

Reductie inwendige afwijkingen Conference-peren

Technisch rapport:

Non-destructieve detectie van bruin in peren

Januari-september 1996

M.G. Sanders
M.M.M. Tomassen
H.C.P.M. van der Valk

*Onderzoek in opdracht van Ministerie van LNV en Produktschap
voor de Tuinbouw*

2221 403

Niet-destructieve meetmethode

1.0 Inleiding

In het kader van het onderzoek naar de reductie van inwendige afwijkingen tijdens CA-bewaring van Conference-peren wordt onderzoek verricht naar een niet-destructieve detectiemethode voor hol en bruin. Hiertoe wordt in eerste instantie geïnventariseerd wat de mogelijkheden zijn om deze afwijkingen te detecteren met een beschikbare, voor o.a. appels en avocado's ontwikkelde trillingstechniek (Peleg 1994).

Het principe hiervan berust op het meten van specifieke trillingsregimes van in trilling gebrachte objecten. Er is een prototype gebruikt met een aantal specifieke signalen die zijn ontworpen en gecalibreerd om stevigheidsveranderingen in vruchten te beschrijven. Gezien de beperkte mogelijkheden voor de ontwikkeling van detectiemethoden binnen het project is het niet mogelijk gecalibreerde signalen voor holle en/of bruine peren te ontwerpen, maar worden slechts de ter beschikking zijnde signalen getest.

Met deze signalen worden de eventuele mogelijkheden van het gebruik van de trillingstechniek voor het meten van hol en bruin in peer aangegeven.

(1) In eerste instantie wordt onderzocht of bruine en niet bruine peren met de trillingstechniek van elkaar zijn te onderscheiden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van peren die bij het ATO-DLO onder dusdanige condities zijn bewaard, dat peren beschikbaar zijn die het verschijnsel bruin wel en niet vertonen.

(2) Er wordt ook onderzocht of het mogelijk geschikte signaal beïnvloed wordt door het rijpheidsstadium van de peren, m.a.w. of het signaal verloopt tijdens de uitstalfase. Als dit het geval is, is de trillingstechniek in de praktijk moeilijker toe te passen. De peren zouden dan immers slechts op een nauwkeurig vastgesteld moment na de bewaring kunnen worden beoordeeld.

(3) Vervolgens worden bewaarde en beoordeelde peren uit lopende experimenten van het proefstation met de trillingstechniek gemeten om een grote hoeveelheid data te vergaren en de methode op semi-praktijkschaal te testen.

(4) Tevens wordt het effect van hol in peren op de bruindetectie vastgesteld.

De variatie in hol en bruin is door het Proefstation opgewekt door verschil in pluktijdstip, bewaarconditie, herkomst en uitstalduur.

Literatuur: Peleg, K. 1994. A new sensor for non-destructive measurement of fruit firmness. International Agrophysics 8: 431-437.

2. Materiaal en Methoden

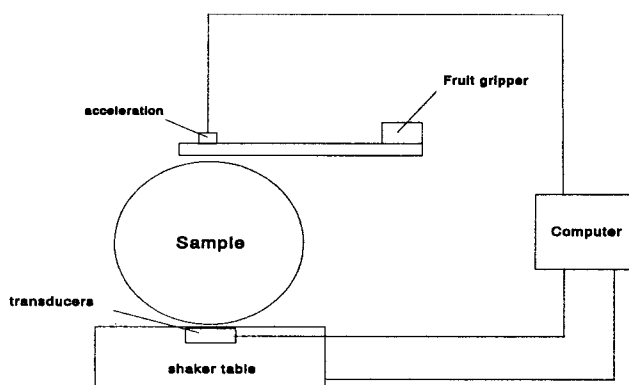
2.1 Inventarisatie van de mogelijkheid om bruinverkleuring in peren niet-destructief te meten.

Materiaal

Peren van het ras Conference werden op drie verschillende pluktijdstoppen; vroeg (1e pluk; 6 september 1995), optimaal (2e pluk; 15 september) en laat (3e pluk; 26 september) bij twee verschillende kwekers (SAS en VELD) geoogst. Peren werden in afgesloten containers op het ATO-DLO bewaard bij $-1,0^{\circ}\text{C}$ (95% RV) onder twee verschillende CA condities ($0,5\% \text{CO}_2 + 2,0\% \text{O}_2$ of $3,0\% \text{CO}_2 + 2,0\% \text{O}_2$). Na 4 maanden bewaring werden de peren uitgesteld bij 15°C (80% RV) en beoordeeld na 0, 3 en 6 uitstaldagen. Peren van herkomst Veld werden alleen direct na de bewaring beoordeeld.

Methoden

Peren werden gedurende 2 uur geacclimatiseerd bij kamertemperatuur ($\pm 20^{\circ}\text{C}$). Van iedere peer werd het gewicht bepaald en de maximale diameter gemeten. Vervolgens werden op elke peer vier posities op gelijke afstand ter hoogte van het klokhuis gemarkeerd. Met de trillingsdetector (Figuur 1.) werden op deze posities met drie verschillende calibratiemethoden (C, E en K) trillingsregimes van de peren gemeten. Per peer werd een gemiddelde van de vier trillingssignalen berekend. Dit gemiddelde signaal werd per groep bruine en gawe peren gemiddeld.



Figuur 1. Schematische weergave van trillingstechniek.

Met de Minolta chromameter werd de a^* -dimensie op één representatieve positie gemeten. Iedere peer werd ondergedompeld om te bepalen of deze bleef drijven. Vervolgens werd op positie 1 van de trillingsmeting de stevigheid met de penetrometer bepaald (kracht in kg/cm^2 bij 0,8 cm indrukking). Daarna werd de peer doorgesneden en inwendig beoordeeld op bruin en hol (5 punts-schaal). Per conditie werden 15 peren gemeten.

2.2 Het verloop van het trillingssignaal gedurende de uitstal

Materiaal

Peren van het ras Conference werden op het optimale pluktijdstip (2e pluk; 15 september 1995) bij "Sas" geoogst. De peren werden in afgesloten containers bewaard bij $-1,0^\circ\text{C}$ (95% RV) onder twee verschillende CA condities ($0,5\% \text{CO}_2 + 2,0\% \text{O}_2$ en $3,0\% \text{CO}_2 + 2,0\% \text{O}_2$). Na 4 maanden bewaring werden deze peren uitgesteld bij 20°C .

Methoden

Peren werden op vier posities op gelijke afstand ter hoogte van het klokhuis gemarkeerd. Met de trillingsdetector werden op deze posities met drie verschillende calibratiemethoden (C, E en K) trillingssignalen gemeten na respectievelijk 0, 1, 2, 5, en 10 uitstaldagen. Per peer werd een gemiddeld trillingssignaal berekend. Na 10 uitstaldagen werden de peren doorgesneden en inwendig beoordeeld op bruin en hol. Per tijdstip werden 10 peren gemeten.

2.3 Testen van detectiemethode op semi-praktijkschaal met peren van het Proefstation Wilhelminadorp (FPO)

Materiaal

Conference peren van drie verschillende herkomsten (telernummers 33, 78 en 139) en vijf verschillende pluktijdstoppen (1e, 2e, 3e, 4e en 5e pluk) werden bij het Proefstation bewaard onder verschillende condities en snelheden waarmee deze condities bereikt worden (Tabel 1.).

Tabel 1. Condities waaronder Conference peren op het FPO gedurende het bewaarperiode 1995/1996 zijn bewaard.

Code conditie	Temperatuur (°C)	O ₂ -concentratie (%)	CO ₂ -concentratie (%)	insteltijd tot bereiken conditie (d)
30	-0,5	21,0	0,0	-
57	-0,5	2,0	1,5	-
58	-0,5	2,0	0,5	-
60	-0,5	2,0	0,5	0
61	-0,5	2,0	0,5	2
63	-0,5	2,0	0,5	10
64	-0,5	2,0	0,5	21
70	-0,5	2,0	3,0	-
124	-0,5	2,0	0,5	slow pull down*

* Bewaring, waarbij 21% O₂ met 1% per dag verlaagd wordt tot uiteindelijk 2%.

Methoden

Peren werden op de vier equatoriale posities gemeten met calibratiesignaal E. Tevens werden van ieder peer het gewicht, de kleur, de stevigheid (indrukking m.b.v. de Instron) en de hol- en bruinindex bepaald. Per conditie werden 25 peren gemeten.

3.0 Resultaten

3.1 Inventarisatie van de mogelijkheden om met de trillingstechniek bruinverkleuring in peren niet-destructief te meten.

Holindex en bruinindex

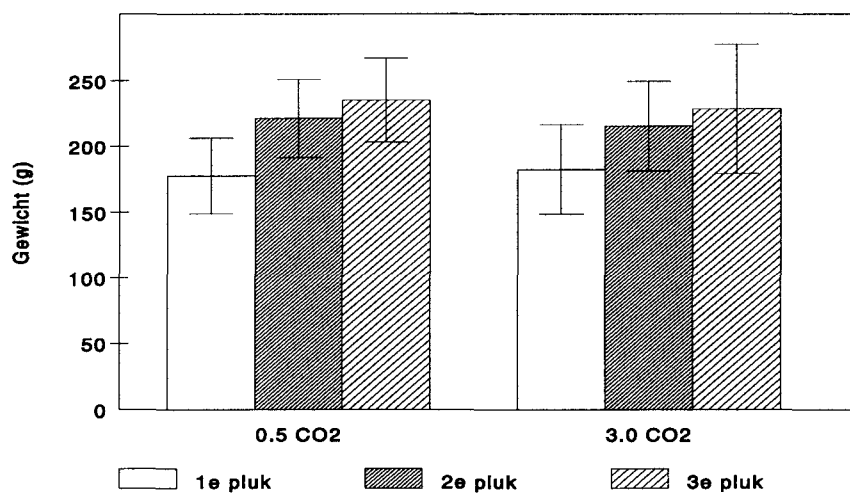
Peren van herkomst Sas zijn gevoeliger voor bruinverkleuring dan de peren van herkomst Veld. De twee herkomsten zijn slechts gebruikt om er zeker van te zijn dat er bruine en niet-bruine peren zouden zijn. Bij de presentatie zijn de peren van de twee herkomsten niet gesplitst. Bruin treedt vooral op bij peren die laat worden geoogst. De vroeggeplukte peren vertonen nauwelijks bruin. Bewaring bij 3,0% CO₂ verhoogt het aantal bruine peren (Tabel 2). Dit vindt plaats bij peren van alle pluktijdstoppen. Het aantal peren met het probleem hol was relatief gering. Zij zijn vooral aangetroffen bij de laat geplukte peren, die zijn bewaard bij 0,5% CO₂-concentratie.

Tabel 2. Aantal bruine- en (holle) peren van verschillende plukken, bewaard bij -1,0°C en 0,5 en 3,0% CO₂ en beoordeeld na 0, 3 en 6 uitstaldagen.

Pluk	0,5% CO ₂			3,0% CO ₂		
	0d	3d	6d	0d	3d	6d
1e	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (2)	1 (1)
2e	1 (2)	1 (5)	2 (3)	6 (2)	5 (3)	4 (2)
3e	9 (5)	11 (6)	11 (8)	15 (0)	14 (1)	14 (1)

Gewicht

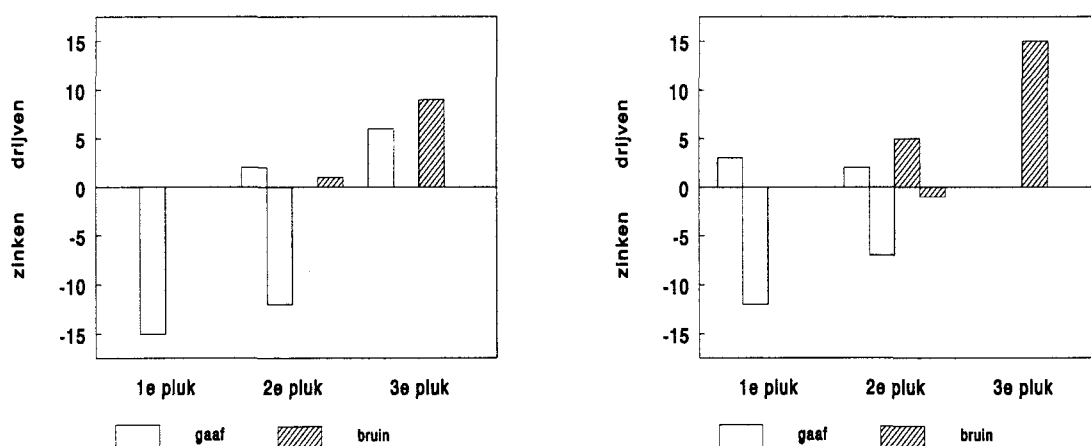
Het gemiddelde gewicht neemt toe wanneer peren later worden geplukt. De verschillende bewaarcondities (0,5% CO₂ en 3,0% CO₂) hebben geen effect op het gewicht (Figuur 2). Het gewicht is niet bruikbaar als maat voor bruinverkleuring van individuele peren. De variatie is hiervoor te groot.



Figuur 2. Het gemiddelde gewicht van peren uit pluk 1, 2 en 3 na 4 maanden bewaring bij -1,0°C en 0,5% CO₂ of 3,0% CO₂.

Drijfvermogen

Bruine peren drijven vrijwel altijd. Van de populatie gave peren zinkt 2/3. Selectie door drijfvermogen leidt ertoe dat 1/3 van de gave peren ten onrechte wordt afgekeurd.

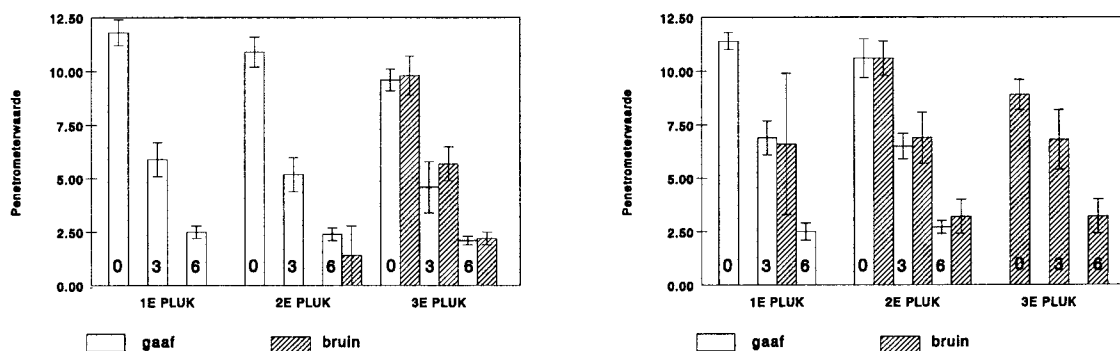


Figuur 3. Het drijfvermogen van gave en bruine peren van diverse pluktijdstippen, bewaard bij -1,0°C en 0,5% CO₂ (links) of 3,0% CO₂ (rechts).

Stevigheid

De gemiddelde penetrometerwaarde neemt af bij latere pluk. Laat-geplukte peren zijn zachter dan vroeg-geplukte (Figuur 4). Tijdens de 6 dagen uitstal neemt de stevigheid sterk af.

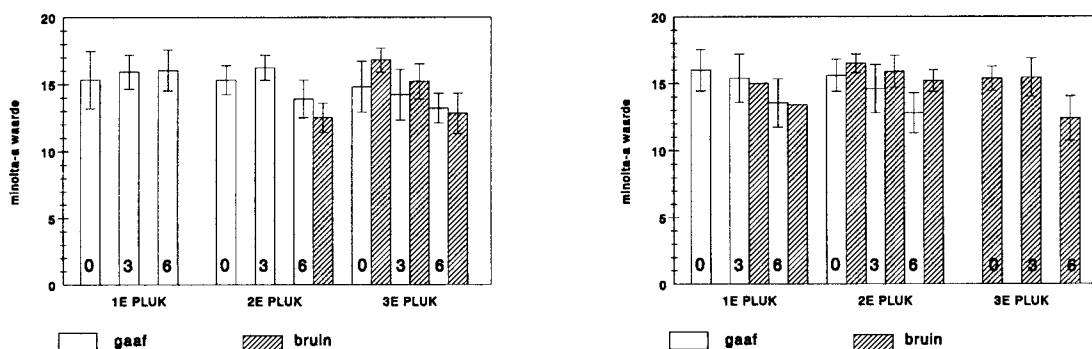
De penetrometerwaarden van bruine en gave peren verschillen niet significant.



Figuur 4. Gemiddelde penetrometerwaarden van peren uit pluk 1, 2 en 3 bewaard bij $-1,0^{\circ}\text{C}$ en $0,5\%$ CO_2 (links) of $3,0\%$ CO_2 (rechts) en uitgestald gedurende 0, 3 en 6 dagen.

Kleur

De waarden van de Minolta a^* -dimensie zijn voor de diverse plukstadia en de bewaarcondities niet significant verschillend. De waarden nemen enigszins af tijdens de uitstaltijd (Figuur 5).



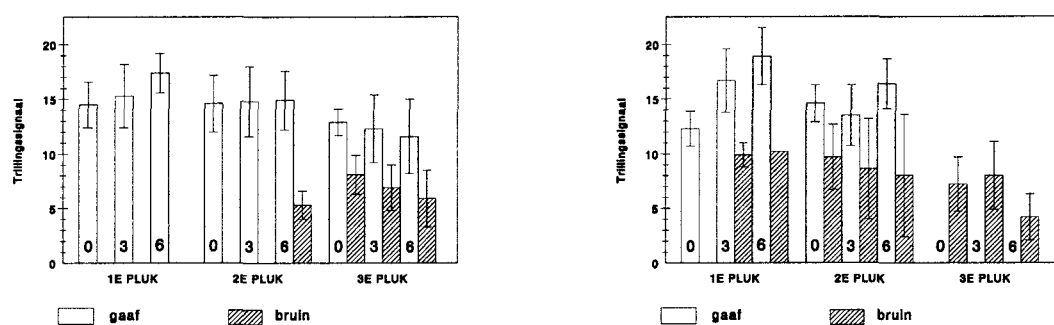
Figuur 5. Gemiddelde Minolta a^* -waarden van peren, bewaard bij $-1,0^{\circ}\text{C}$ en $0,5\%$ CO_2 (links) of $3,0\%$ CO_2 (rechts) en 0, 3 of 6 dagen uitgestald.

Trillingswaarden

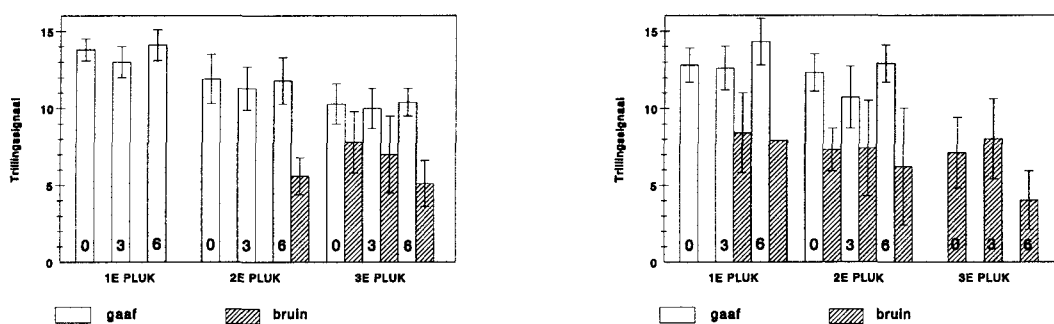
De waarden van de signalen van calibratiemethode C (Figuur 6) vertonen veel overeenkomsten met de waarden van methode E (Figuur 7). De gemiddelde waarden van de methode C zijn hoger, maar de standaardafwijking voor met name de niet-bruine peren is groter. Methode E lijkt voor het detecteren van bruin in peren daarom het meest geschikt en kan de basis zijn voor veredere, peer-specifieke calibraties.

Bruine peren hebben met beide calibratiemethoden een significant lager signaal dan gave peren.

De trillingswaarden nemen af bij latere plukstadia. Met het trillingssignaal kan mogelijk onderscheid worden gemaakt tussen de vroege en late pluk.

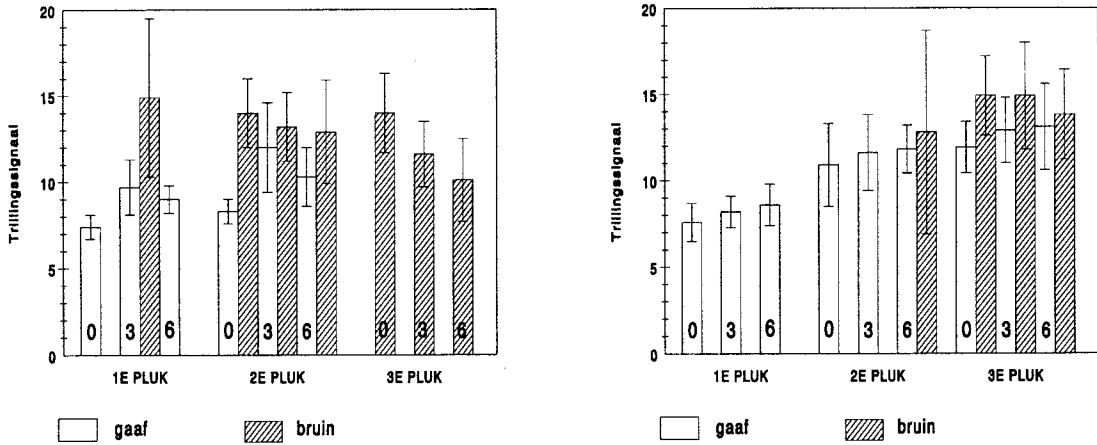


Figuur 6. Calibratiesignaal C van gave en bruine peren, bewaard bij 0,5% CO₂ (links) en 3,0% CO₂ (rechts) en 0, 3 of 6 dagen uitgesteld.



Figuur 7. Calibratiesignaal E van gave en bruine peren, bewaard bij 0,5% CO₂ (links) of 3,0% CO₂ (rechts) en 0, 3 of 6 dagen uitgesteld.

Calibratiesignaal K vertoont juist een hoge waarde voor bruine peren en een relatief lage voor gave peren (Figuur 8). Gave en bruine peren kunnen echter onvoldoende van elkaar worden onderscheiden.



Figuur 8. Calibratiesignaal K van gave en bruine peren, bewaard bij 0,5% CO₂ (links) of 3,0% CO₂ (rechts) en 0, 3 of 6 dagen uitgesteld .

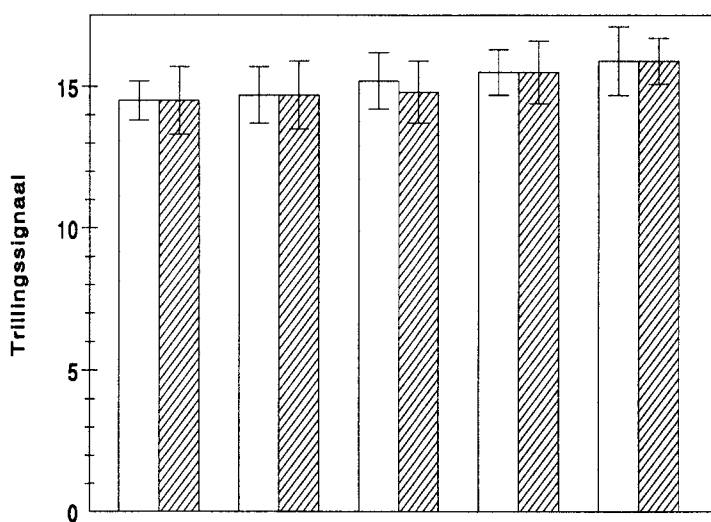
3.2 Trillingssignaal gedurende de uitstal

Trillingswaarden

De trillingswaarden (van calibratiemethoden C en E) van gave peren veranderen niet gedurende de uitstalperiode van 10 dagen (Figuur 9). Er zijn geen verschillen in signaalwaarden tussen de gave peren bewaard onder 0,5 CO₂ en 3,0% CO₂.

Met andere woorden: Het trillingsgedrag van gave peren verandert niet door het narijpen.

De methode kan dus gedurende de uitstalfase worden gebruikt en een eventueel lagere waarde van het signaal wordt niet veroorzaakt door het afrijpen van de peer.



Figuur 9. Het calibratiesignaal E van gave peren van herkomst "SAS", bewaard bij 0,5 (open) en 3% CO₂ (gearceerd) en uitgestald gedurende 10 dagen.

3.3 Testen van detectiemethode met peren van het Proefstation Wilhelminadorp

Van herkomst 33 en 78 zijn niet alle peren gemeten; herkomst 139 is wel compleet.

Holindex en bruinindex

De gemiddelde bruinindex onder de diverse condities zijn weergegeven in Tabel 3. In de eerste en tweede pluk komen nauwelijks bruine peren voor ongeacht de bewaar-methode. Lichte bruinverkleuring treedt op in peren van de 3e en 4e pluk bij alle bewaarmethoden (m.u.v. 21 dagen). De 5e pluk bevat relatief veel bruine peren.

In afwezigheid van CO₂ worden bij alle plukken nauwelijks bruine peren gevonden. Ook de conditie, waarbij de 2% O₂ gedurende 21 dagen is bereikt heeft opvallend weinig bruine peren. Van alle bruine peren (n=229) zijn slechts enkele peren (n=8) niet hol.

Tabel 3. Gemiddelde bruinindex (n=25; 5-puntsschaal) per pluk, bewaard onder 4 CO₂-concentraties (alle 2,0% O₂) en verschillende tijden tot het bereiken van de 2,0% O₂ (bij 0,5% CO₂).

	1e pluk	2e pluk	3e pluk	4e pluk	5e pluk
CO ₂					
0	0	0	0	0	0,2
0,5	0	0	0,1	0,2	1,3
1,5	0,1	0	0,4	0,7	2,0
3,0	0,1	0	0,4	1,3	2,4
dagen					
0	0	0	0,4	0,5	1,5
2	0	0	0	0,3	1,3
10	0	0	0,2	0,4	1,1
21	0	-	0,1	0,1	0,1
slow pull down	0	0	0,3	0,6	0,7

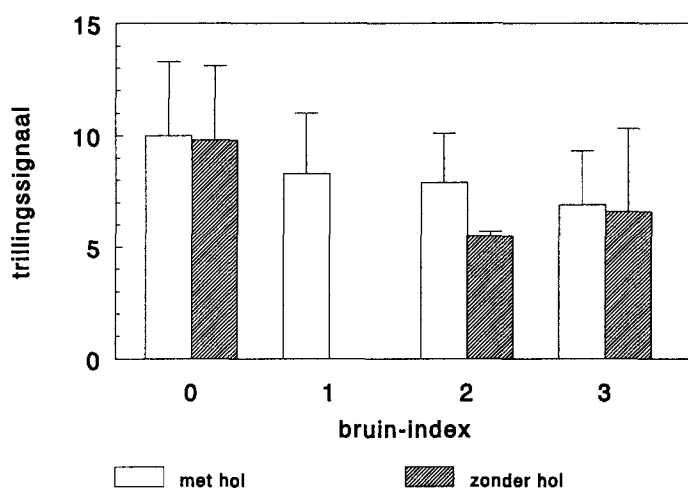
In Tabel 4. is de gemiddelde holindex van de bewaarde peren vermeld. Bij de 1e en 2e pluk komt duidelijk veel minder hol voor dan bij later geplukte peren. Toenemende CO₂ concentraties bij latere pluk leiden tot verhoogde incidentie van hol. Opmerkelijk is het geringe percentage hol in peren die op conditie zijn gebracht in de loop van 21 dagen.

Tabel 4. Gemiddelde hol-index van 25 peren (5-puntsschaal) per pluk, bewaard onder 4 CO₂-concentraties (alle 2,0% O₂) en na verschillende tijden tot het bereiken van de 2,0% O₂ (bij 0,5% CO₂).

	1e pluk	2e pluk	3e pluk	4e pluk	5e pluk
CO ₂					
0	0	0	0	0,1	0,4
0,5	0,2	0,1	0,4	0,8	2,5
1,5	0,4	0	1,3	1,7	2,6
3,0	0,3	0,1	1,4	1,8	1,7
dagen					
0	0	0	1,6	1,0	2,3
2	0	0,1	0,3	0,6	2,2
10	0	0	1,3	1,2	2,2
21	0	-	0,4	0,4	0,9
slow pull down	0	0	1,0	1,1	1,4

Trillingswaarden

In Figuur 10 staan de trillingswaarden (calibratie E) van peren met verschillende bruinindex uitgezet. Gave peren (bruinindex 0) hebben een trillingswaarde van 10 ± 3 . Bruine peren, met index 2 en 3 hebben lagere gemiddelde trillingswaarden (6-7). Holle peren kunnen niet van gave peren worden onderscheiden (Figuur 10 bruinindex 0). Bruine peren kunnen ook niet van bruine/holle peren worden onderscheiden (Figuur 10 bruinindex 3).



Figuur 10. Gemiddeld trillings signaal E van alle peren met verschillende bruinindex en gesplitst in wel of niet hol.

Het gemiddelde trillingssignaal van de gave peren van de gemeten herkomsten (33, 78 en 139) is in vergelijking met het eerste (inventarisatie) experiment laag. De waarden voor de gave peren (bruinindex 0) ligt 3-4 eenheden lager dan in het inventarisatie experiment (zie figuur 7). Hierdoor is het onderscheidend vermogen van de signalen voor gave en bruine peren dus ook lager.

Er zijn geen aanwijzingen dat de waarden van de signalen beïnvloed worden door het al of niet hol zijn van de peren.

In tabel 5 en 6 zijn de gemiddelde trillingssignalen van bruine en niet-bruine/holle peren per conditie weergegeven. Deze trillingswaarden zijn uitgezet tegen de gemiddelde bruinindex per conditie (zie Tabel 3). Dit verband is weergegeven in Figuur 12.

Populaties peren met een hoge gemiddelde bruinindex (vooral de vijfde pluk) vertonen weliswaar consequent lage gemiddelde trillingswaarden, maar de methode is niet geschikt om partijen peren met veel bruin op grond van het gemiddeld trillingssignaal te classificeren.

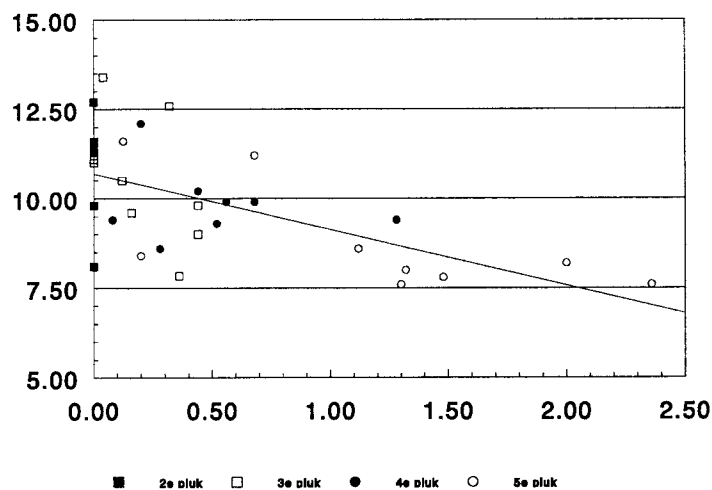
Tabel 5. Het gemiddelde trillingssignaal per pluk (n=25), bewaard bij $-0,5^{\circ}\text{C}$ onder 4 CO_2 -concentraties (alle 2,0% O_2) en na verschillende tijden tot het bereiken van de 2,0% O_2 (bij 0,5% CO_2).

CO_2 (%)	1e pluk	2e pluk	3e pluk	4e pluk	5e pluk
0*	$11,7 \pm 2,6$	$9,8 \pm 3,4$	$11,1 \pm 2,9$	$6,0 \pm 1,4$	$7,9 \pm 1,9$
0,5	$5,3 \pm 2,1$	$11,3 \pm 2,1$	$13,4 \pm 2,2$	$12,1 \pm 2,2$	$7,7 \pm 2,6$
1,5	$7,6 \pm 3,2$	$11,5 \pm 2,0$	$9,0 \pm 2,7$	$9,9 \pm 2,2$	$8,2 \pm 2,9$
3,0	$7,6 \pm 2,2$	$9,7 \pm 2,4$	$7,8 \pm 2,6$	$9,3 \pm 2,7$	$7,8 \pm 3,0$

* 0% CO_2 en 21% O_2

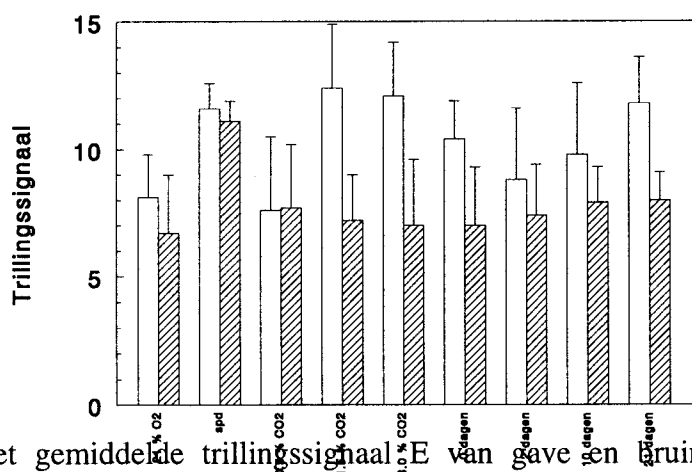
Tabel 6. Het gemiddelde trillingssignaal per pluk, bewaard bij $-0,5^{\circ}\text{C}$ en na verschillende tijden tot het bereiken van de 2,0% O_2 (bij 0,5% CO_2).

dagen	1e pluk	2e pluk	3e pluk	4e pluk	5e pluk
0	$7,9 \pm 3,2$	$8,1 \pm 2,5$	$9,8 \pm 3,2$	$9,3 \pm 3,0$	$7,8 \pm 2,6$
2	$12,0 \pm 2,7$	$6,0 \pm 2,0$	$11,0 \pm 1,7$	$8,6 \pm 2,9$	$8,1 \pm 2,3$
10	$7,0 \pm 2,7$	$12,7 \pm 2,1$	$9,6 \pm 2,7$	$10,2 \pm 2,8$	$8,6 \pm 2,2$
21	$10,3 \pm 4,0$	-	$10,5 \pm 2,6$	$9,4 \pm 2,4$	$11,6 \pm 1,9$
slow pull down	$11,5 \pm 2,4$	$11,6 \pm 3,1$	$12,5 \pm 3,2$	$10,2 \pm 3,1$	$11,2 \pm 1,1$



Figuur 12. Gemiddeld trillingssignaal E van partijen peren (diverse pluktijdstippen en bewaarcondities) uitgezet tegen de gemiddelde bruinindex van de partij.

In Figuur 13 zijn de trillingssignalen van alle gave en bruine peren van de vijfde pluk weergegeven. Hieruit blijkt dat gave en bruine peren op individuele basis redelijk van elkaar zijn te onderscheiden.



Figuur 13 Het gemiddelde trillingssignaal E van gave en bruine peren van de 5e pluk, bewaard onder diverse condities.

4.0 Conclusies

Het gewicht, de kleur en de stevigheid van de peer is geen maat voor de inwendige bruinverkleuring. Bruine peren drijven vrijwel altijd. Echter, ook ongeveer 30% van de niet-bruine peren drijft. Dit leidt tot een onacceptabel grote onterechte deklassering indien het drijven van de peer als maat voor inwendig bruin wordt gehanteerd.

Met de trillingstechniek is in principe onderscheid te maken tussen individuele gave en bruine peren. De betrouwbaarheid en gevoeligheid dienen te worden opgevoerd.

Hoewel de techniek niet-invasief is en voor andere vruchten niet-destructief is gebleken, dient dit laatste nog voor peer te worden aangetoond.

Er zijn geen aanwijzingen dat hol in peren de bruin-detecterende signalen beïnvloedt. De voor bruindetectie gebruikte signalen zijn niet geschikt om hol in peren te detecteren. Voor hol-detectie zal een specifieke calibratie dienen plaats te vinden.

Er is een redelijk geschikt calibratiesignaal voorhanden dat voor peren van de vroege en late pluk significant verschillende waarden vertoont. De waarde van dit signaal wordt bovendien niet beïnvloed door het rijpen van de peer tijdens de uitstalfase. De methode kan dus gedurende de uitstalfase worden toegepast en verandering in de hoogte van de waarden wordt niet veroorzaakt door het rijpheidsstadium van de peer.

De hoogte van de waarden van het trillingssignaal bleken bij peren van verschillende herkomst en gemeten op verschillende tijden tijdens de bewaring te verschillen. De reden hiervan dient nader onderzocht te worden. Het is mogelijk dat langdurig bewaarde peren een ander calibratie-signaal behoeven als relatief kort bewaarde peren.

Perspectief:

De trillingstechniek is in principe geschikt om bruine peren van gave peren te onderscheiden. Voor het verhogen van de gevoeligheid en de betrouwbaarheid kan een - inwendig bruin - specifiek signaal worden gecalibreerd.

Voor het detecteren van hol in peren dient een hol - specifiek signaal te worden ontworpen. De aanwezige set signalen is niet geschikt.

De trillingstechniek kan worden geleverd in een draagbare vorm.

De trillingstechniek is in te bouwen in sorteermachines en kan opereren met een snelheid van tientallen peren per minuut per sensor.