

S P R E N G E R I N S T I T U U T

Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen

Tel.: 08370-19013

*(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de directeur)*

RAPPORT NO. 2032

Mej. Ing. L. Weber

ORIËNTERENDE PROEVEN BETREFFENDE
HET VACUÛM KOELEN VAN GROENTE EN
KLEINFRUIT

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 073, voorheen 448

INHOUD

	blz.
1. Inleiding	1
2. Installatie en werkwijze	2
3. Toelichting bij tabel 1	3
4. Literatuur	9
TABEL	
1. Resultaten vacuümkoelen van verschillende groenten	3
FIGUREN	
1. Kookpunten van water bij verlaagde druk	4, 6, 7, 8
2, 3, 4, afkoelcurven vacuümkoelproeven	
BIJLAGE	
1. Werkstaten voor koelproeven	10 t/m 17

1. Inleiding

Gedurende de maanden mei 1976 en februari t/m juni 1978 zijn op het Sprenger Instituut inzake het vacuümkoelen van groenten en fruit met zeven soorten groente proeven genomen.

Het doel was na te gaan of deze groenten door middel van o.a. vacuümkoelen binnen een "redelijke" tijd (binnen een half uur) konden worden afgekoeld en of tijdens een aansluitende bewaarperiode bij 10°C en ca. 85% r.v. zich voordelige of nadelige effecten ten opzichte van een niet gekoelde partij van dat produkt zouden voordoen.

Gegevens en resultaten zijn vermeld volgens de in rapport no. 1630 (1)^m gebruikte opzet.

* verwijzing naar literatuurlijst

2. Installatie en werkwijze

De proeven zijn uitgevoerd op het Sprenger Instituut te Wageningen. Het produkt werd gekoeld in een vacuümketel met een inhoud van ca. 1 m³. Hierop is een vacuümpomp met een capaciteit van 25 m³/uur aangesloten waarmee in 12 à 13 minuten een druk van ruim 6,05 mbar (= 4,6 mm kwikdruk) kan worden bereikt die gedurende het verdere koelproces in stand wordt gehouden. De vrijkomende waterdamp condenseert op de ingebouwde pijpenverdamer van een koelinstallatie (capaciteit 3,5 kW of 3.000 kcal/uur)

Tijdens het koelen werd per proefcharge op ca. negen plaatsen in het produkt de temperatuur gemeten met behulp van koper-constantaan thermokoppels, aangesloten op een microvoltmeter. Per produkt zijn gemiddelden van de gemeten temperaturen in een grafiek weergegeven (fig. 2, 3 en 4). De verdere meetresultaten zijn vermeld in tabel 1 en bijlage 1.

3. Toelichting bij tabel 1

Kolom 5, 6 en 7

Het vacuümkoelproces is in drie stappen te verdelen:

1. Er verdampt altijd water in en aan het produkt. Dat kost energie. Bij vacuümkoelen wordt, om de verdamping sterk te bevorderen, de druk verlaagd en wel zo ver dat het water gaat koken: de verdamping is dan maximaal. De voor de verdamping benodigde warmte (2680 kJ voor het verdampen van 1 kg water) wordt aan het produkt onttrokken, waardoor de produkttemperatuur sterk gaat dalen: het flash point is bereikt.
2. Door de druk steeds verder te verlagen blijft het water ondanks de temperatuurdaling van het produkt "koken".
3. Zodra de druk bereikt is waarbij water van 0°C kookt (6,05 mbar of 4,6 mm kwikdruk) wordt het verlagen van de druk gestaakt door de vacuümpomp uit te schakelen. Bij een lagere druk bestaat de kans dat het produkt bevriest. Deze lage druk blijft gehandhaafd tot de gewenste produkttemperatuur is bereikt. De lage druk wordt daarna opgeheven.

Tabel 1. Resultaten vacuümkoelen van verschillende groenten

Kolom	1	2	3	4	5			8	9	10	11	12
					benodigde tijd							
produkt	behandeling	hoeveelheid (kg)	temp. daling (°C)	eind-temp. (°C)	totaal (min.)	tot flash point (min.)	koel-tijd (min.)					
augurk	geen	10,7	14,2	3,4	28	10	18	6	4,06	2,2	2,3	ja
augurk	bevochtigd	11,3	14,2	3,4	28	10	18	6	4,06	2,2	0,7	ja
bosradijs	geen	8,1	15,6	1,1	24	10	14	4	3,98	2,7	3,1	ja
komkommer vroege	geen	5,3	6,3	8,7	50	10	40	-	4,06	1,0	-	neen
prei	geen	10	16,3	4,4	58	10	48	16	3,77	2,3	-	neen
prei	bevochtigd	10	17,7	1,8	29	10	19	6	3,77	2,5	-	ja
spruitkool	geen	8,8	14,9	1,5	23	10	13	5	3,89	2,2	3,4	ja
ui	geschild	15	11,8	2,7	40	10	30	13	3,89	1,7	1,7	neen
winterwortel	gesneden	12	14,3	0,3	15	10	5	2	3,89	2,9	2,1	ja

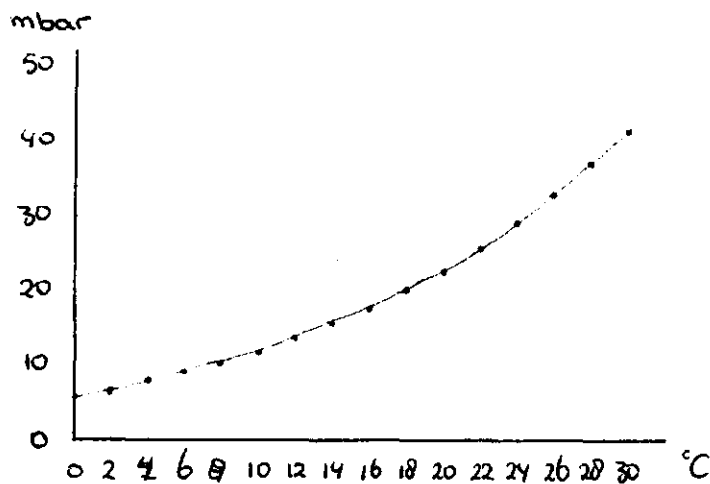


Fig. 1 Kookpunten van water (in °C) bij verlaagde druk (in mbar)

Kolom 8

Met halfkoeltijd wordt bedoeld de tijd die nodig is om het produkt af te koelen tot halverwege het verschil tussen de begintemperatuur van het produkt en de eindtemperatuur. Bijvoorbeeld voor de augurk: $\frac{17,6 - 0}{2} = 8,8^{\circ}\text{C}$. Deze temperatuur is bereikt na 16 minuten - 10 minuten (afpomptijd) = 6 minuten. Als vuistregel geldt dat het produkt de gewenste eindtemperatuur heeft na ca. 3x de halfkoeltijd + de tijd om het flash point te bereiken. In de praktijk zal de chargetijd globaal als volgt kunnen worden berekend: afpomptijd + 3x de halfkoeltijd + laad- en lostijd (v.b. augurk: 10 + (3x6) + 5 = 33 minuten).

Kolom 10 en 11

De cijfers in kolom 9 zijn als volgt berekend (v.b. augurk):
 De augurken zijn $14,2^{\circ}\text{C}$ afgekoeld. Hiertoe moet $14,2 (^{\circ}\text{C}) \times 4,06$
 $(\text{kJ/kgK}) \times 10,7 (\text{kg}) = 6169 \text{ kJ}$ warmte zijn afgevoerd door $6169 (\text{kJ}) / 2680$
 $(\text{kJ/kg}) = 0,230 \text{ kg}$ water te verdampen. Dit is 2,15% van het begingewicht van de augurken. De cijfers in kolom 10 zijn bepaald uit voor en na het koelen bepaalde gewichten.

(5)

Als vuistregel wordt gehanteerd 1% gewichtsverlies per 6^o temperatuur-daling. Bij de augurken wordt dat $\frac{14,2}{6} = 2,4\%$.

De nu volgende figuren 2, 3 en 4 geven de geregistreeerde afkoeling weer.

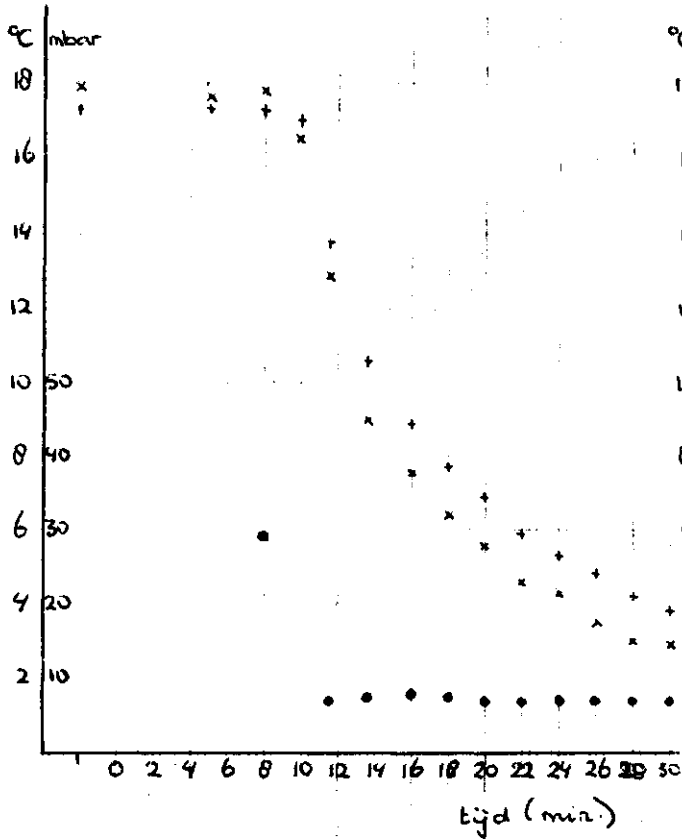
Fig. 2. Afkoelcurven

vacuumkoelproeven

(6)

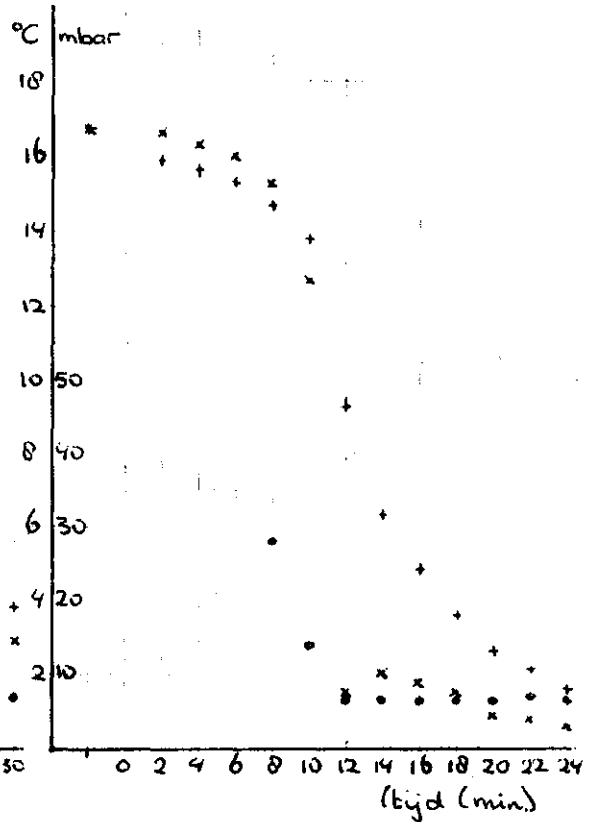
Augurk 11-6-'78

- + gem. temp. droog produkt
- x gem. temp. bevochtigd produkt
- luchtdruk



Bosradij's 23-5-'78

- + gem. temp. knollen
- x gem. temp. blaad
- luchtdruk



Vroege komkommer 17-5-'78

- + gem. temp. droog produkt
- x gem. temp. bevochtigd produkt
- luchtdruk

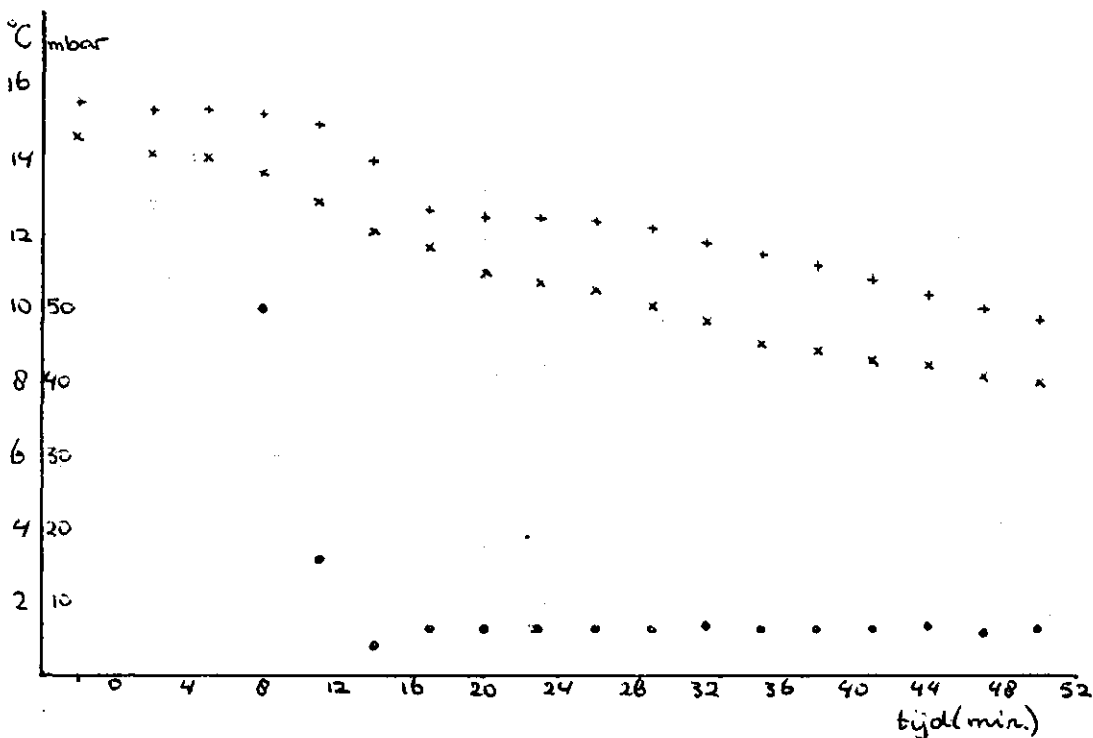
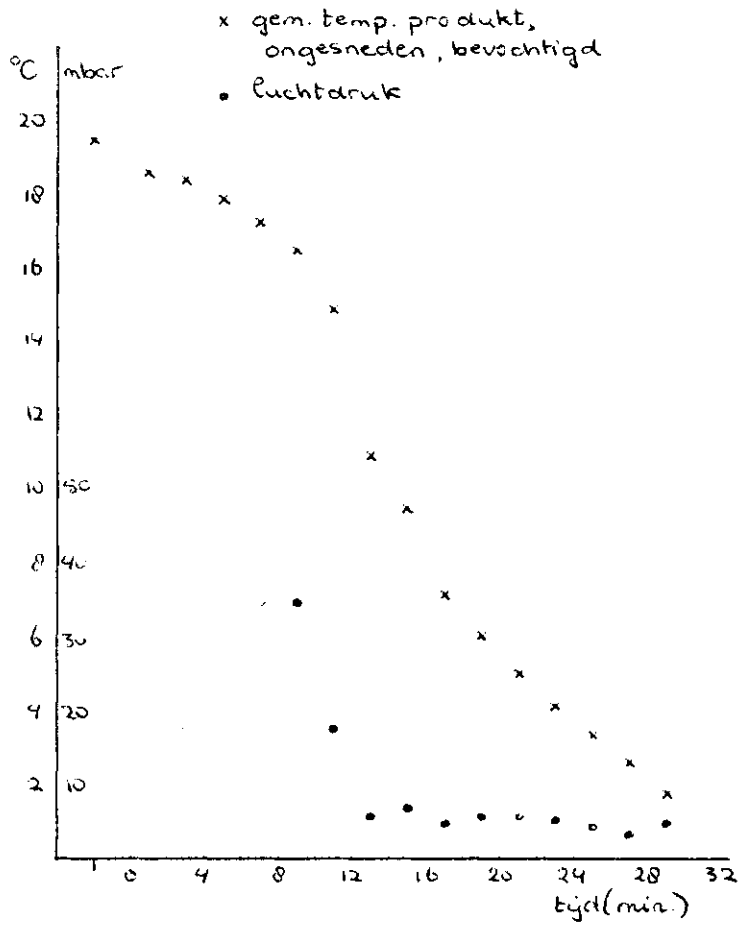


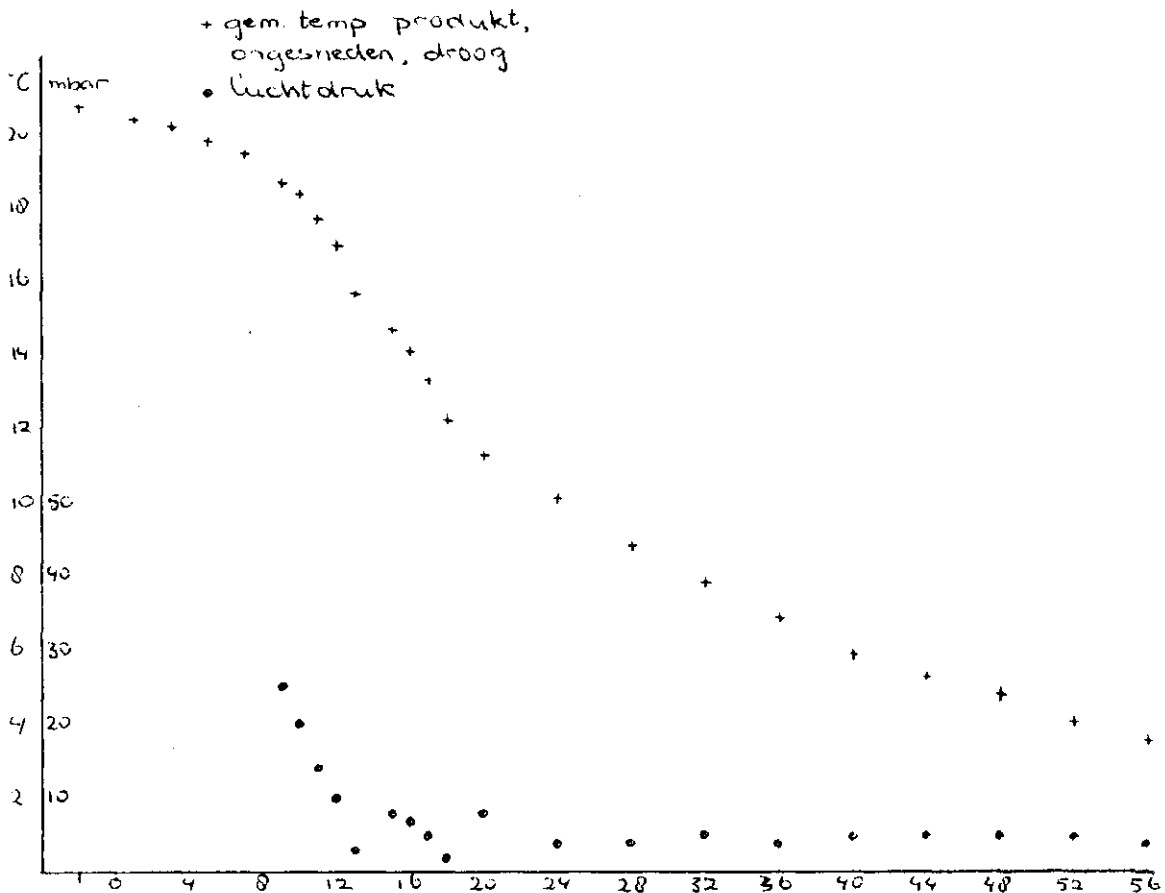
Fig. 3 Afkoelcurven vacuumkoelproeven

(7)

Prei 10-5-76

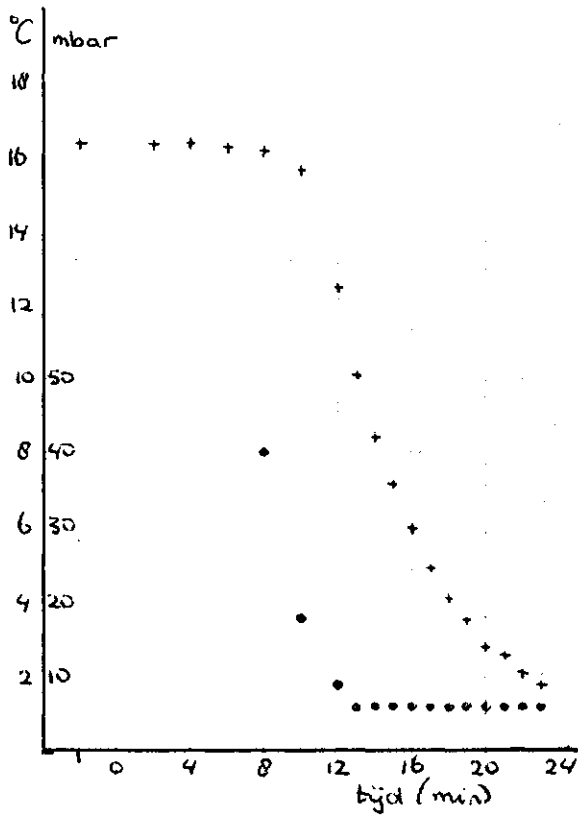


Prei 10-5-76



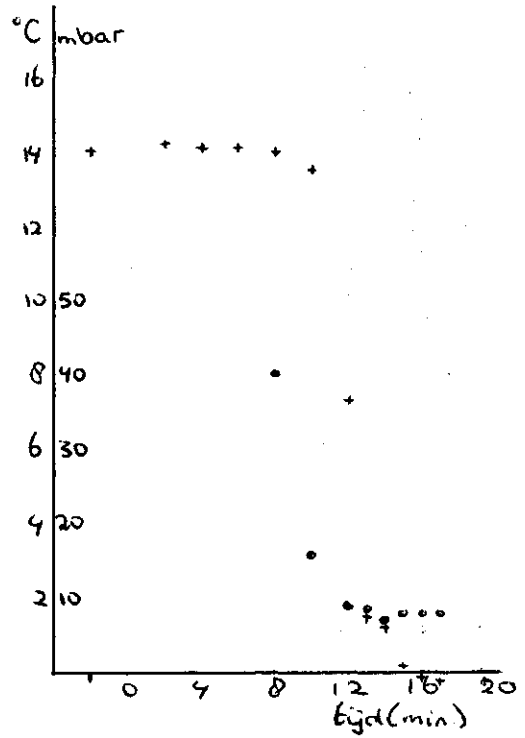
Spruitkool 15-2-'78

- + gem. produkttemp.
- luchtdruk



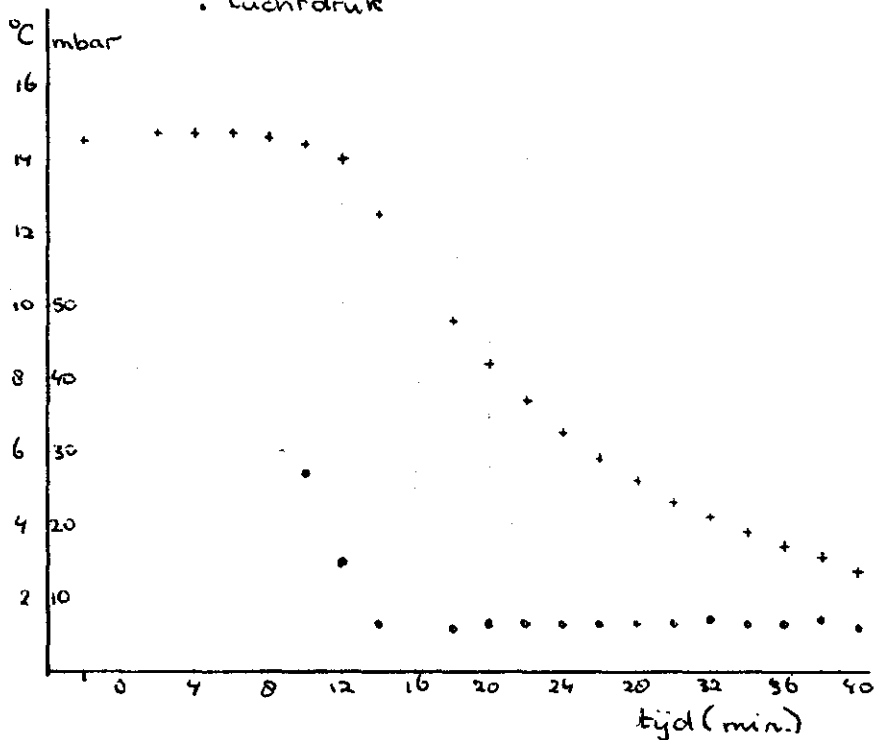
Winterwaaibel, gestift 21-2-'78

- + gem. produkttemp.
- luchtdruk



Uien, geschild 8-3-'78

- + gem. produkttemp.
- luchtdruk



4. *Literatuur*

1. Greidanus, drs. P., J de Maaker en B.J.L. Veltman.

Oriënterende proeven betreffende het vacuümkoelen van groente en kleinfruit.

Rapport no. 1630. Sprenger Instituut, Wageningen, 1968.

Bijlage 1. Werkstaten voor koelproeven

AUGURK

Aard van de behandeling	a, c, d, f b, e: bevochtigd geen door dompelen in water
Verpakking	kartonnen komkommerdoos
Gewicht	a 5220 g b 5770 g + 120 g water d 5520 g e 5420 g + 80 g water
Sortering	a, b, c: A d, e, f: B
Ras	
Vacuümkoeltijd	10 min. tot flash point +18 min.
Begintemperatuur v. produkt	17,6°C
Eindtemperatuur v. produkt	3,4°C
Kwaliteit direct na vacuümkoelen	uitstekend
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	a. 2,5% b. 0,5% d. 2,0% e. 0,9%
Kwaliteit na 1 dag opslag bij 13°C en 94% r.v. vacuümgekoeld	a. 7 b. 9 d. 7 e. 9
niet vacuümgekoeld	c. 8 f. 8
Gewichtsverlies na 1 dag opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 2 dagen opslag bij 13°C en 94% r.v. vacuümgekoeld	a. 8 b. 9 d. 8 e. 8
niet vacuümgekoeld	c. 8 f. 8
Gewichtsverlies na 2 dagen opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 6 dagen opslag bij 13°C en 94% r.v. vacuümgekoeld	a. 3 b. 5 d. 8 e. 8
niet vacuümgekoeld	c. 3 f. 5
Opmerking	a en c sterk beschimmeld en veel rot b en f licht beschimmeld, wat rot
Gewichtsverlies na 6 dagen opslag vacuümgekoeld	a. 6,8% b. 4,7% d. 5,5% e. 4,3%
niet vacuümgekoeld	c, f: niet te bepalen: geen begin- gewicht bekend
Geschikt voor vacuümkoelen	ja
Opmerkingen	geldt voor sorteringen A en B: gro- tere sorteringen zijn niet uitge- probeerd

BOSRADIJS

Aard van de behandeling	geen, gebost aangevoerd
Verpakking	plastic groentekist 50x30x27 cm
Gewicht	8,05 kg
Sortering	Klasse I (gem. diam. 26,7 mm)
Ras	Minitas
Vacuümkoeltijd	10 minuten tot flash point + 14 minuten
Begintemperatuur van produkt	16,7°C
Eindtemperatuur van produkt	1,1°C
Kwaliteit direct na vacuümkoelen	uitstekend
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	3,1%
Kwaliteit na 1 dag opslag wel vacuümgekoeld	knol: 8 blad: 6/7
niet vacuümgekoeld	knol: 8 blad: 5/6
Gewichtsverlies na 1 dag opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 2 dagen opslag wel vacuümgekoeld	knol: 6/7 blad: 4
niet vacuümgekoeld	knol: 5/6 blad: 3
Gewichtsverlies na 2 dagen opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 3 dagen opslag wel vacuümgekoeld	knol: 4 blad: 4
niet vacuümgekoeld	knol: 2 blad: 3
Gewichtsverlies na 3 dagen opslag	niet bepaald
Geschikt voor vacuümkoelen	ja
Opmerkingen	De kwaliteitcijfers zijn niet representatief omdat het celklimaat niet in de hand gehouden kon worden: 15-16°C en 98% r.v. Dit laatste is veel te hoog en beïnvloedt de houdbaarheid nadelig.

VROEGE KOMKOMMER

Aard van de behandeling	a. geen b. bevochtigd met water
Verpakking	plastic groentekist 50x30x27 cm, 2x
Gewicht	a. 2,7 kg b. 2,7 kg (elk 6 stuks, gewicht berekend)
Sortering	40-50 mm
Ras	Uniflora D
Vacuümkoeltijd	10 min. tot flash point + 40 min.
Begintemperatuur van produkt	15,0°C
Eindtemperatuur van produkt	8,7°C
Kwaliteit direct na vacuümkoelen	uitstekend
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	niet bepaald
Kwaliteit na 1 dag opslag wel vacuümgekoeld	6, vorstschade (door te lage druk)
niet vacuümgekoeld	geen controlepartij
Gewichtsverlies na 1 dag opslag	Niet bepaald
Kwaliteit na 2 dagen opslag wel vacuümgekoeld	5, massaal kleine putjes
niet vacuümgekoeld	geen controlepartij
Gewichtsverlies na 2 dagen opslag	niet bepaald
Geschikt voor vacuümkoelen	nee
Opmerking	te langzaam

PREI, NIET GESNEDEN, DROOG

Aard van de behandeling	geen
Verpakking	plastic kist
Gewicht	10 kg
Sortering	diameter gem. 30 mm
Ras	
Vacuümkoeltijd	10 min. tot flash point + 48 minuten
Begintemperatuur van produkt	20,7°C
Eindtemperatuur van produkt	4,4°C
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	niet bepaald
Kwaliteit na opslag	onbekend
Geschikt voor vacuümkoelen	nee
Opmerking	te langzaam

PREI, NIET GESNEDEN, BEVOCHTIGD

Aard van de behandeling	bevochtigd met water, hoeveelheid onbekend
Verpakking	plastic kist
Gewicht	10 kg
Sortering	
Ras	
Vacuümkoeltijd	10 min. tot flash point + 19 minuten
Begintemperatuur van produkt	19,5°C
Eindtemperatuur van produkt	1,8°C
Kwaliteit direct na vacuümkoelen	geen opmerkingen
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	niet bepaald
Kwaliteit na opslag	onbekend
Geschikt voor vacuümkoelen	waarschijnlijk wel
Opmerkingen	proef herhalen met prei van bekende Ø

SPRUITKOOL

Aard van de behandeling	geen
Verpakking	plastic groentekist 50x30x27 cm
Gewicht	8,75 kg
Sortering	klasse I
Ras	
Vacuümkoeltijd	10 minuten tot flash point + 13 minuten
Begintemperatuur van produkt	16,4°C
Eindtemperatuur van produkt	1,5°C
Kwaliteit direct na vacuümkoelen	uitstekend
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	3,4%
Kwaliteit na 1 dag opslag wel vacuümgekoeld	8
niet vacuümgekoeld	6
Gewichtsverlies na 1 dag opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 2 dagen opslag wel vacuümgekoeld	5/6 60% gele spruiten
niet vacuümgekoeld	5 70% gele spruiten
Gewichtsverlies na 2 dagen opslag	niet bepaald
Geschikt voor vacuümkoelen	ja
Opmerking	vochtverlies beperken door vooraf bevochtigen met water zal de houd- baarheid zeker verbeteren

UI, GESCHILD

Aard van de behandeling	geschild geleverd
Verpakking	plastic groentekist 50x30x27 cm
Gewicht	15,1 kg
Sortering	klasse I 45-65 mm
Ras	
Vacuümkoeltijd	10 min. tot flash point + 30 minuten
Begintemperatuur van produkt	14,5
Eindtemperatuur van produkt	2,7
Kwaliteit direct na vacuümkoelen	geen opmerkingen
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	1,7%
Kwaliteit na 1 dag opslag vacuümgekoeld	8
niet vacuümgekoeld	8
Gewichtsverlies na 1 dag opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 2 dagen opslag	
gekookt { vacuümgekoeld	5
{ niet vacuümgekoeld	3
Gewichtsverlies na 2 dagen opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 3 dagen opslag	
Ongekookt { vacuümgekoeld	5
{ niet vacuümgekoeld	4
Gekookt { vacuümgekoeld	4
{ niet vacuümgekoeld	3
Gewichtsverlies na 3 dagen	niet bepaald
Geschikt voor vacuümkoelen	ja
Opmerkingen	- afkoeling duurt vrij lang - luchtkoeling geeft beter houdbaar produkt

WINTERWORTEL, GESNEDEN

Aard van de behandeling	schonen in schrapmachine, wassen, koppen, snijden in snijmachine met 4 mm stiftplaat
Verpakking	plastic groentekist 50x30x27 cm, geperf. bodem
Gewicht	12 kg
Sortering	onbekend
Ras	onbekend
Vacuümkoeltijd	10 minuten tot flash point + 5 min.
Begintemperatuur van produkt	14,1°C
Eindtemperatuur van produkt	-0,2°C
Kwaliteit direct na vacuümkoelen	uitstekend
Gewichtsverlies t.g.v. vacuümkoelen	2,8%
Kwaliteit na 1 dag opslag vacuümgekoeld	8
niet vacuümgekoeld	7
Gewichtsverlies na 1 dag opslag	niet bepaald
Kwaliteit na 2 dagen opslag vacuümgekoeld	1 rot, broei (>30°C)
niet vacuümgekoeld	1 rot, broei (>30°C)
Gewichtsverlies na 2 dagen opslag	niet bepaald
Geschikt voor vacuümkoelen	ja
Opmerkingen	onverpakt opslaan in een kist is geen geschikte bewaarwijze voor dit produkt

Wageningen, 14-12-'78

I.W/MJ