

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, Wageningen
Tel.: 08370-19013

Rapport no. 1919
Ir. G. van Beek en
Ing. W. Verbeek

BEREYENING VAN THERMO-FYSISCH
EIGENSCHAPPEN VAN TUINBOUW-
PRODUKTEN UIT HUN SAMENSTELLING

Uitgebracht aan de Directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 45, april 1975

met:

$$c = \sum c_i \cdot g_i \quad (4)$$

waarin: c = soortelijke warmte kJ/kg.K
 g = massafractie kg/kg

Omdat de massafractie van de aanwezige lucht te verwaarlozen is, en de soortelijke warmte van lucht niet groot is, kan de bijdrage hiervan aan de soortelijke warmte van het produkt verwaarloosd worden, zodat in de desbetreffende vergelijking de volumefractie lucht niet voorkomt. Als gevolg hiervan is de soortelijke warmte van het produkt gelijk aan die van de bulk:

$$c_{\text{produkt}} = c_{\text{bulk}} \quad (5)$$

2.3.1. Warmtegeleidingscoëfficiënt in produkt

Een tuinbouwprodukt bestaat, voor wat betreft de warmtegeleidingscoëfficiënt slechts uit 2 componenten: water en lucht. Van de overige componenten geldt dat de koolhydraten dezelfde warmtegeleidingscoëfficiënt bezitten als die van water. De warmtegeleidingscoëfficiënt wordt berekend met de Maxwell-vergelijking⁸⁾.

$$\lambda_{\text{pr}} = \frac{2\lambda_w + \lambda_l - 2\phi (\lambda_w - \lambda_l)}{2\lambda_w + \lambda_l + \phi (\lambda_w - \lambda_l)} \cdot \lambda_w \quad (6)$$

waarin: λ = warmtegeleidingscoëff. W/m.K
 ϕ = produktporositeit m³/m³
 w = water
 l = lucht
 pr = produkt

Opmerking: bevat het produkt geen lucht maar de componenten water + rest, dan wordt de volumefractie ϕ voor de rest gevonden uit:

$$\phi_{\text{r}} = \frac{g_{\text{r}}}{\rho_{\text{r}}} \rho_{\text{pr}} \quad (7)$$

2.3.2. Warmtegeleidingscoëfficiënt in bulk -

Voor de warmtegeleidingscoëfficiënt in bulk geldt

vergelijking (6) als λ_w vervangen wordt door λ_{pr} .

3. Tabellen

Bij het samenstellen van de tabellen is uitgegaan van de onderstaande thermo-fysische eigenschappen van de samenstellende componenten.

Tabel 1. Eigenschappen componenten bij 20°C.

component	ρ (kg/m ³)	λ (W/m.K)	c (kJ/kg.K)
water	1000	0,60	4,182 ⁹
eiwit	1380	0,20	1,9
koolhydraten	1550	0,58	1,22
as	2200	-	-
lucht	1,20	0,025	1,007 ⁹

De tabellen 2 bevatten gegevens over de fractie aan componenten, porositeit en thermo-fysische eigenschappen, berekend en uit de literatuur, van een beperkt aantal groenten, vruchten en vruchtensappen.

4. Conclusie

Slechts de soortelijke warmte en de warmtegeleidingscoëfficiënt kunnen berekend worden uit de samenstelling. De verschillen tussen berekende- en literatuurwaarden zijn meestal kleiner dan 10%.

Tabel 2a Fysische gegevens

-5-

naam produkt	van produkt						van bulk			
	ρ kg/m ³		c kJ/kgK		λ W/mK		ρ kg/m ³		λ W/mK	
	ber	lit	ber	lit	ber	lit	ber	lit	ber	lit
aardbei	921		3,90	3,90	0,50	0,52	550		0,27	
appel	830	870	3,79	3,80	0,43	0,51	500	580	0,23	
banaan	980		3,44	3,35	0,50	0,48	300		0,14	
bes			3,68							
grapefruit	883	880	3,92	3,82	0,48	0,55	550		0,27	
meloen			3,97							
peer	1000	1000	3,71	3,6	0,53	0,60	600	640	0,29	
pruim	1130	1200	3,71	3,68		0,50	610	720		
sinaasappel	982	880	3,75	3,76	0,53	0,58	550	770	0,26	
andijvie	700	800	4,02		0,37		200		0,11	
biet	1032		3,84		0,58		600	830	0,30	
champignon	630		3,85	3,9	0,31	0,53	200		0,10	
doperwt	993		3,63	3,3	0,53					
knolselderij			3,77				450			
komkommer	950		4,10	4,05	0,54	0,60	600	770	0,31	
kool	940		3,90	3,90	0,52	0,53	450	450	0,22	
paprika			3,95			0,57				
peen	1025	1100	3,85		0,57		500	640	0,25	
sperzieboon	993		3,89	3,90	0,56	0,42	400	380	0,20	
tomaat	1010	900	4,05	3,94	0,59	0,56	600	670	0,31	
ui	970		3,76	3,89	0,52	0,57	575		0,28	
appelmoes			3,57							
zuurkool			3,89							
appelsap 13	1048	1050	3,76	3,69	0,52	0,54				
% droge stof 30	1124		3,19	3,33	0,47	0,51				
64	1312	1230	1,99	2,80	0,34	0,39				
citrussap 13			3,80		0,52					
30			3,30		0,47					
64			2,31		0,34					
tomatenpuree 6	1035		3,99	4,02	0,53					
20	1061		3,44		0,52	0,49				

Tabel 2b: Samenstelling produkten.

naam produkt	fractie (kg/kg)					gasgehalte in volumefractie (m ³ /m ³)	
	water	eiwit	vet	kool- hydra- ten	as	in het produkt	in bulk
aardbei	0,91	0,007	-	0,05	0,005	0,13	0,40
appel	0,87	-	-	0,10	0,003	0,23	0,40
banaan	0,75	0,01	-	0,22	0,006	0,12	0,69
bes	0,85	0,015	-	0,08	0,006		
grapefruit	0,91	0,005	-	0,07	0,003	0,15	0,38
meloen	0,94	0,005	-	0,03	0,002		
peer	0,85	0,005	-	0,10	0,004	0,08	0,40
pruim	0,85	0,005	-	0,10	0,005		0,46
sinaasappel	0,86	0,005	-	0,10	0,004	0,09	0,44
andijvie	0,95	0,02	-	0,01	0,007	0,32	0,71
biet	0,89	0,02	-	0,07	0,008	0,02	0,42
champignon	0,90	0,04	-	0,01	0,009	0,41	0,68
doperwt	0,82	0,05	-	0,10	0,004	0,09	
knolselderij	0,88	0,02	-	0,05	0,007		
konkommer	0,97	0,005	-	0,01	0,004	0,07	0,37
kool	0,91	0,02	-	0,04	0,009	0,11	0,52
paprika	0,92	0,01	-	0,05	0,004		
peen	0,90	0,01	-	0,06	0,007	0,03	0,51
sperzieboon	0,90	0,03	-	0,05	0,007	0,05	0,60
tomaat	0,95	0,01	-	0,03	0,006	0,01	0,41
ui	0,86	0,01	-	0,10	0,005	0,10	0,41
appelmoes	0,80	-	-	0,19	0,004		
zuurkool	0,92	2	-	0,01	0,02		
appelsap 13%	0,87	-	-	0,10	0,004		
droge stof 30%	0,70	-	-	0,22	0,008		
64%	0,36	-	-	0,40	0,016		
citrussap 13%	0,87	0,01	-	0,12	-		
droge stof 30%	0,70	0,02	-	0,28	-		
64%	0,36	0,04	-	0,60	-		
tomatenpuree 6%	0,94	0,01	-	0,035	0,01		
20%	0,77	0,03	-	0,14	0,03		

5. Literatuur

- 1) Kostaropoulos A.E., Wärmeleitzaahlen von Lebensmitteln und Methoden zu deren Bestimmung, heft V.D.M.A.
- 2) Hartog, C. den,
Nederlandse Voedingsmiddelentabel
27e druk 1972
- 3) Souci, S.W., W. Fachmann, H. Kraut,
Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Wiss. Verlag,
Stuttgart, 1973
- 4) Fidler, e.a. The biology of apple and pear storage,
Commonwealth Agricultural Bureaux, 1973
- 5) Mohsenin N.N., Physical properties of plant and
animal materials,
Gordon and Breach, New York, vol. I, 1970
- 6) Sprenger Instituut mededeling no. 29
- 7) Produktgegevens, Sprenger Instituut mededeling no. 30
- 8) Tye R.P., Thermal Conductivity,
Academic press, London, New York, 1969, vol. I + II
- 9) V.D.I.- Wärme-Atlas, 2^e druk 1974, Dbl1.

Wageningen, 17-4-1975

GvB/EF