteed aan de invloed van het verpakkings-

¹⁾ Dit wordt elders uitvoeriger gepubliceerd door Hazeu en Hueck [4].

Tabel 1

Materialen die direct of indirect door micro-organismen kunnen worden aangetast of beïnvloed.

Type verbinding	aard v.d. aantasting	materiaal	technische toepassingen
1. koolhydraten	direct	zetmeel hout papier katoen linnen jute	dextrine, lijm, verdikkingsmiddelen bouwmateriaal verpakking, isolatie kleding, tenten, dekzeilen vroeger in brandslangen zand- en aardappelzakken
2. eiwitten	direct	wol leer caseïne gelatine	papiermachine vilt schoeisel stabilisator in emulsieverf lijm
3. vetten (plantaardig en dierlijk)	direct	lijnolie diversen	verf snijolie, weekmakers, emulgatoren, etc.
4. koolwaterstoffen	direct	paraffines bitumen rubbers	smeermiddelen, dieselolie, vliegtuigbenzine, dakbedekking, asfalt pakkingringen, slangen, coating
5. kunststoffen (polymere bestanddelen)	direct indirect	cellulose-derivaten weekgemaakt P.V.C. polytheen etc.	textiel, verpakkingen, verf wandbekleding, vloerbedekking bouw- en verpakkingsmaterialen
(niet-polymere bestanddelen)	direct	esters vulstoffen	weekmakers, smeermiddelen bv. zaagsel of katoenvezels in samengestelde materialen
6. anorganische stoffen	indirect direct (anaërobe corrosie) indirect	metalen metalen glas asbestcement beton bak- en natuursteen	pijpleidingen, opslagtanks opslagtanks, scheepshuiden, pijpleidingen optieken van instrumenten etc. dakbedekking rioolbuizen diverse bouwwerken

materiaal, als aan de invloed van het verpakte goed. De keuze viel hierbij op wol en katoen, wegens hun hygroscopische eigenschappen en hun gevoeligheid voor micro-organismen, hun economische betekenis en hun gemakkelijke hanteerbaarheid.

Voor het meten van de relatieve vochtigheid in gesloten, betrekkelijk kleine ruimten werd gebruik gemaakt van z.g. E.V.G. („Eltronix” vochtgevoelige) elementen. De oppervlakteweerstand van deze elementen, die door een speciale behandeling hygroscopisch zijn gemaakt, is een functie van temperatuur en relatieve vochtigheid. De nauwkeurigheid bedraagt ca. 30% R.V., afhankelijk van de ijking.

2.1 De invloed van het verpakkingsmateriaal

Er werd een beperkt oriënterend onderzoek uitgevoerd, om een indruk te krijgen van de snelheid, waarmee de relatieve vochtigheid binnen een ge-

sloten verpakking van kunststoffolie stijgt, bij opslag in vochtige omgeving.

Daartoe werd 100 gram wol, resp. 120 gram katoen, verpakt in polytheen- en P.V.C.-folie, en opgeslagen bij 30°C en 90% R.V. Elk pakje bevatte een E.V.G.-element.

De verpakkingsfolie is waterdampdoorlatend, de R.V. neemt dus toe. (Zie figuur 2). De stijging verloopt echter langzaam, en kan als een effect op langere termijn beschouwd worden. Alleen onder ongunstige omstandigheden zal een kritieke waarde van de relatieve vochtigheid bereikt worden. Anderzijds zal het ook lang duren tot te vochtig ingepakte materialen, bij opslag in droge omgeving, hiermee in evenwicht komen. Heiss [6] heeft het verloop van de R.V. in dergelijke systemen in formules beschreven.

2.2 De invloed van het verpakte goed

Het gedrag van de relatieve vochtigheid onder in-

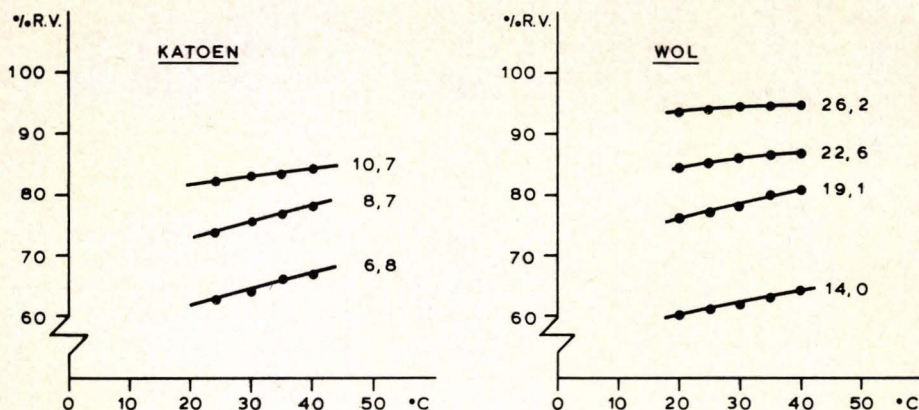


Fig. 3. Verband tussen relatieve vochtigheid en temperatuur van wol en katoen bij constant vochtgehalte. De getallen in de figuur geven het percentage vocht weer.

vloed van een gelijkmatige temperatuurverandering, werd als volgt bestudeerd:

Maatcilinders werden gevuld met wol of katoen, voorzien van thermometer en E.V.G.-elementen en afgesloten met een geparaffineerde kurk. Bij verschillende temperaturen tussen 20 en 40°C werd de relatieve vochtigheid gemeten.

Uit de resultaten (figuur 3) blijkt, dat deze slechts weinig stijgt met de temperatuur. Alleen bij een hoge beginwaarde kan een voor schimmelgroei kritieke grens bereikt worden. De verandering kwam in korte tijd tot stand. Voor uitgebreidere gegevens wordt verwezen naar de literatuur [5, 13].

De invloed van een temperatuurgradiënt werd bestudeerd door glazen cilinders, gevuld met wol of katoen, half in een waterbad van constante temperatuur te plaatsen. Er werd een constant temperatuurverschil van 5, 10 of 15°C tussen de boven- en onderkant ingesteld.

Het resultaat hiervan is een plaatselijke stijging

van de waterdampspanning, gevolgd door diffusie van de damp naar het koudere gedeelte, tot het evenwicht weer hersteld is. Meestal duurde dit een of meerdere dagen. De resultaten van de metingen zijn samengevat in figuur 4.

Hieruit blijkt dat een stijging van 10-20% R.V., in het koudere gedeelte, mogelijk is. Deze verandering is van praktisch belang, daar in vele gevallen zo de kritieke grens voor schimmelgroei overschreden wordt. Het effect zal groter zijn, naarmate een relatief groter deel van het materiaal een hogere temperatuur bezit, terwijl in het omgekeerde geval de toestand gunstiger is.

De hier beschreven experimenten waren te kort van duur om schimmelgroei van betekenis te mogen verwachten. In de praktijk speelt de factor tijd vaak een grotere rol.

Het is echter niet mogelijk om nauwkeurig de kritieke waarde van de relatieve vochtigheid, waarbij schimmelgroei zal optreden, aan te geven.

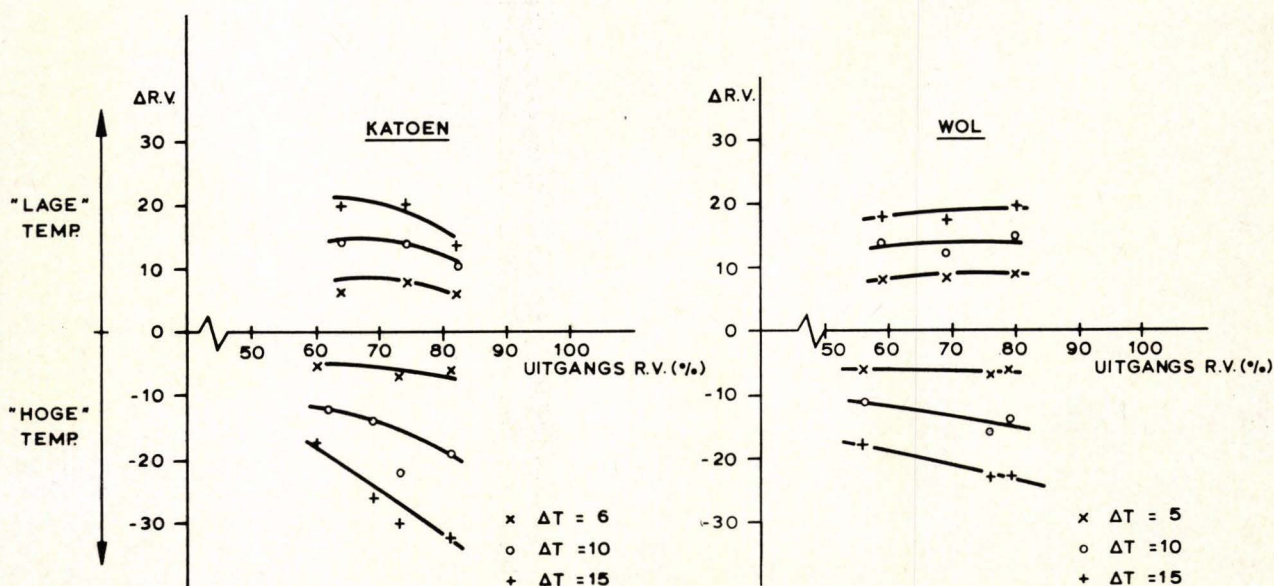


Fig. 4. De gemeten verandering van de relatieve vochtigheid binnen een afgesloten hoeveelheid wol of katoen bij een constante temperatuurgradiënt. Uitgangstemperatuur 23°C.

De kans op schimmelen neemt echter toe bij hogere relatieve vochtigheid en langere verblijftijd. Wanneer de schimmelontwikkeling eenmaal op gang is gekomen, kan deze versneld voortgaan, omdat bij het stofwisselingsproces nog extra water wordt gevormd. De temperatuurgradiënten, als hier toegepast, sluiten redelijk aan bij de praktijk tijdens transport en opslag.

Dit is aangetoond door de meteoroloog Mielke [10, 11, 12], die de verandering van temperatuur en relatieve vochtigheid in scheepsruimen, tijdens reizen naar en van tropische gebieden, heeft gemeten. Temperatuurveranderingen van 30°C in

korte tijd kwamen voor, terwijl in de ruimen vaak 90% R.V. werd gemeten.

Conclusies.

- 1) Door het optreden van temperatuurgradiënten in verpakte materialen kunnen er plaatsen met hoge relatieve vochtigheid ontstaan, waardoor daar beschimmelings kan optreden.
- 2) Bij het verpakken van materialen is een relatieve vochtigheid van 50% bij evenwicht meestal nog voldoende om groei van schimmel te voorkomen.

Literatuur.

- | | |
|---|--|
| <p>[1] Block, S. S., Humidity requirements for mold growth. Appl. Microbiol. 1, (1953) 287-293.</p> <p>[2] Block, S. S., Rodrigues - Torrent, R. and Cole, M. B. Humidity and temperature requirements of selected fungi. A. S. D. Technical Report 61-490 (U.S. Air Force) (1961).</p> <p>[3] Cochrane, V. W. „Spore germination” in J. G. Harsfall en A. E. Dimond: Plant Pathology, vol. II, 167-202. Academic Press, New York (1960).</p> <p>[4] Hazeu, W. and Hueck, H. J. „Changes of humidity inside packages due to environmental conditions” in Microbiological Deterioration in the Tropics, Society of Chemical Industry, London (1966).</p> <p>[5] Hearle, J. W. S. and Peters, R. H. Moisture in Textiles. Butterworths Scientific Publications, London (1960).</p> <p>[6] Heiss, R. Grundlagen der Haltbarkeit verpackter feuchtempfindlicher Güter. Verpackungs-Rundschau 8 (3), (1957) 17-21.</p> | <p>[7] Hueck, H. J. Biologisch bederf van technische materialen. TNO-Nieuws 13, (1958) 398-405.</p> <p>[8] Hueck, H. J. The biodeterioration of textiles and its prevention in antiquities and works of art. TNO-Nieuws 20, (1965) 301-307.</p> <p>[9] Adema, D. M. M. et al. Recent developments in biodeterioration research. TNO-Nieuws 20, (1965) 945-959.</p> <p>[10] Mielke, H. Über die klimatischen Beanspruchungen von Lagergut beim Überseeversand. Verpackungs-Rundschau 13, (12), (1962) 93-99.</p> <p>[11] Mielke, H. Erfahrungen mit Testgut im Überseeversand nach Indien und West-Afrika. Die neue Verpackung 15, (1962) 1239-1244.</p> <p>[12] Mielke, H. Testfracht Hamburg - Tandjung Priok und zurück. Die neue Verpackung 16, (1963) 1107-1117.</p> <p>[13] Wool Research Vol. 2. Physical Properties of Wool Fibres and Fabrics. Wool Industries Research Association, Leeds (1955).</p> |
|---|--|