

A
6
V
42

Proefstation Bloemisterij en Glasgroenten

De bruikbaarheid van de PFT bij het voorspellen van schade door handling bij ronde tomaat

W. Verkerke (PBG Naaldwijk) & B. Nieuwenhuize (stagiaire AHS Delft)



Intern verslag PBG Naaldwijk nr 13

augustus 1995

2243502

Inhoud

| | |
|---|----|
| 1. Inleiding | 3 |
| 2. Materiaal en Methoden | 3 |
| 3. Resultaten en Discussie | 5 |
| 3.1 PFT in het laboratorium | 5 |
| 3.1.1 Oriënterende metingen | 5 |
| 3.1.2 Het effect van de tijdsduur tussen oogst en handling | 9 |
| 3.1.3 Het effect van de tijdsduur tussen handling en meting | 10 |
| 3.1.4 Het effect van additieve handling | 12 |
| 3.1.5 Het effect van valhoogte | 13 |
| 3.1.6 Het effect van transport | 15 |
| 3.2 PFT in de praktijk | 16 |
| 3.2.1 Rasverschillen | 16 |
| 3.2.2 Herkomstverschillen | 17 |
| 3.2.3 Kwantificeren van handling in de keten | 19 |
| 3.3 PFT en de gevolgen van handling | 20 |
| 3.3.1 Voorspellen van meligheid | 20 |
| 3.3.2 Voorspellen van houdbaarheid | 23 |
| 3.3.2.1 Valhoogte | 23 |
| 3.3.2.2 Rassen | 25 |
| 3.3.2.3 Houdbaarheid en PFT waarde per individuele vrucht | 26 |
| 4. Conclusies en aanbevelingen | 27 |
| 5. Dankwoord | 28 |
| 6. Literatuur | 28 |
| 7. Bijlage | 29 |

1. Inleiding

In 1994 zijn enkele apparaten getest op geschiktheid voor de meting van stevigheid bij tomaat, waaronder de Peleg Firmness Tester (Verkerke *et al.*, 1994). Hieruit bleek dat de PFT minder presteerde dan de andere meters (Schotanus, 1994). Het vermoeden bestaat echter dat dit apparaat wel gebruikt kan worden om de effecten van handling op houdbaarheid en meligheid te voorspellen (Schols & Verkerke, 1994). Het doel van het hieronder beschreven onderzoek is na te gaan of de PFT kan worden gebruikt bij het kwantificeren van handlingschade en het voorspellen van de gevolgen van die handling op houdbaarheid (Janse, 1993; Van der Lans & Janse, 1993) of meligheid (Janse *et al.*, 1994). Er is allereerst onderzocht of de PFT in staat is te meten of vruchten handling-simulatie hebben ondergaan. Er is ook een begin gemaakt met metingen aan vruchten in de keten van plant tot veiling. Er zijn tenslotte enkele gegevens verzameld over de relatie tussen de gemeten PFT waarden en de houdbaarheid en meligheid van vruchten.

2. Materiaal en Methodes

Apparatuur - De Peleg Firmness Tester (PFT) is ontwikkeld om stevigheid te meten bij vruchten (Peleg, 1994). De PFT meting wordt uitgevoerd door de vrucht tussen een trilling genererende oscillator en een trillingsopnemer te plaatsen. Door de trilling van de oscillator beweegt de vrucht versneld heen en weer. De input is een speciaal voor tomaat geoptimaliseerd frequentieprofiel; de output bestaat uit het frequentieprofiel dat door de vrucht wordt doorgegeven. De mate waarin de trilling door de vrucht wordt gedempt is een maat voor de stevigheid van de vrucht. Een zachte vrucht zal een kleiner deel van de input doorlaten dan harde vruchten, waardoor de PFT-waarde voor zachte vruchten lager is dan voor harde vruchten (Peleg, 1994). De PFT-waarde is dimensieloos; hij wordt berekend uit de verhouding tussen input en output en uitgedrukt op een schaal van 0 voor zachte tomaten tot ongeveer 15 voor harde tomaten met een afleesnauwkeurigheid van 0.1. Er worden steeds vier metingen per vrucht uitgevoerd waarna het gemiddelde per vrucht automatisch wordt berekend. De PFT is verbonden met een PC; de data worden opgeslagen in ASCII files die met Lotus kunnen worden ingelezen; zie voor meer details Schotanus (1994). De resultaten zijn statistisch verwerkt via ANOVA met Genstat. De grafieken werden gemaakt met behulp van Cricket Graph en Lotus.

Meetsignalen - Er zijn twee signalen beschikbaar: Tomato PTG 1 may 94 (signaal 1) en Tomato PTG 2 july 94 (signaal 2). Het eerste signaal is op het PTG aangemaakt door K. Bukman (firma Aweta) door te calibreren met keiharde grasgroene en heel zachte rode vruchten. Het tweede signaal is aangemaakt door K. Peleg tijdens zijn bezoek aan het PTG, speciaal om in het zachte gebied gevoeliger te kunnen meten. Het onderzoek van Schotanus (1994) en de oriënterende metingen naar de effecten van handling (Schols & Verkerke, 1994) zijn uitgevoerd met het eerste signaal. Er is eerst onderzocht welk van de twee signalen het meest bruikbaar is. De verschillen tussen de twee signalen bleken echter minimaal. Uiteindelijk is in dit onderzoek gebruik gemaakt van signaal 2.

Handlingsimulatie - Tijdens het oogsten, vervoeren, sorteren en verpakken botst de vrucht verschillende keren waardoor er inwendig kleine scheurtjes of lichte kneuzingen kunnen ontstaan, terwijl de vrucht aan de buitenkant volkomen gaaf toont en er met de stevigheidsmeter (Instron druk-trekbank) geen achteruitgang in stevigheid kan worden gemeten (Schols & Verkerke, 1994). Door deze handling kan er schade ontstaan aan

het produkt. Handling is nooit geheel te voorkomen, maar kan wel zoveel mogelijk worden beperkt door de vruchten zo voorzichtig mogelijk te behandelen. Bij de hieronder beschreven proeven werden vruchten die met zo min mogelijk handling zijn geoogst vergeleken met vruchten die gesimuleerde handling hebben ondergaan. Hiervoor werden alle vruchten "zonder handling" geoogst en gemeten met de PFT. Daarna ondergingen ze wel of geen gesimuleerde handling en werden ze vervolgens een tweede keer met de PFT gemeten. De gesimuleerde handling bestond uit het laten vallen van de vruchten door de PTG handlingsimulator. De vruchten vallen hierin ongeveer 80 cm op een met zacht materiaal beklede klep, waarna ze via een gotenstelsel telkens een verdieping lager vallen en uiteindelijk in een op de grond geplaatste oogst kist rollen. De behandeling met deze simulator leidt ongeveer tot net zoveel oogst- en sorteerschade als in de praktijk (Janse & Van Winden, 1991). Naast het effect van handlingsimulatie is het effect van valhoogte en transport in aparte proeven onderzocht.

Herkomsten - De meeste vruchten werden betrokken van het PTG. Voor het onderzoek naar herkomst-effecten is materiaal van verschillende tuinders verkregen op de groenteveiling Westland, afdeling De Lier.

Houdbaarheid - De vruchten werden bewaard bij 18° C en 80% RV en drie keer per week beoordeeld op stevigheid. Als een vrucht te zacht was werd hij uit de partij verwijderd en werd de datum genoteerd. Door bij de verschillende partijen per individuele vrucht en per partij de daguit te relateren aan de onmiddellijk na de oogst gemeten PFT waarde is nagegaan of met de PFT de houdbaarheid kon worden voorspeld.

Meligheid - De vruchten werden aangeboden aan een getraind sensorisch panel (PGB expert panel) die verschillende sensorische aspecten hebben beoordeeld.

3. Resultaten en Discussie

3.1. PFT in het laboratorium

3.1.1 Oriënterende metingen (Tabel 1-5, Figuur 1-2)

Om na te gaan met welk signaal de metingen het best konden worden uitgevoerd en te controleren of de eerder verkregen resultaten op grotere schaal konden worden gereproduceerd zijn eerst enkele oriënterende metingen uitgevoerd. Bij de keuze van het meetsignaal is onderzocht of de resultaten voor en na handling verschilden in absolute afname Δ (het verschil tussen de waarde voor handling en de waarde na handling), in de signaal/ruis verhouding SRV (verschil voor en na met handling / verschil "voor" en "na", zonder handling) en het schaalbereik S (waarde voor handling / waarde na handling).

Algemene gegevens

| | |
|------------------------|---|
| ras | Capita |
| herkomst | PBG kas 103-15 |
| oogst | 18 en 21 april (beide kleurstadium 5/6) |
| meting | 21 april 1995, 12.00 |
| kleur bij meting | 7/8 en 5/6 (licht rood en oranje) |
| monstergrootte | 30 |
| totaal aantal vruchten | 2 signalen x 2 kleuren x 2 behandelingen x 30 = 240 |
| behandelingen | met of zonder val door handlingsimulator |

Resultaten

Tabel 1. Het effect van het type PFT signaal op de metingen bij twee kleurstadia (rood en oranje) voor en na handling.

| | signaal 1 | | | | signaal 2 | | | |
|---------------|-----------|-----|--------|------|-----------|------|--------|------|
| | rood | | oranje | | rood | | oranje | |
| | voor | na | voor | na | voor | na | voor | na |
| handling | 10.1 | 4.4 | 11.0 | 6.6 | 11.9 | 5.4 | 13.1 | 8.5 |
| geen handling | 10.2 | 9.7 | 10.4 | 10.3 | 12.5 | 12.2 | 13.1 | 13.0 |

PFT en handling bij tomaat - 6 -

Tabel 2. Absolute verschillen Δ , Signaal-ruisverhouding SRV en het schaalbereik S van de meetresultaten door de twee signalen bij twee kleuren met handling.

| | rood | | | oranje | | |
|-----------|----------|------|------|----------|------|------|
| | Δ | SRV | S | Δ | SRV | S |
| signaal 1 | 5.7 | 11.4 | 2.30 | 4.4 | 44.0 | 1.67 |
| signaal 2 | 6.5 | 21.6 | 2.20 | 4.6 | 46.0 | 1.54 |

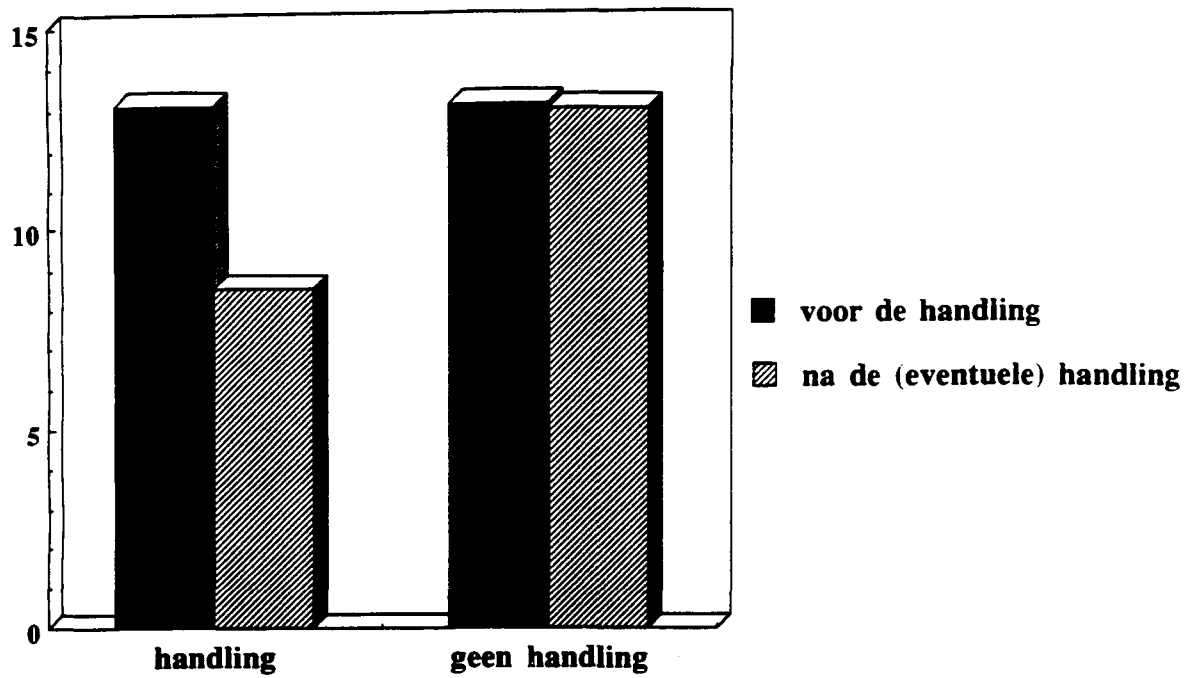
Tabel 3. Absolute afname tussen twee PFT metingen (signaal 2, oranje).

| | hok | schot | hok | schot | gem |
|---------------|-----|-------|------|-------|-----|
| geen handling | 0.3 | 0.1 | -0.2 | 0.0 | 0.1 |
| handling | 5.3 | 4.5 | 4.8 | 3.9 | 4.6 |
| p | *** | *** | *** | *** | *** |
| LSD 5% | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.4 |

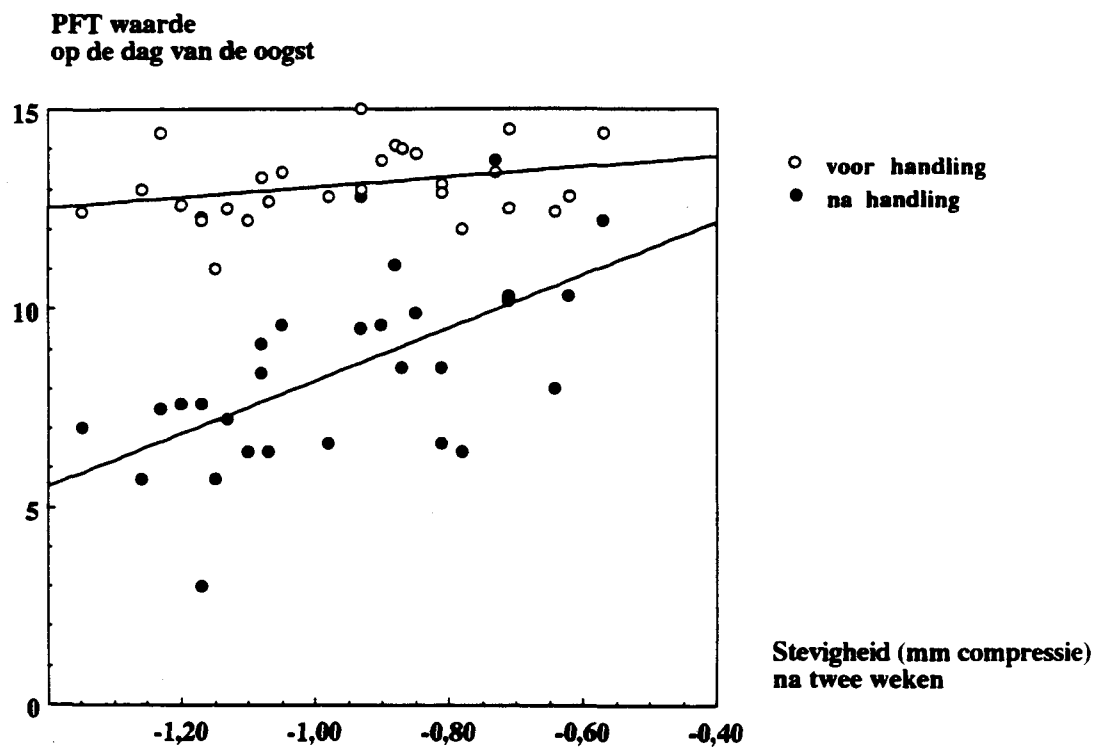
Tabel 4. Verschil tussen de kleuren, met handling (signaal 2)

| | hok | schot | hok | schot | gem |
|------------------|-----|-------|-----|-------|-----|
| oranje | 5.3 | 4.5 | 4.8 | 3.9 | 4.6 |
| rood | 5.4 | 8.2 | 5.5 | 6.9 | 6.5 |
| p | NS | *** | * | *** | *** |
| LSD 5% | | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.4 |
| Handling * kleur | NS | *** | NS | *** | *** |

PFT waarde



Figuur 1. Het effect van handling op de gemeten PFT waarde.



Figuur 2. PFT waarde op de dag van de oogst en stevigheid na twee weken (data individuele vruchten)

Tabel 5. Stevigheid op dag 21 (compressie tot 3 N met de Instron druk-trekbank) en beoordeling van het aantal te zachte vruchten, met daaraan gekoppeld de bijbehorende PFT waarden op $t = 0$ gemeten.

| | alle vruchten | | te zacht | | nog stevig | | % te zacht |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------|
| | PFT ₀ | INS ₂₁ | PFT ₀ | INS ₂₁ | PFT ₀ | INS ₂₁ | |
| handling | 8.7 | 0.96 | 8.7 | 1.04 | 8.5 | 0.90 | 13% |
| geen handling | 13.0 | 0.90 | 13.0 | 0.91 | 13.0 | 0.90 | 3% |

Discussie

De verschillen tussen handling en geen handling zijn met alle twee de signalen duidelijk meetbaar (Tabel 1, Figuur 1) en zijn van dezelfde grootte als die van Schols & Verkerke (1994). Signaal 2 geeft iets grotere absolute verschillen te zien, en heeft een iets gunstiger signaal-ruis verhouding, maar de dynamic range is bij signaal 1 iets groter (Tabel 2). De verschillen tussen de signalen zijn dermate klein dat het eigenlijk niet uit maakt welk signaal gebruikt wordt. Er is uiteindelijk gekozen voor signaal 2. De afname in PFT waarde is bij handling duidelijk groter dan zonder handling (Tabel 3). Bij handling van rode vruchten is de afname in PFT waarde op het schot groter dan op het hok (Tabel 4). Zolang er oranje vruchten worden gemeten maakt de plaats van de meting dus niet veel uit; bij rode vruchten wordt de positionering belangrijk. De verklaring voor deze verschillen is niet direkt duidelijk. Wellicht worden de PFT trillingen beter doorgegeven als het schot zich precies in een lijn tussen de trilling generator en de opnemer is geplaatst en is de meting daarom gevoeliger.

Na de handling is er een zwak verband tussen de met de Instron gemeten stevigheid na bewaring en de PFT waarde op de dag van de oogst (Figuur 2). De correlatie is echter laag (0.36).

Conclusie

De verschillen in handling zijn met de PFT duidelijk meetbaar, terwijl de partijen visueel niet van elkaar verschillen. Signaal 2 wordt in het onderzoek voortaan gebruikt. Er lijkt veel variatie op te treden in de gemeten stevigheid na twee weken bewaring. Voor het zoeken naar verbanden tussen de gemeten PFT waarde en de houdbaarheid lijkt het daarom beter om vooralsnog de houdbaarheid per afzonderlijke vrucht te bepalen.

3.1.2 Het effect van de tijdsduur tussen oogst en handling (Tabel 6, 7)

Deze proef is uitgevoerd om in kaart te brengen hoe snel de metingen moeten worden uitgevoerd. Er is in deze proef nog gebruik gemaakt van beide signalen, omdat toen nog niet bekend was welk signaal het meest geschikt was.

Algemene gegevens

| | |
|------------------------|--|
| ras | Capita |
| herkomst | PBG kas 103-15 |
| oogst en meting | 24 april 1995 (kleurstadium 5/6) |
| monstergrootte | 30 |
| totaal aantal vruchten | 2 (signaal) x 3 (tijdstip) x 30 = 180 |
| behandelingen | handlingsimulatie op t = 2, 5 of 8 uur na de oogst; de PFT metingen werden steeds onmiddellijk voor of na de simulatie uitgevoerd. |

Tabel 6. Het effect van tijdstip van handling op de PFT waarde bij twee signalen.

| | t = 2 | | t = 5 | | t = 8 | |
|-----------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | voor | na | voor | na | voor | na |
| signaal 1 | 11.0 | 6.9 | 10.3 | 6.2 | 10.6 | 6.6 |
| signaal 2 | 12.9 | 8.4 | 13.1 | 8.4 | 13.1 | 8.1 |

Tabel 7. Absolute verschillen Δ , en schaalbereik S op drie tijdstippen met handling.

| | t = 2 | | t = 5 | | t = 8 | |
|-----------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | Δ | S | Δ | S | Δ | S |
| signaal 1 | 4.1 | 1.59 | 4.1 | 1.66 | 4.0 | 1.61 |
| signaal 2 | 4.5 | 1.53 | 4.7 | 1.56 | 5.0 | 1.62 |

Discussie - De effecten van de handlingsimulatie zijn veel groter dan die van de tijdsperiode tussen oogst en handling. Toch lijkt het het beste om de metingen gelijk na de oogst uit te voeren. De absolute afname Δ is iets groter bij signaal 2. De verschillen in Δ en S tussen de twee signalen en tussen de drie tijdstippen zijn gering.

3.1.3 Het effect van de tijdsduur tussen handling en meting (Tabel 8, Figuur 3)

In deze proef is nagegaan of de periode tussen de handling en de PFT meting een rol speelt bij de PFT waarde. Tevens is nagegaan of herhaaldelijk meten de uitslag beïnvloedt.

Algemene gegevens

| | |
|------------------------|--|
| ras | Capita |
| herkomst | PBG kas 103-15 |
| oogst en meting | 26 april (kleurstadium 5/6) |
| monstergrootte | 30 |
| totaal aantal vruchten | 4 behandelingen x 30 = 120 |
| behandelingen | handlingsimulatie om 10.30; eerste meting onmiddellijk voor de simulatie; tweede meting op 1, 2, 3, 5 en 25 uur later. Om de effecten de afzonderlijke metingen na te gaan zijn de vruchten verdeeld in vier partijen (a,b,c,d) die elk respectievelijk 6, 5, 4 en 3 keer zijn gemeten. |

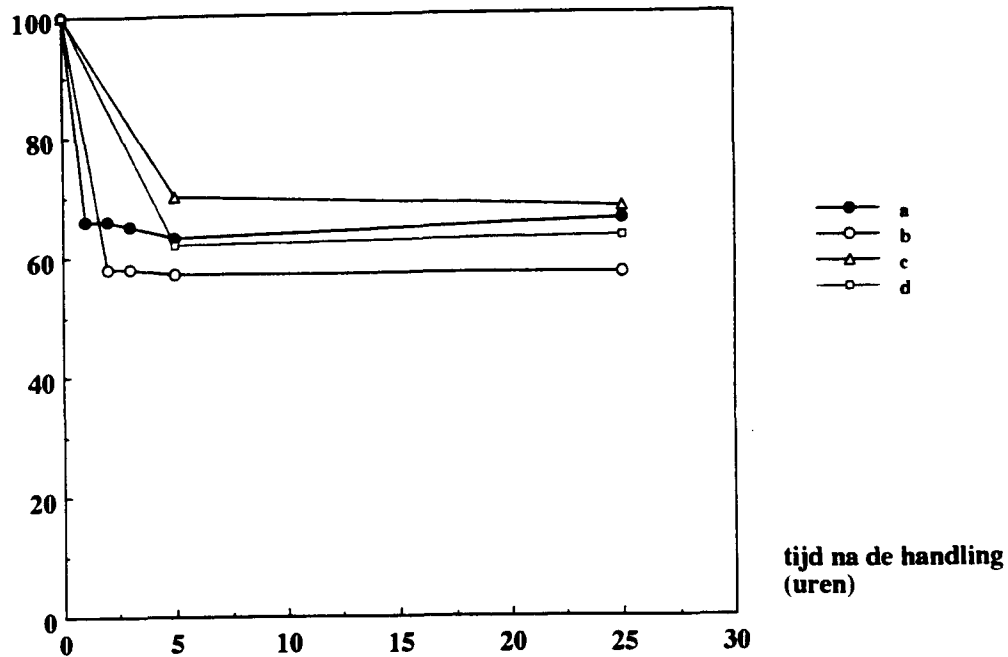
Opmerking - door een stroomstoring is 1 meetpunt verloren gegaan.

Resultaten

Tabel 8. Het effect van de tijdsduur tussen handling en meting en het effect van herhaaldelijk meten op de vrucht.

| | PFT waarde | | | |
|---------------|------------|------|------|------|
| | a | b | c | d |
| voor handling | 13.3 | 12.1 | 12.6 | 12.8 |
| handling | | | | |
| na 1 uur | 8.8 | - | - | - |
| na 2 uur | 8.8 | 7.0 | - | - |
| na 3 uur | 8.7 | 7.0 | * | - |
| na 5 uur | 8.5 | 6.9 | 8.8 | 7.9 |
| na 25 uur | 8.6 | 6.9 | 8.6 | 8.1 |

Relatieve achteruitgang in PFT waarde



Figuur 3. De relatieve achteruitgang van de PFT waarde na de handling bij vier partijen die een verschillend aantal keren gemeten is.

Discussie - Figuur 3 laat zien dat de vruchten na de handling op een plateauwaarde uitkomen die uiteenloopt tussen 57 en 70% van de beginwaarde. Tussen de partijen a, b, c en d bestaan verschillen in de hoogte van het plateau. Dit is waarschijnlijk het gevolg van verschillen tussen de partijen of verschillen in de intensiteit van de handling. Er treedt echter geen afname in de PFT waarde na de handling op. Ook het aantal metingen dat op de vruchten wordt uitgevoerd (uiteenlopend van 3 tot 6) heeft geen invloed op de hoogte van het plateau.

Conclusie - De meting na de handling kan gedurende de hele dag worden uitgevoerd. Tot zes keer meten met de PFT heeft geen verlaging van de PFT waarde tot gevolg.

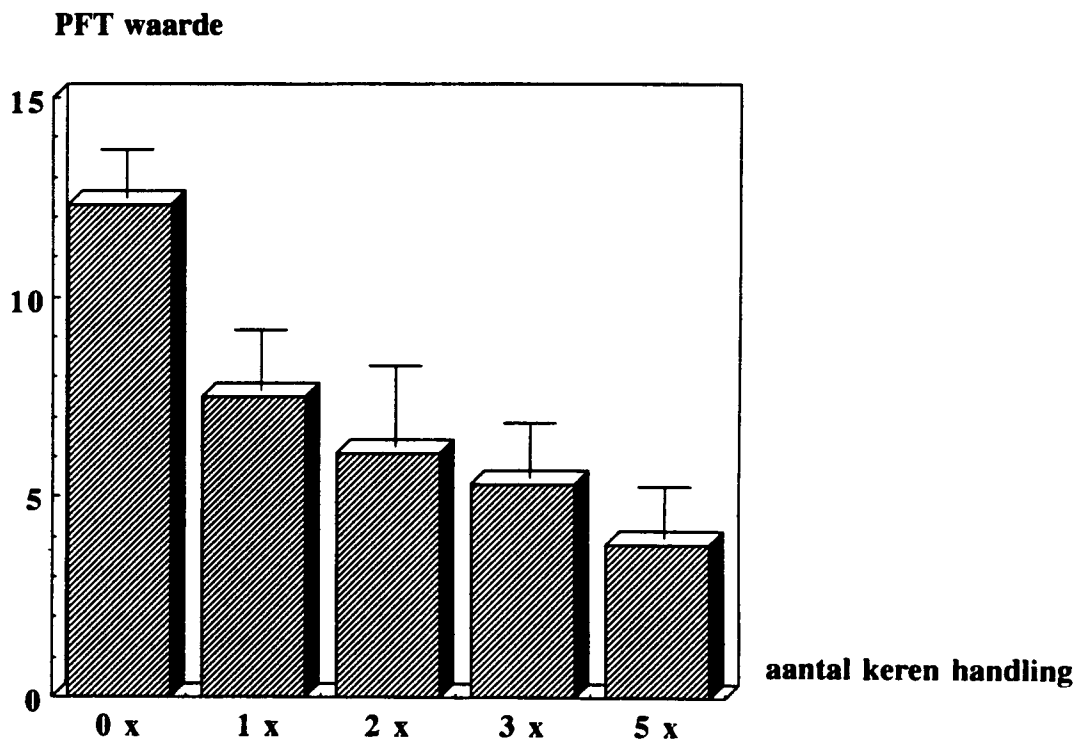
3.1.4 Het effect van additieve handling (Figuur 4)

Als controle op is onderzocht of er een verband bestaat tussen de hoeveelheid handling en de mate waarin de PFT waarde afneemt. Hiervoor werden de vruchten een of meerdere malen door de handlingsimulator gevoerd.

Algemene gegevens

| | |
|------------------------|--|
| ras | Capita |
| herkomst | PBG kas 103-15 |
| oogst en meting | 3 mei 1995 (kleurstadium 5/6), 8.30 |
| monster grootte | 30 |
| totaal aantal vruchten | 4 behandelingen x 30 = 120 |
| behandelingen | 0, 1, 2, 3 of 5 x door handlingsimulator; alleen de eerste partij is voor handling gemeten |

Resultaten



Figuur 4. Het effect van additieve handling op de PFT waarde.

Conclusie - Hoe meer handling, des te lager het PFT-sigitaal.

3.1.5 Het effect van de valhoogte (Figuur 5 - 6, Tabel 9)

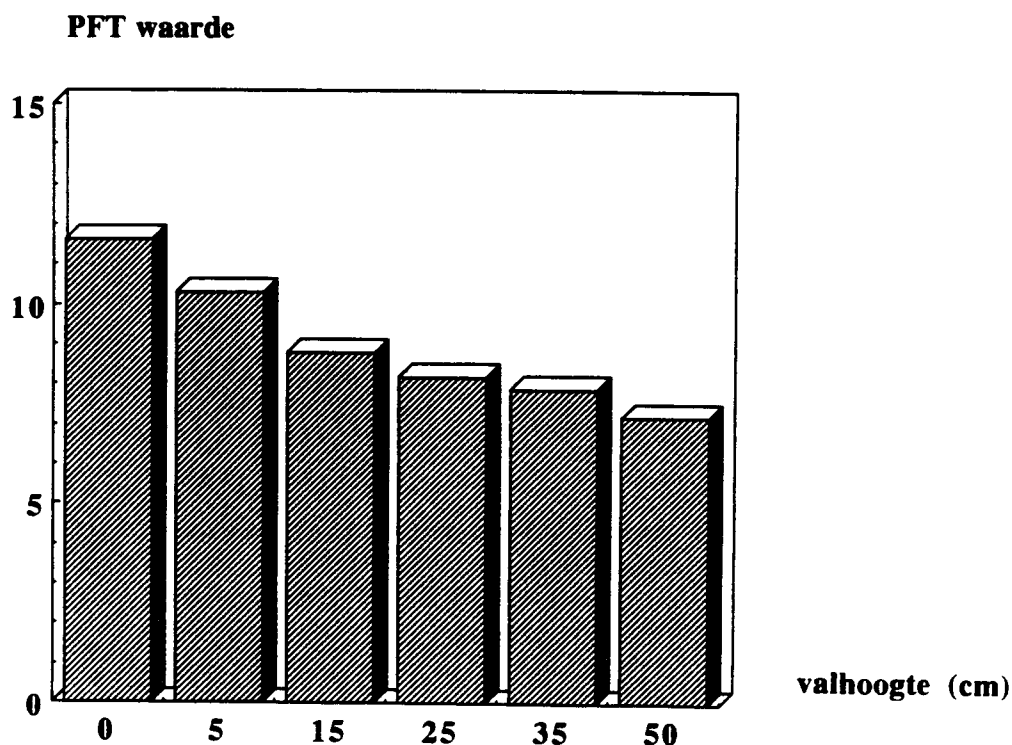
In de voorgaande proeven is de handling toegediend door de vruchten door de valsimulator te voeren. In deze proef is enkel het effect van verschillende valhoogtes onderzocht. De eerste twee van de totaal vier proeven waren oriënterend. Toen duidelijk was dat er een duidelijk verband tussen valhoogte en afname in PFT signaal bestond, is de proef met een grotere monsternamen en voldoende homogeen materiaal herhaald (inzet 12 juni). De relatie tussen valhoogte en houdbaarheid wordt behandeld in paragraaf 3.3.2.

Algemene gegevens

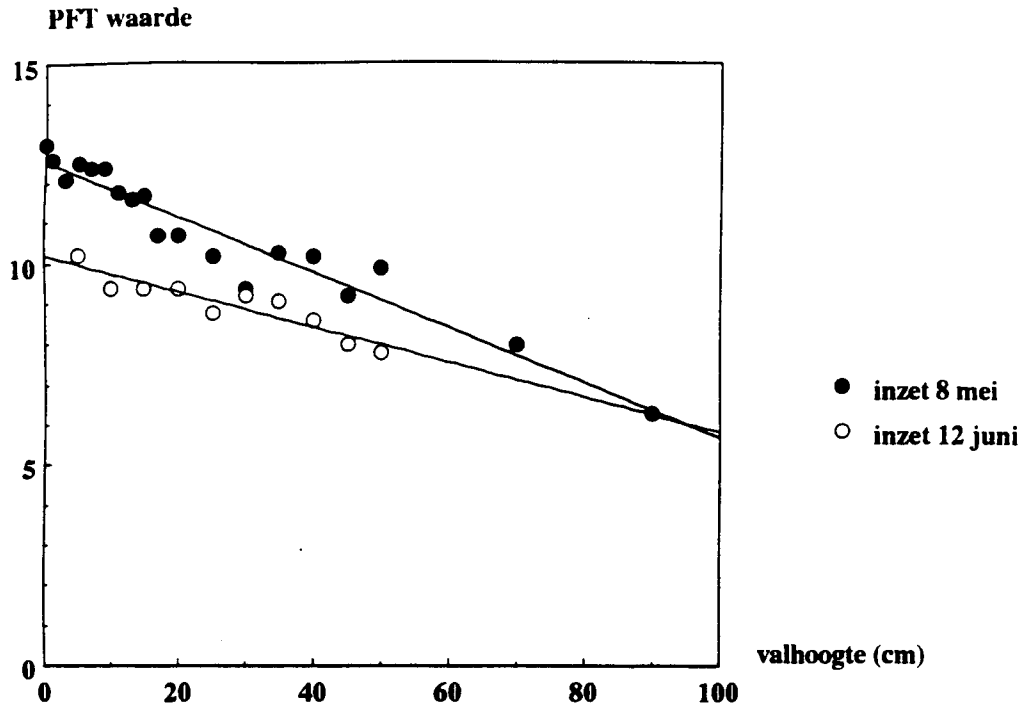
| | |
|------------------------|--|
| ras | Capita |
| herkomst | PBG kas 103-15 |
| kleurstadium | 5/6 |
| oogst en meting | 3 en 8 mei, 9 en 12 juni 1995 (kleurstadium 5/6) |
| monstergrootte | 20, 10 en 30 vruchten per valhoogte |
| totaal aantal vruchten | 100, 190, 300 en 450 |
| behandelingen | val op het hok van verschillende hoogtes |

De inzet van 3 mei was oriënterend. De inzet van 9 juni is gebruikt om de relatie tussen de stevigheid en de PFT waarde vast te stellen (zie paragraaf 3.3.2); van de inzetten op 8 mei en 12 juni is het effect van de valhoogte op de PFT waarde en de houdbaarheid nagegaan, waarbij de data per vrucht zijn verzameld (zie hieronder en paragraaf 3.3.2).

Resultaten



Figuur 5. Het effect van valhoogte op de PFT waarde (inzet 3 mei)



Figuur 6. Het effect van valhoogte op de PFT waarde (inzet 8 mei en 12 juni).

Tabel 9. Regressiemodellen van het effect van valhoogte op de PFT waarde.

8 mei PFT = 12.5 - 0.067 Valhoogte ($r^2 = 0.93$)

12 juni PFT = 10.2 - 0.051 Valhoogte ($r^2 = 0.86$)

Discussie

Hoe groter de valhoogte, des te meer de PFT waarde afneemt (Figuur 5-6; Tabel 9). Er bis geen statistische analyse van deze data uitgevoerd, maar de verschillen in intercept van de regressiemodellen uit Tabel 9 zijn aanzienlijk. Verder zijn er zijn aanwijzingen dat het verband tussen PFT en valhoogte niet-lineair, maar dubbel-exponentieel is. Waarschijnlijk is er een verband met de grootte van de gebruikte vruchten. Voor een preciezere bepaling van deze relatie is echter uitgebreider onderzoek met een preciezere uitvoering van de gegeven valhoogte, alsmede grote partijen homogene vruchten van een gelijke diameter nodig.

3.1.6 Het effect van transport (Tabel 10)

In deze proef is onderzocht of er een effect van transport is op het PFT-sigitaal. Als een eventueel effect op de PFT waarde door het transporteren kan worden uitgesloten, dan kunnen we zonder problemen vruchten op de veiling verzamelen en op het PGB meten. Dit heeft logistieke voordelen.

Algemene gegevens

| | |
|------------------------|---|
| ras | Capita |
| herkomst | PBG kas 103-15 |
| oogst | 15 mei 1995, kleurstadium 5/6 |
| meting | 15 en 16 mei 1995 |
| monster grootte | 100 vruchten per behandeling |
| totaal aantal vruchten | 2 behandelingen x 100 = 200 |
| behandelingen | wel of niet een middag rondrijden in een bestelauto en de vruchten overnachten in de auto laten staan |

De proef is niet helemaal goed uitgevoerd. De tomaten zijn voor de rit gemeten, maar de tweede meting is niet onmiddellijk na de rit uitgevoerd, maar pas de volgende dag om 8.00. De vruchten hebben dus overnacht in de (koude) auto gestaan.

Resultaten

Tabel 10. Het effect van transport en overnacht in de auto staan op de PFT waarde

| | in auto | niet in auto |
|----------|---------|--------------|
| voor | 12.9 | 12.8 |
| na | 12.0 | 12.6 |
| verschil | 0.6 | 0.2 |

Discussie

Omdat de proef niet goed is uitgevoerd is het effect van het transport niet goed vast te stellen. De afname in de getransporteerde vruchten is groter dan in de niet-getransporteerde (Tabel 10). De verschillen zijn echter zo klein dat we toch veilig kunnen aannemen dat produkt dat eerst naar de veiling wordt gebracht en dan naar het proefstation toch verschillen in handling zijn op te sporen met de PFT.

3.2 PFT in de praktijk

3.2.1 Rasverschillen (Tabel 11)

In deze proef zijn negen verschillende tomatenrassen onderzocht die op het PGB geteeld worden voor het GO. Per ras zijn twee herhalingen met en twee herhalingen zonder handling gemeten en is de houdbaarheid per vrucht bepaald. De relatie tussen de PFT waarde en de houdbaarheid wordt besproken in paragraaf 3.3.2

Algemene gegevens

| | |
|------------------------|---|
| aantal rassen | 9 |
| aantal herhalingen | 4 per ras, waarvan 2 met en 2 zonder handling |
| herkomst | PBG kas 209-1,2,3,4 |
| oogst | 10 mei 1995 (kleurstadium 5/6) |
| meting | 10 en 11 mei 1995 |
| monster grootte | 20 per herhaling |
| behandeling | wel of geen handlingsimulatie |
| totaal aantal vruchten | 9 rassen x 2 herhalingen x 2 behandelingen x 20 = 720 |
| tijdstip van handling | 11 mei 1995 tussen half 9 en 9 uur |
| tijdstip begin meting | 10 mei 1995, half 3 |

Op 10 mei zijn eerst alle vruchten die handling moesten krijgen voor de handling gemeten. De volgende dag is handling gegeven en zijn ze direkt weer gemeten. De vruchten die geen handling zouden krijgen zijn alle op 11 mei gemeten.

Resultaten

Tabel 11. Effecten van handling gemeten door de PFT bij verschillende rassen.

| code | ras | PFT voor | PFT na | verschil | HBH met | HBH zonder | verschil |
|--------|----------|----------|--------|----------|---------|------------|----------|
| A | 72-39 RZ | 12.9 | 9.6 | 2.8 a | 20.0 | 22.8 | 2.8 |
| B | 72-47 RZ | 13.3 | 9.6 | 3.6 bc | 21.2 | 24.9 | 3.7 |
| C | 7488/93 | 11.5 | 6.9 | 4.8 d | 15.2 | 20.2 | 5.0 |
| D | 7584/93 | 14.0 | 10.1 | 4.0 c | 28.0 | 35.5 | 7.5 |
| E | DRW 3340 | 13.9 | 10.8 | 3.1 bc | 35.4 | 37.3 | 1.9 |
| F | DRW 3352 | 12.9 | 9.4 | 3.1 bc | 24.2 | 33.2 | 9.0 |
| G | B 3376 | 13.6 | 8.4 | 5.0 d | 19.7 | 32.0 | 12.3 |
| Y | Capita | 12.9 | 7.7 | 5.0 d | 18.7 | 33.9 | 15.2 |
| Z | 72-36 RZ | 13.2 | 9.5 | 3.8 c | 28.3 | 32.3 | 4.0 |
| p | | ** | *** | ** | *** | *** | |
| LSD 5% | | 0.9 | 1.0 | 0.6 | 3.4 | 3.4 | |

PFT na: interactie ras x handling = *

HBH: interactie voor x na = ***

Discussie

Voor en na de handling zijn er duidelijke verschillen tussen de rassen in PFT waarde (Tabel 11). Na handling is de PFT waarde lager. Met handling is de houdbaarheid korter. De afname in PFT waarde verschilt per ras, maar dit is geen goede maat voor de handlinggevoeligheid, want deze bleek slecht gecorreleerd met afname in houdbaarheid ($r^2 = 0.43$). De relatie tussen PFT en houdbaarheid wordt verder besproken in paragraaf 3.3.2.

3.2.2 Herkomstverschillen (Tabel 12, Figuur 7)

Algemene gegevens

oogst 16 en 17 mei 1995 (kleurstadium 5/6)
ras Jamaica (4 herkomsten), Vitador en Tradiro (elk 1 herkomst)
meting 17 en 18 mei 1995
monster grootte 100
totaal aantal vruchten (4 + 2 herkomsten) x 100 = 600

Resultaten

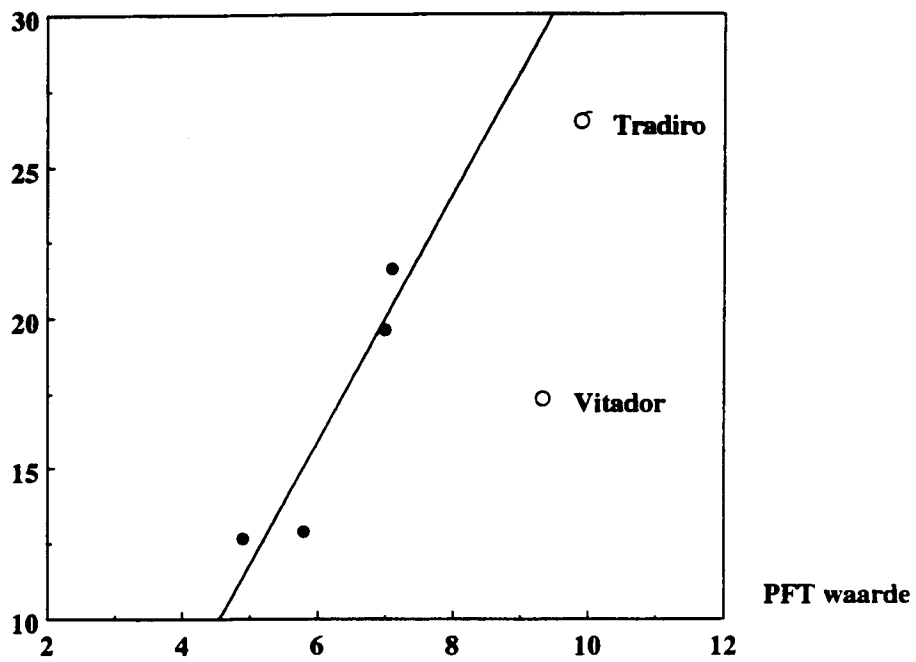
Tabel 12. Het verband tussen PFT waarde en houdbaarheid HBH (dagen) bij 4 herkomsten van het ras Jamaica.

| Herkomst | PFT | HBH |
|----------|-----|------|
| 2 | 7.1 | 21.6 |
| 3 | 4.9 | 12.7 |
| 5 | 5.8 | 12.9 |
| 6 | 7.0 | 19.6 |

Discussie

Binnen een ras is bij vier herkomsten de PFT waarde gecorreleerd met de houdbaarheid. Het is echter waarschijnlijk dat er voor de andere rassen van de andere twee herkomsten er een andere relatie is tussen de PFT waarde en de houdbaarheid (Figuur 7). Voor een preciezer bepaling van het herkomst-effect is echter onderzoek aan meer herkomsten noodzakelijk.

Houdbaarheid (dagen)



Figuur 7. Het verband tussen de onmiddellijk na de oogst gemeten PFT waarde en de houdbaarheid bij vier herkomsten Jamaica en twee andere rassen.

3.2.3 Kwantificeren van handling in de keten (Tabel 13)

Er zijn tot nu toe duidelijke aanwijzingen gevonden dat met de PFT kan worden nagegaan of een vrucht handling heeft ondergaan. In het volgende onderzoek is nagegaan of de PFT nauwkeurig genoeg werkt om de in de keten optredende handling te kwantificeren.

Algemene gegevens

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| meting | 17 mei 1995 |
| oogst | 16 mei 1995 (kleurstadium 5/6) |
| herkomst | 7 |
| ras | Chaser |
| monster grootte | 126 vruchten |
| totaal aantal vruchten | 4 x 126 = 504 vruchten |

Er zijn vier behandelingen:

- A Erg voorzichtig geoogst en direct in de eindverpakking gelegd.
- B Normaal geoogst en net voor het storten in een eindverpakking gelegd.
- C Normaal geoogst + transport naar schuur; net voor het sorteren in de eindverpakking gelegd.
- D Normaal geoogst, getransporteerd en gesorteerd; daarna in de eindverpakking gelegd.

De tomaten zijn door de tuinder op de veiling Westerlee geleverd. Daar zijn de vruchten een nacht bij 18°C bewaard. Vervolgens zijn ze naar het PTG gebracht en gemeten.

Resultaten

Tabel 13. Het verloop van de PFT waarde in de keten en de houdbaarheid HBH (dagen).

| | PFT | HBH |
|--|------|------|
| a super voorzichtig oogsten | 12.2 | 30.1 |
| b normaal oogsten | 12.5 | 30.2 |
| c normaal oogsten en transporteren | 11.1 | 25.7 |
| d normaal oogsten, transporteren en sorteren | 11.4 | 26.1 |

Discussie

De PFT waarde wordt een punt lager tussen de stappen b en c; de houdbaarheid neemt tussen die stappen met ongeveer vijf dagen af. Tussen de stappen b en c worden de vruchten gestort in de voorraadkar. Dit storten is waarschijnlijk de meest kritische stap in de keten. Hoewel de proeven zijn uitgevoerd met een vrij stevig ras dat waarschijnlijk minder gevoelig is voor handling, is er toch een duidelijke parallel tussen de PFT waarden en de houdbaarheid. Er waren visueel geen verschillen tussen de vier partijen.

Conclusie

In principe kan de PFT gebruikt worden om aan te geven in welke stap het verlies in houdbaarheid optreedt. Het is dus de moeite waard om op grotere schaal te onderzoeken of de PFT kan worden gebruikt voor certificeren van het proces van handling in de keten. Hierbij moet dan worden onderzocht of de PFT voldoende nauwkeurig en met minimale hoeveelheid ruis de in de keten veroorzaakte achteruitgang in houdbaarheid kan voorspellen.

3.3 PFT en de gevolgen van handling

3.3.1 Voorspellen van meligheid (Tabel 14, Figuur 8-10)

| | |
|----------------|--|
| rassen | Daniela, Ferrari, Gourmet en Tuckqueen |
| karakteristiek | resp. hard en melig, hard en niet melig, zacht en niet melig, zacht en melig |
| herkomst | PTG kas 308 |
| oogst | 22 mei 1995 |
| handling | 2x door simulatiór op 22 mei 12.00 |
| PFT meting | na elke handling een keer (op $t = 0$), derde meting op 29 mei ($t = 7$). |
| smaakproef | 29 mei (zeven dagen na de oogst) |

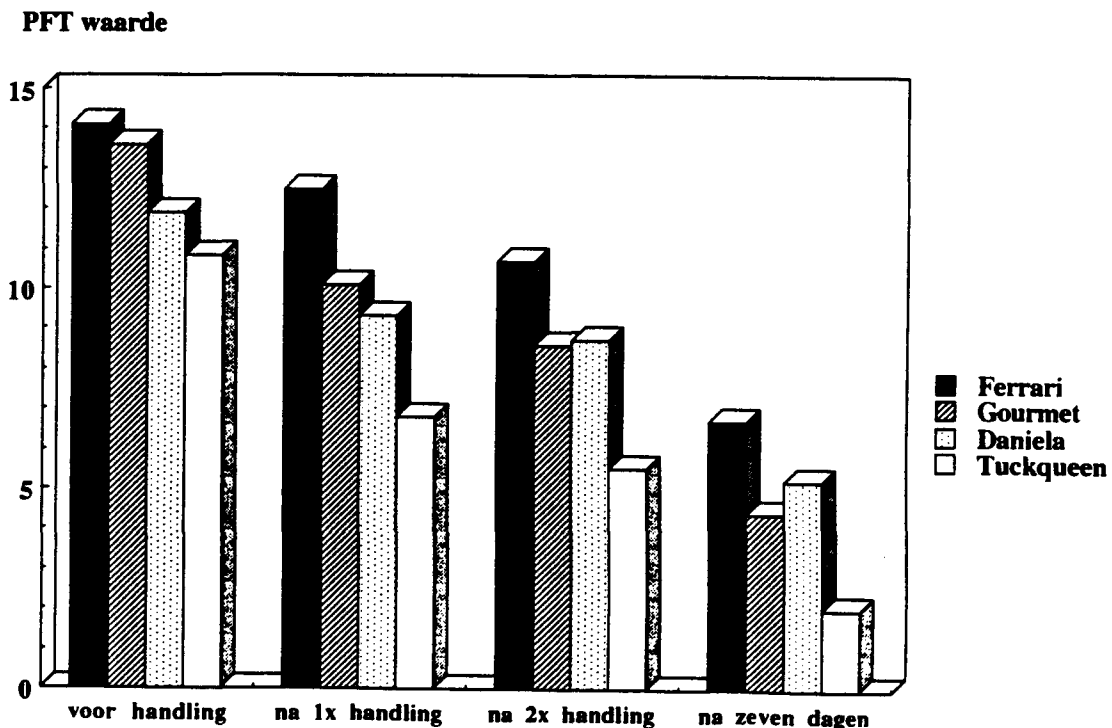
Tabel 14. Het effect van handling op de PFT waarde, meligheid M en sappigheid S bij vier rassen.

| ras | handling | | | geen handling | | |
|---------------|----------|-----|-----|---------------|-----|-----|
| | PFT | M | S | PFT | M | S |
| Daniela | 5.2 | 54 | 44 | 5.4 | 52 | 54 |
| Ferrari | 6.7 | 26 | 44 | 8.6 | 22 | 60 |
| Gourmet | 4.4 | 21 | 64 | 7.3 | 21 | 67 |
| Tuckqueen | 2.0 | 60 | 45 | 3.2 | 62 | 53 |
| p | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| LSD 5% | 0.8 | 7 | 7 | 0.8 | 7 | 7 |
| | | PFT | M | S | | |
| handling | | 4.6 | 40 | 49 | | |
| geen handling | | 6.1 | 39 | 58 | | |
| p | | *** | NS | *** | | |
| LSD 5% | | 0.3 | | 5 | | |

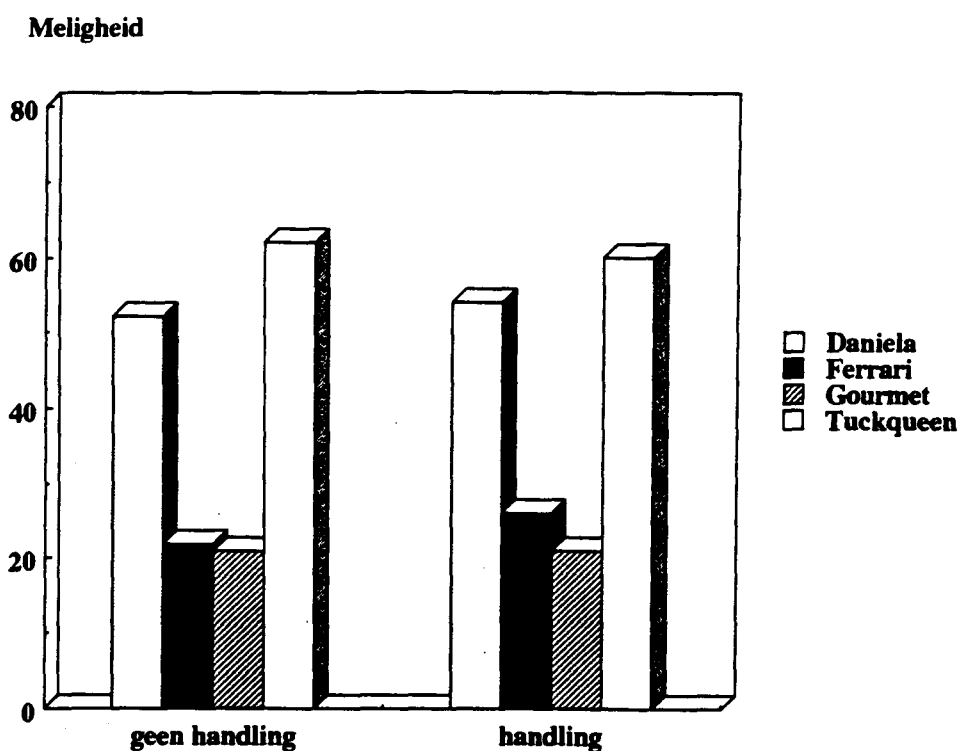
interacties: PFT ras x handling ***

Discussie

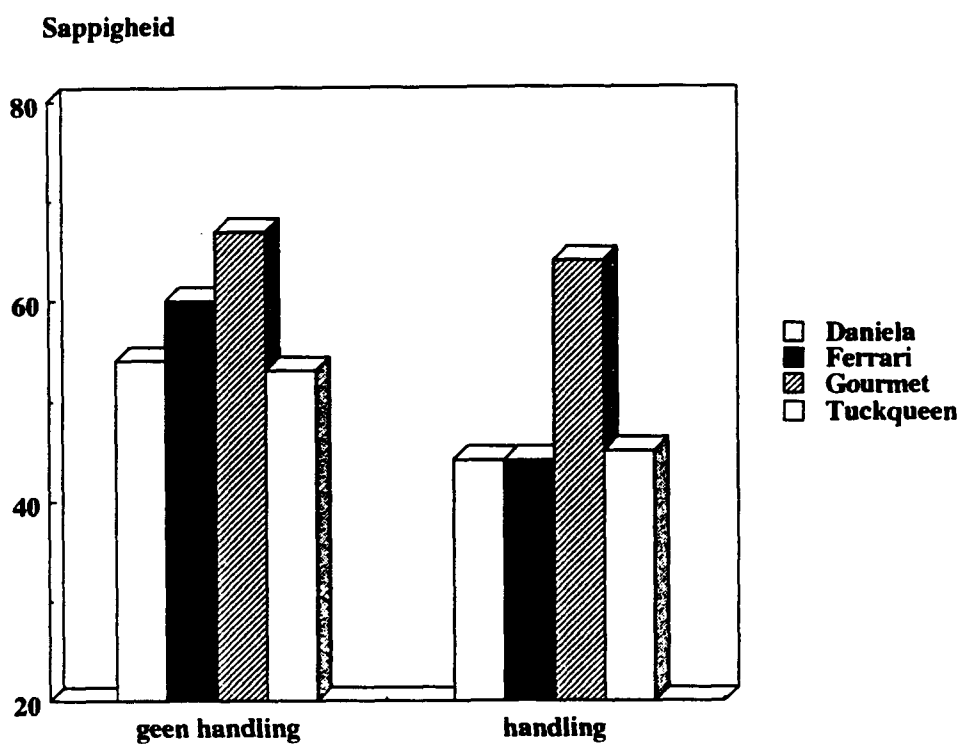
In deze proef leidt handling niet tot meer meligheid maar wel tot minder sappigheid, behalve bij het ras Gourmet. Uit deze resultaten kan niet worden geconcludeerd dat de PFT de meligheid kan voorspellen. Er is tussen de behandelingen wel een verschil in PFT waarde maar niet in meligheid, en ook niet in die mate in sappigheid. Wellicht is er verzadiging opgetreden door te veel handling. De verschillen in meligheid tussen de rassen is iets genivelleerd; dit is ook voor wat betreft de sappigheid opgetreden; enkel het ras Gourmet is daar kennelijk minder gevoelig voor. Het is opmerkelijk dat het stevige en lang houdbare ras Daniela zo laag scoort. Deze proef wordt naar verwachting in het najaar herhaald. Er zal dan ook een aparte proef met een gemiddeld ras (Pronto of Capita) meelopen, wellicht met graden van handling.



Figuur 8. Het effect van handling en bewaring op de PFT waarde bij vier rassen tomaat.



Figuur 9. Het effect van handling op de score meligheid bij vier rassen tomaat.



Figuur 10. Het effect van handling op de score sappigheid bij vier rassen tomaat.

3.3.2 Voorspellen van houdbaarheid (Tabel 15, Figuur 11-14)

In deze paragraaf zijn gegevens uit verschillende proeven naast elkaar gezet.

3.3.2.1 Valhoogte

Tabel 15. Regressiemodellen uit valhoogte proeven.

| datum inzet | regressiemodel | corrrelatie |
|------------------|---|----------------|
| 8 mei en 12 juni | Houdbaarheid = $-10.3 + 3.51 \text{ PFT}$ | $(r^2 = 0.85)$ |
| 8 mei | Houdbaarheid = $34.4 - 0.253 \text{ Valhoogte}$ | $(r^2 = 0.87)$ |
| 12 juni | Houdbaarheid = $23.8 - 0.109 \text{ Valhoogte}$ | $(r^2 = 0.79)$ |
| 9 juni | Stevigheid = $-1.57 + 0.072 \text{ PFT}$ | $(r^2 = 0.78)$ |

Discussie

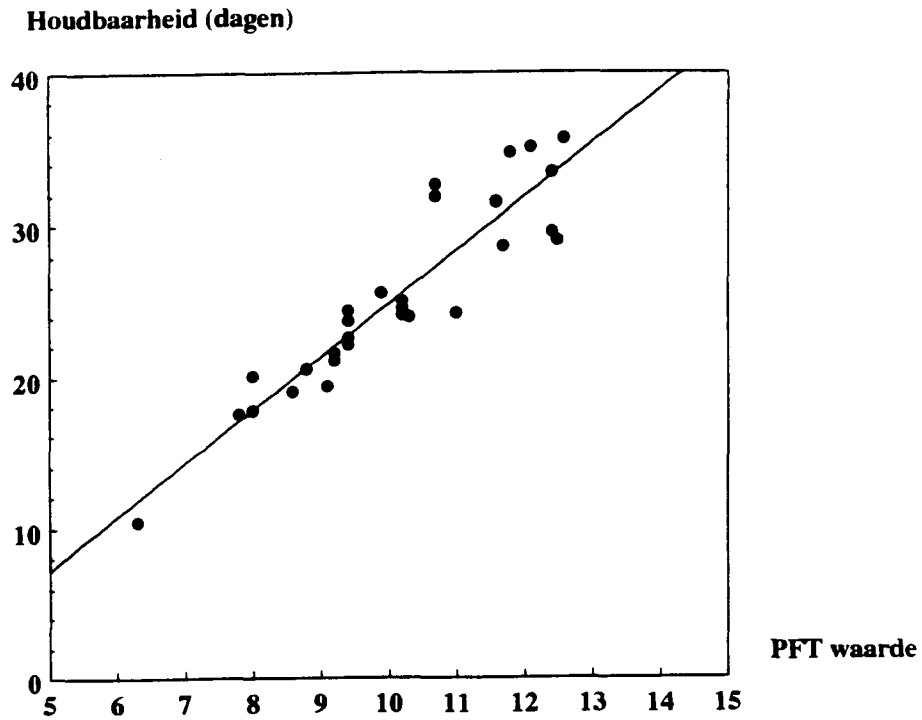
PFT en houdbaarheid - De data van de tweede inzet pasten goed binnen die van de eerste inzet. De range van de tweede inzet was relatief klein, waardoor de regressie minder betrouwbaar kon worden uitgevoerd. Het leek echter geoorloofd om regressie over de gepoolde data uit te voeren (Tabel 15 en Figuur 11). Als vuistregel kunnen we aanhouden dat een eenheid PFT waarde verlaging overeenkomt met 3.5 dag verkorting in houdbaarheid.

Valhoogte en houdbaarheid - De relatie tussen valhoogte en houdbaarheid verschilde aanzienlijk tussen de twee inzetten; de data van de tweede inzet liggen systematisch ongeveer 10 dagen lager. De vergelijking wordt echter bemoeilijkt door het feit dat de range van de tweede inzet relatief klein is. Als vuistregel kunnen we aanhouden dat 10 cm valhoogte overeenkomt met 1 tot 2.5 dag verkorting in houdbaarheid.

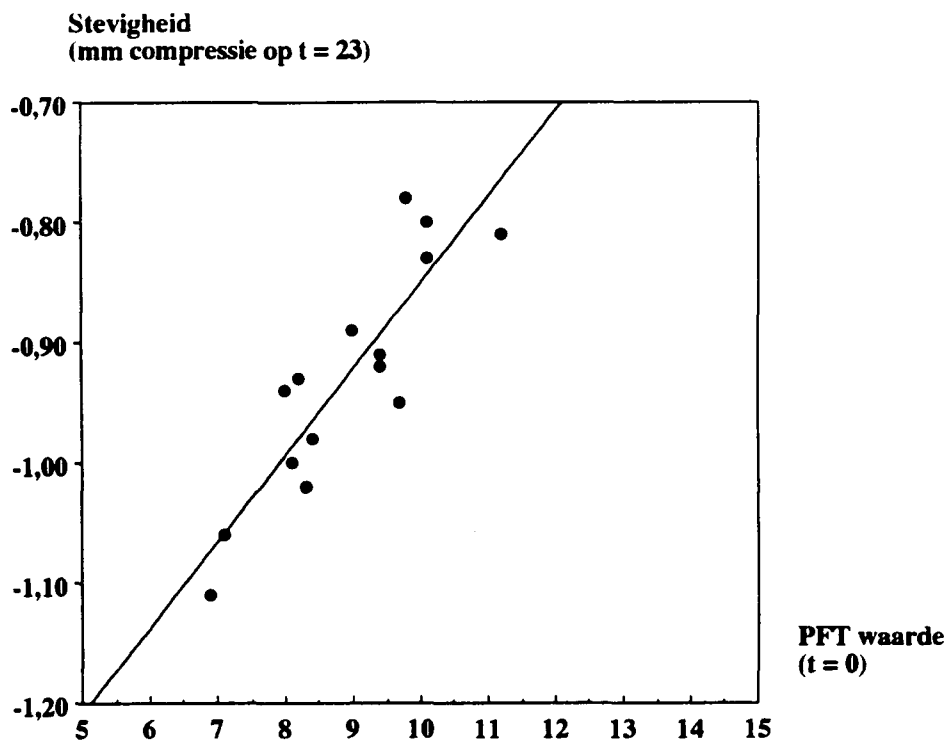
PFT en stevigheid - Per partijgemiddelde is er een redelijke correlatie (Fig. 12) tussen de PFT waarde bij de oogst en de stevigheid na 23 dagen bewaring, maar de data van de afzonderlijke vruchten leveren een grote puntenwolk op ($r^2 = 24$).

Conclusie

Voorlopig kunnen de PFT metingen enkel worden gebruikt om per inzet een voorspelling te doen over de afname in houdbaarheid door handling. Of de PFT metingen gebruikt kunnen worden om de absolute houdbaarheid te voorspellen moet verder onderzocht worden. Het lijkt dus zinvol om de relatie tussen de PFT waarde en houdbaarheid verder te bepalen. De PFT data dienen dan te worden aangevuld met andere parameters, zoals een stevigheidsmeting met de Caustier meter of klimaatgegevens uit de teelt. In onze proeven wordt de relatie tussen valhoogte en houdbaarheid relatief sterker beïnvloed door de datum van inzet. Waarschijnlijk heeft een verandering in teeltcondities (bijvoorbeeld temperatuur) een grote invloed op de relatie tussen valhoogte en houdbaarheid.

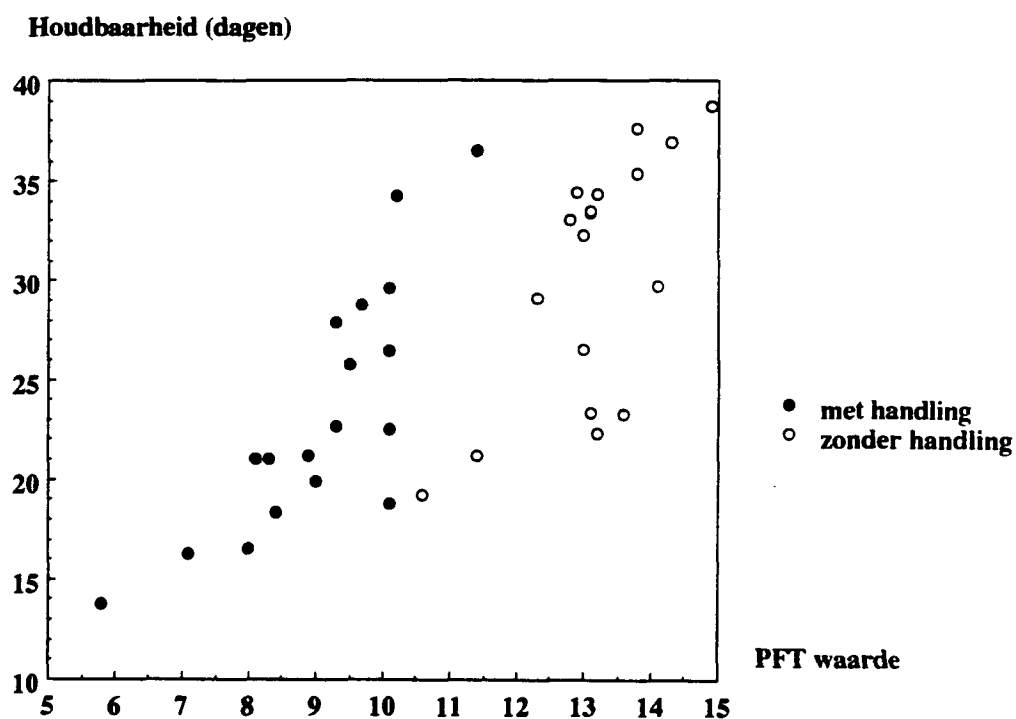


Figuur 11. De relatie tussen de houdbaarheid en de bij de oogst gemeten PFT waarde van vruchten van twee inzetten (8 mei en 12 juni). De verschillen in PFT waarden en houdbaarheid werden opgeroepen door de vruchten van verschillende hoogte te laten vallen.



Figuur 12. Het verband tussen de stevigheid na bewaring en de PFT waarde bij de oogst (inzet 9 mei).

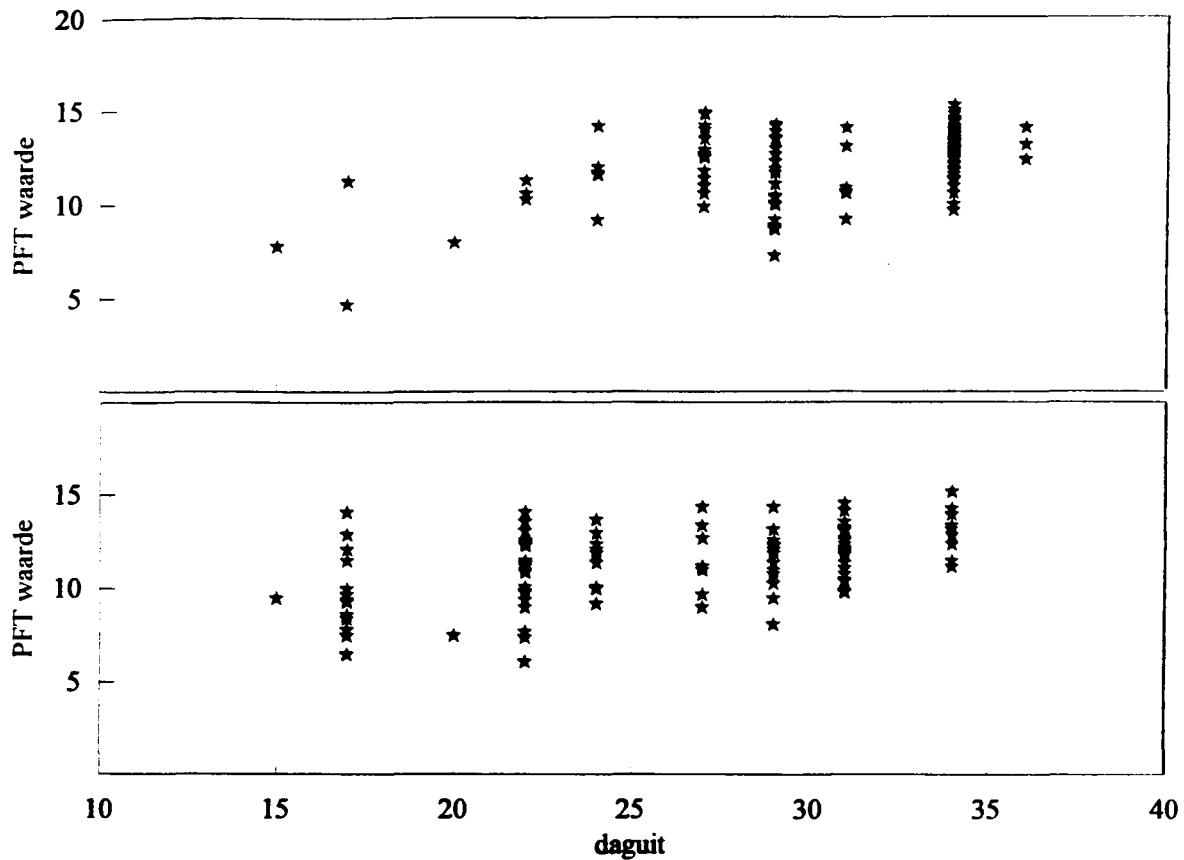
3.3.2.2 Rassen



Figuur 13. Het effect van handling op de PFT waarde en de houdbaarheid (dagen) van verschillende rassen.

Discussie - Het blijkt dat bij lagere PFT waarden er een ongeveer lineair verband bestaat met de houdbaarheid, maar dat bij hogere PFT waarden er verzadiging optreedt (Figuur 13). Met handling is dit verband in Figuur 13 naar linksonder opgeschoven, omdat de houdbaarheid korter wordt en de PFT waarden lager.

3.3.2.3 Houdbaarheid en PFT waarde per individuele vrucht



Figuur 14. Data van de PFT waarde en houdbaarheid per individuele vrucht uit verschillende stadia van de keten van plant tot en met sorteren. Boven: vruchten met minimale handling geoogst; onder: normaal geoogste en gesorteerde vruchten. De data zijn afkomstig uit de proef zoals beschreven in paragraaf 3.2.3, Tabel 12.

Discussie

Het is in deze proef opgevallen dat grotere vruchten nogal eens een lage PFT waarde hebben en toch kort houdbaar zijn. Dit verstoort natuurlijk de correlatie tussen houdbaarheid en PFT waarde. Kennelijk reageert de PFT meter op een grote massa iets anders dan op een kleine massa. Verder is er door de manier van scoren van de houdbaarheid mogelijk een veel grotere spreiding op in houdbaarheidsgegevens opgetreden dan in de PFT waarden. Dit bemoeilijkt het bepalen van de relatie tussen PFT bij de oogst en de uiteindelijke houdbaarheid van die individuele vrucht. Door de verschillen in handling verschuiven er meer punten naar links (Figuur 14, onder). De verwachting was dat er een soort sigaar zou ontstaan, maar de relatie blijkt niet zo duidelijk te zijn. De conclusie is dat we voorlopig nog erg voorzichtig moeten zijn met het voorspellen van absolute houdbaarheid uit PFT waardes.

4. Conclusies en aanbevelingen

Door zijn gevoeligheid voor de hoeveelheid handling die een vrucht heeft ondergaan is de PFT niet bruikbaar voor het meten van stevigheid. De mogelijkheden voor het voorspellen van houdbaarheid zouden verder onderzocht kunnen worden. Het verband tussen het PFT signaal en de houdbaarheid verschilt echter van ras tot ras.

Binnen een ras van een herkomst is het mogelijk om kunstmatig aangelegde verschillen in handling te meten met de PFT meter. Met deze metingen kan tot op zekere hoogte een voorspelling gemaakt worden van de houdbaarheid. Een combinatie van meters (zoals de PFT meter en de Caustier meter, of wellicht nog een weegschaal) zou wellicht een betere voorspelling van de houdbaarheid kunnen opleveren.

Er kon niet worden aangetoond dat de PFT bruikbaar is voor het meten van verschillen in meligheid veroorzaakt door handling.

Het is niet duidelijk geworden wat de PFT nu eigenlijk meet. Wellicht wordt de uitslag van de PFT meter bepaald door de hoeveelheid door botsing opgedane energie (Holt & Schoorl, 1976). Eerst werd aangenomen dat de meting kon worden beïnvloed door kleine breukjes. Het is denkbaar dat een val van de vrucht leidt tot het verbreken van cel-cel contacten in de vruchtwand, die dan zou kunnen leiden tot een toename van de meligheid (Schols & Verkerke, 1994). Door de hierboven gepresenteerde resultaten lijkt dit nu echter minder waarschijnlijk geworden.

De PFT is potentieel een stuk gereedschap dat kan meten in hoeverre de kwaliteit van de vrucht door handling in de keten achteruit gaat. Het zou kunnen worden ingezet bij het certificeren van een produktielijn.

In handlingproeven komt 1 eenheid PFT verlaging overeen met een vermindering van de houdbaarheid van 3.5 dag.

Elke 10 centimeter valhoogte leidt tot een verkorting van de houdbaarheid met 1-2.5 dag.

6. Dankwoord

We bedanken Pieter Vermeulen (Veiling Westland De Lier), Marlies Boesten (CBT), Dick Klinkspoor (PTG) en Jos van Hal (stataire PTG, AHS Den Bosch) en de verschillende tuinders voor hun hulp bij het verkrijgen van produkt, Leo Crezee (Aweta) voor het iken van de PFT en Jan Janse (PGB) voor het doorlezen van het manuscript.

7. Literatuur

- Holt, J.E. & D. Schoorl - Bruising and energy dissipation in apples.
J. Text. Stud. 7: 421-432 (1977).
- Janse, J. - Ruwe aanpak funest voor houdbaarheid. Groenten & Fruit 2: 29
(15 januari 1993).
- Janse, J. M. Schols & E. Konys - Smaak tomatomaat. Kort onderzoekverslag
PTG (1994).
- Janse, J. & C.M.M. van Winden - 4. Handling test. In: P. Eccher Zerbini *et al.*,
Measurement of the quality of tomatoes: recommendations of an EEC
working group. IVTPA, Milano (1991).
- Lans, C. van der, & J. Janse - Handling cherrytomaat. Kort onderzoekverslag
PTG (1993).
- Peleg, K. - Comparison of non-destructive measurement of apple firmness.
J. Agric. Engng. Sci. 55: 227-238 (1993).
- Schols, M. & W. Verkerke - De bruikbaarheid van de PFT voor de meting van
vruchtstevigheid bij tomaat. Kort onderzoekverslag PTG (2 november 1994).
- Schotanus, L. - Het testen van meetapparatuur voor het keuren op stevigheid van
op de veiling aangevoerde tomaten. Intern verslag CBT 94/ProdG/623/LS (1994).
- Verkerke, W., L. Schotanus & M. Boesten - Nieuwe stevigheidsmeter gaat proefdraaien.
Groenten & Fruit 50: 14-15 (16 december 1994).

7. Bijlage

Code proeven

| proefnummer | onderwerp | paragraaf |
|-------------|--------------------|-----------------|
| 01 | signaal | 3.1.1 |
| 02 | oogst en handling | 3.1.2 |
| 03 | handling en meting | 3.1.3 |
| 04 | additieve handling | 3.1.4 |
| 05 | valhoogte 1 | 3.1.5 |
| 06 | valhoogte 2 | 3.1.5 / 3.3.2.1 |
| 07 | rassen | 3.2.1 / 3.3.2.2 |
| 08 | transport | 3.1.6 |
| 09 | keten | 3.2.3 / 3.3.2.3 |
| 10 | herkomsten | 3.2.2 |
| 11 | meligheid | 3.3.1 |
| 12 | valhoogte 3 | 3.3.2 |
| 13 | valhoogte 4 | 3.1.5 / 3.3.2.1 |

De ruwe data zijn bewaard in Lotus files die eindigen op het nummer van de proef.
