

Gasdoorlatendheid

van

Verpakkingsmateriaal

door H. J. Huldy

TECHNISCH-WETENSCHAPPELIJKE RUBRIEK

onder redactie van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO

commissie van advies:

O. IJ. van Bochove, maandblad Verpakking
dr. C. Engel, CIVO-TNO
drs. J. C. Gerritsen, ETA-TNO
C. Hillenius, IvV-TNO
ir. G. van Nederveen, VI-TNO
dr. A. Schors, CL-TNO
drs. R. Tunteler, KI-TNO
dr. O. Wouters, CIVO-TNO

redactiesecretariaat

F. Smit, CIVO-TNO, Utrechtseweg 48, Zeist, tfn (03404) 1 84 11

Gasdoorlatendheid van verpakkingsmateriaal

III Materiaalkeuze*

door H. J. Huldy

Samenvatting

De keuze van het filmmateriaal o.a. wat betreft opslagtijd, afmetingen van de verpakking, beschikbare vrije ruimte in de verpakking enz., wordt aan de hand van een praktijkvoorbeeld nader bekeken.

La perméation de gaz du matériau d'emballage; III Choix de matériau

Résumé

Le choix de matériau pellicule quant à la durée d'emmagasination, les dimensions des emballages, l'espace disponible dans l'emballage, etc. est éclairci à l'aide d'un exemple de pratique.

Gas permeability of packaging materials; III Choice of material

Summary

The choice of material, in view of storage time, dimensions of packages, available free space in the package, etc., is described with reference to a practical example.

Die Gasdurchlässigkeit von Verpackungsfolien; III Materialauswahl

Zusammenfassung

Die Auswahl an Folien in Bezug auf Lagerzeit, Abmessungen der Verpackung, Freiluft in der Verpackung, u.s.w., wird anhand eines Beispiels aus der Praxis diskutiert.

*) Deel I en II van dit artikel zijn verschenen in Verpakking 19, 462-487 (1967) nr. 8.

Praktische problemen betreffende de keuze van een verpakkingsfilm in verband met gasdoorlatendheid

Stellen we ons de vraag hoe lang het duurt voor er in een gesloten verpakking een zekere partiële gasdruk (p) heerst, dan kunnen we, uitgaande van de formule voor de gasdoorlatendheid, het volgende afleiden. Voor de gasdoorlatendheid (P) per filmdikte geldt:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{76 P T (p_1 - p) O}{273 V}$$

waarin

P = de gasdoorlatendheid van het filmmateriaal in $\frac{\text{cm}^3 \text{ (S.T.P.)}}{\text{cm}^2 \text{ s cm Hg}}$

$\frac{dp}{dt}$ = toe- of afname van de druk in cm Hg/s

V = de beschikbare vrije ruimte in de verpakking in cm^3

T = de absolute temperatuur in $^\circ\text{K}$

p_1 = de partiële gasdruk buiten de verpakking in cm Hg

p = de partiële gasdruk binnen de verpakking in cm Hg

O = de oppervlakte van de verpakking in cm^2

In de formule voor de gasdoorlatendheid is voor een bepaalde verpakking

$$\frac{273 V}{76 T O}, \text{ constant (= C), m.a.w. } \frac{dp}{dt} = \frac{P (p_1 - p)}{C}$$

Na integreren levert dit $\ln K' + \frac{Pt}{C} = -\ln (p_1 - p)$

$$K' (p_1 - p) = e^{-Pt/C} \quad (1)$$

Gaan we nu uit van het geval dat er zich direct na het verpakken geen zuurstof in de verpakking bevindt ($p = 0$ bij $t = 0$), dan geldt:

$$K' p_1 = 1 \text{ of } K' = \frac{1}{p_1}$$

Bij invulling van $K' = \frac{1}{p_1}$ in (1), vinden we: $\frac{p_1 - p}{p_1} = e^{-Pt/C}$

Voor de toename van de partiële druk van een gas in een verpakking geldt dus:

$$\frac{p}{p_1} = 1 - e^{-Pt/C} \quad (2)$$

Op overeenkomstige wijze geldt voor de drukafname van een gas in een verpakking:

$$\frac{p}{p_1} = e^{-Pt/C} \quad (3)$$

In de formules (2) en (3) stellen dus voor:

- p = de druk van het gas in de verpakking in cm Hg
 p_1 = de druk van hetzelfde gas buiten de verpakking in cm Hg
 e = het grondtal van het natuurlijke logaritmestelsel = 2,71828
 (ln x = 2,30 log x)
 P = de gasdoorlatendheid van het verpakkingsmateriaal in
 $\frac{\text{cm}^3 \text{ (S.T.P.)}}{\text{cm}^2 \text{ s cm Hg}}$

t = de tijd in s

C = een constante = $\frac{273 V}{76 T O}$

waarin

V = beschikbare vrije ruimte in de verpakking in cm^3

T = absolute temperatuur = $273 + t$ (t = temperatuur in $^\circ\text{C}$)

O = oppervlakte van de verpakking in cm^2

Zetten we p uit als functie van de tijd, dan vinden we in het geval van druktoename kromme A en in het geval van drukafname kromme B (zie fig. 14).

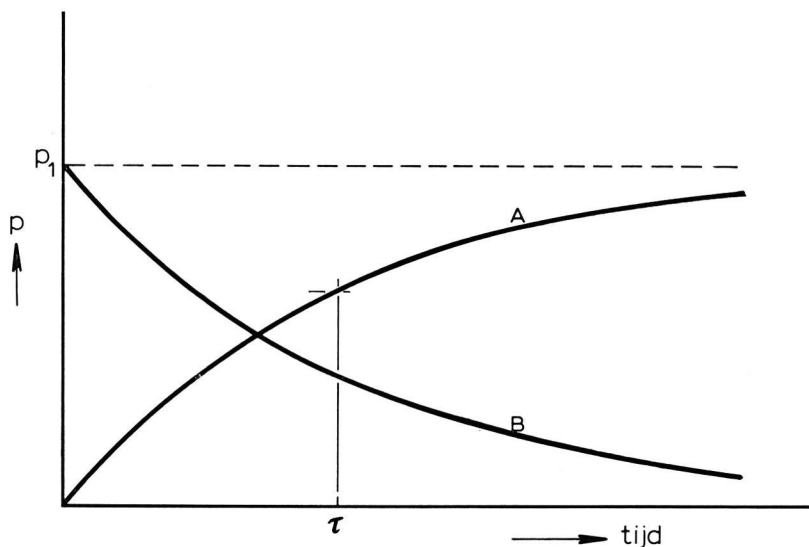


Fig.14 .Druktoe- en afname in een verpakking als functie van de tijd

Deze krommen geven aan, dat het oneindig lang duurt voor de eindwaarde wordt bereikt. Praktisch is de drukverandering na eindige tijd zo gering, dat die kan worden verwaarloosd. Teneinde in dit opzicht verschillende krommen te kunnen vergelijken, berekent

men de tijdconstante $\tau = \frac{C}{P}$. Stellen we $t = \tau$, dan wordt $\frac{P}{p_1} = 1 - \frac{1}{e} = 0,6321$, m.a.w.

τ is de tijd waarin de druk tot ruim 5/8 van zijn eindwaarde aangroeit en in het andere geval de tijd waarin de druk tot bijna 3/8 van zijn oorspronkelijke waarde daalt.

Voorbeeld van de berekening van de geschiktheid van een verpakkingsmateriaal voor een bepaald verpakkingsprobleem in verband met de gasdoorlatendheid.

Voor het verpakken van een zuurstofgevoelig materiaal (bijv. melkpoeder) komt slechts een vacuum- of gasverpakking (stikstof) in aanmerking. We gaan dus uit van een zo

gering mogelijke zuurstofconcentratie in de verpakking. Op een inpakmachine voor vacuümverpakking is momenteel bij een snelheid van 80 eenheden per minuut een totaal eindvacuüm te bereiken van 24 mm Hg. De partiële begingasdruk van zuurstof zal dus enkele mm Hg druk bedragen. Een eventuele stikstofspoeling zal deze partiële zuurstofdruk nog verkleinen. We berekenen nu de toelaatbare gasdoorlatendheid (P) van een verpakkingfilm bij een temperatuur van 23° C voor een maximaal toelaatbare zuurstofconcentratie van 2%. Deze maximale zuurstofconcentratie geldt in het geval van melkpoeder *).

$$\frac{p}{p_1} = 1 - e^{-Pt/C}$$

Voor een zuurstofconcentratie van 2% geldt: $p = 1,5$ cm Hg (we gaan voor de eenvoud van de berekening uit van een begingasdruk van de zuurstof in de verpakking van 0 cm Hg). Bij opslag in de buitenlucht is de partiële druk (p_1) van de zuurstof aan de buitenzijde van de verpakking ongeveer 15 cm Hg. In ons geval is dus $\frac{p}{p_1} = 0,1$; $C = \frac{273 V}{76 T O}$ ($T = 273 + 23 = 296$).

Voor een verpakking varieert de verhouding van de oppervlakte van de verpakkingfilm O en de inhoud V' van de verpakking zelf tussen 0,7 en 5²⁴).

In verband met een zo gering mogelijke gasdoorlatendheid kiezen we O natuurlijk zo klein mogelijk. Deze eis loopt dus parallel met de wens van een minimaal oppervlak van verpakkingmateriaal voor een bepaald volume. Voor onze berekening nemen we O

$\frac{O}{V'} = 2$. Voor de berekening van het werkelijke volume V, dat ter beschikking staat van het gas in de verpakking, dienen we het vulgewicht en het soortelijk gewicht van het te verpakken materiaal te kennen. (Vóór tabellen vulgewichten, zie Rutgers²⁵). Uitgaande van melkpoeder met een s.g. van 1,30 en een vulgewicht van 0,6 kg

vinden we $\frac{V}{V'} = 0,54$. In ons geval is dan $\frac{V}{O} = 0,27$.

Hieruit volgt
$$C = \frac{V}{O} \cdot \frac{273}{(273+t) 76} = 3,3 \times 10^{-3}$$

Uit
$$\frac{p}{p_1} = 1 - e^{-Pt/C}$$

volgt nu, dat voor een opslagtijd van 1 jaar ($3,16 \times 10^6$ s) en $\frac{p}{p_1} = 0,1$ de gasdoorlatendheid

$$P = 10^{-11} \cdot \frac{\text{cm}^3 \text{ (S.T.P.)}}{\text{cm}^2 \text{ s cm Hg}}$$

en voor een opslagtijd van een half jaar uiteraard

$$P = 2 \times 10^{-11} \cdot \frac{\text{cm}^3 \text{ (S.T.P.)}}{\text{cm}^2 \text{ s cm Hg}}$$

Materiaal, dat voor een dergelijke verpakking geschikt is, is een aluminium/kunststof laminatie (zie tabel 6, Verpakking 19 (1967) no. 8, 486).

*) Gegevens betreffende de zuurstofgevoeligheid van een produkt onder invloed van licht e.d. zijn nog weinig bekend.

Hoewel de schrijver ervan overtuigd is dat door de bewerking en verwerking van het oorspronkelijke materiaal tot een complete verpakking zoals verstrekken, vouwen, lassen, transport, de gasdoorlatendheid ervan nadelig wordt beïnvloed, de gasdoorlatendheid van het oorspronkelijke materiaal een basisgegeven is waarvan men bij de keuze van materiaal in een bepaald verpakkingsprobleem moet uitgaan.

Literatuur

1. Buchner, N., *Kunststoffe* **49**, 401 (1959).
2. Stannett, V., e.a. *Tappi Monograph Series* No. 23 (1962).
3. Huldy, H. J., *Plastica* **15**, 146 (1962).
Huldy, H. J., *Plastica* **15**, 210 (1962).
4. Rogers, C.E., „Engineering Design for Plastics”, E. Baer, Ed., Reinhold, New York, 1964, 609 - 688.
5. A.S.T.M. method D 1434-58, A.S.T.M. Standards on Plastics - 1958 Standard Method for Gas Transmission Rate of Plastic Sheeting.
6. Brown, W. E., Sauber, W. J., *Modern Plastics* **36**, 107 (Aug. 1959).
7. Major, C. J., Kammeyer, K., *Modern Plastics* **39**, 135 (July 1962).
8. Stern, S. A., Sinclair, T. F., Gareis, P. J., *J. Appl. Polymer Sci.* **7**, 2035 (1963).
Stern, S. A., Sinclair, T. F., Gareis, P. J., *Modern Plastics* **42**, 154 (1964).
9. Schrüfer, W., *Kunststoffe* **46**, 143 (1956).
Schrüfer, W., *Kunststoffe* **46**, 270 (1956).
10. Becker, K., *Kunststoffe* **54**, 155 (1946).
11. Marlatt, R. G., *Package Engineering* **7**, 60 (Oct. 1962).
12. Fricke, H. L., *Package Engineering* **7**, 51 (Dec. 1962).
13. Lyssy, G. H., Hieke, P., Mohler, H., *TARA* Nr. **175**, A 88 (1964).
14. Hennessy, B. J., Mead, J. A., Stening, T. C., *The permeability of plastic films*, „The Plastics Institute” London, NDC Reference Number 678.5; 539.23; 539.217.
15. Buchner, N., Schricker, G., *Kunststoffe* **50**, 156 (1960).
16. Huldy, H. J., *J. Appl. Polymer Sci.* **8**, 2883 (1964).
17. Huldy, H. J., *Verpakking* **16**, 502 (1964).
18. Becker, K., *Verpackungs Rundschau* **12**, 93 (1965).
19. Duijkeren, M. P. van, Bree, H. W., *Chemisch Weekblad* **60**, 101 (1964).
20. Heijboer, J., *Plastica* **10**, 824 (1957); **11**, 34 (1958); **12**, 110 (1959); **12**, 598 (1959); **19**, 489 (1966).
21. Waterman, H. A., *Verpakking* **17**, 182 (1964).
22. Notley, N. T., *J. Appl. Chem.* **13**, 107 (1963).
23. Hansen, R. L., *Verpackungs Rundschau* (spec. ed.) **7**, 14 (1964).
24. Lüllwitz, G., *Die Neue Verpackung* **15**, 346 (1962).
25. Rutgers, R., *Conserva* **12**, 216 (1964).
26. Grail, T. J., *Plastics Design and Processing*, **6**, 21 (Aug. 1966).

Adres auteur
H. J. Huldy
Centraal Laboratorium TNO
Schoemakerstraat 97,
Postbus 217, Delft.