

CB

Bibliotheek  
Proefstation  
Naaldwijk

A  
6  
V  
42

BIBLIOTHEEK  
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW  
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

STEVIGHEID TOMAAT: DESTRUCTIVITEIT VAN HERHAALDELIJK METEN

W. Verkerke & C.J.M. Gielesen

Februari 1990

Intern verslag nr 11

224 3528

A  
6  
V  
42

**INHOUDSOPGAVE**

**Pagina**

1. SAMENVATTING	1
2. INLEIDING	1
3. MATERIAAL & METHODE	2
4. RESULTATEN	3
5. DISCUSSIE	3
6. LITERATUUR	5
7. BIJLAGE	7
8. FIGUREN	8

## 1. SAMENVATTING

Het uitvoeren van stevigheidsmetingen met de Instron druk-trekbank aan tomaten leidt niet tot een meetbare toename van de verdamping van de vruchten. De vorm van de stevigheidscurve wordt voornamelijk bepaald door de vorm van de plunjer. Het niet-destructieve karakter van de ontwikkelde stevigheidstest met de plaatplunjer is verder bevestigd. De bruikbaarheid van enkele andere stevigheidsparameters is getest.

## 2. INLEIDING

In de eerste serie stevigheidsmetingen (Verkerke, 1989) is een bruikbare test op de stevigheidsafname van ronde tomaten tijdens de post-harvest fase ontwikkeld. Met deze test kunnen verschillen in indrukbaarheid, een parameter voor stevigheid, tussen verschillende rassen objectief beschreven worden. Er zijn indicaties dat we hierbij kunnen spreken van een niet-destructieve test (d.w.z. een meetmethode die de normale rijping van de vrucht niet beïnvloedt), maar hierover is nog geen volledig uitsluitsel te geven. Enkele methodische vragen, die van belang zijn voor de verdere ontwikkeling van het stevigheids-onderzoek, zijn ook nog niet opgelost. Zo is de invloed van de vorm van het meetlichaam (de plunjer) op de vorm van de stevigheidscurve en de meest wenselijke monstergrootte eigenlijk nog onbekend. Het vlakke stuk aan het eind van de stevigheidscurve van het ras Liberto (Figuur 6 uit Verkerke, 1989) suggereert dat dit ras een zeer lange houdbaarheid heeft. Weliswaar zagen de vruchten er aan het eind van de meetperiode nog mooi gaaf uit en voelden ze stevig aan, maar we verwachtten eigenlijk dat aan het eind van de bewaarfase de stevigheid veel meer zou afnemen. Het is onduidelijk of dit vlakke stuk in de curve veroorzaakt wordt door de gehanteerde meetmethode dan wel echt op een lange houdbaarheid duidt. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn: (1) het optreden van kleine beschadigingen van de vrucht door de herhaaldelijke compressie, die dan leidt tot uitdroging van de vruchten en (2) de vorm van het meetlichaam. Immers, bij de tot nu toe gebruikte vlakke plaat neemt bij een toenemende indrukking het kontaktoppervlak tussen plunjer en vrucht steeds meer toe. Uit de literatuur is bekend dat een zo klein mogelijk kontaktoppervlak tussen plunjer en vrucht de beste meetresultaten zal geven (Fridley, 1976). Het ligt daarom voor de hand om ook een plunjer met een kleiner kontaktoppervlak te gebruiken voor het stevigheids-onderzoek. Een bijkomende reden is dat met zo'n plunjer ook andere parameters zoals de taaheid en de breekkracht van de schil kunnen worden bepaald (Finney, 1969; Bakker & Schilstra-Van Veelen, 1989). Kennis van de met deze plunjer meetbare grootheden is belangrijk voor de aansluiting met de toekomstige stevigheidsproeven.

In het hieronder beschreven onderzoek is op twee verschillende manieren nagegaan of bij het ras Liberto herhaaldelijke compressie leidt tot uitdroging van de vrucht. Dit gebeurde door het gewichtsverlies van de vruchten te meten (proef 1) en het effect van het aantal keren indrukken te bepalen door het aantal metingen per individuele vrucht te reduceren tot 1 (proef 2). In proef 3 is het effect van het meetlichaam op de vorm van de stevigheids curve nagegaan door het testen van een penvormige plunjer. Alle resultaten zijn vergeleken met Verkerke (1989).

### 3. MATERIAAL & METHODEN (Figuur 1, 2)

De tomaten (Ras: Liberto) zijn geoogst door R. Elgersma en door ons gesorteerd op uniforme kleur en grootte. Beschadigde of kroonloze vruchten werden terzijde gelegd. De vruchten zijn gedurende maximaal drie weken bij 20°C en 80% RV bewaard en zijn steeds vlak voor de metingen uit de cel gehaald. Voordat de allereerste stevigheidsmeting verricht werd zijn de vruchten eerst gedurende een nacht in de bewaarcel gelegd om op een uniforme temperatuur te komen. Bij niet-destructieve metingen werd na de eerste indrukking met een dikke viltstift een stip gezet om de plek aan te geven waar de plunjer de vrucht heeft geraakt. Volgende metingen aan die vrucht worden steeds op diezelfde plek uitgevoerd. Voor een verdere beschrijving van de meetopstelling wordt verwezen naar Verkerke (1989). De partijgemiddelden zijn uitgezet in grafieken die het verloop van de stevigheid in de tijd weergeven. Op de Y-as staat de compressie in millimeters vermenigvuldigd met -1; dit geeft het stevigheidsverval weer.

Voor proef 1 is van twee groepen van elk 24 tomaten (1 partij met val-simulatie, 1 partij niet gevallen) het stevigheidsverval bepaald met de druk-trekbank. Dit gebeurde niet-destructief met een vlakke plaat als plunjer en een holle bodemplaat. Na elke meting werd van elke vrucht het gewicht bepaald met een Mettler PE 2000 (nauwkeurigheid tot op 0.1 g). Als controle is van een partij van 66 tomaten, die niet met de Instron werden gemeten, het gewicht inclusief de twee tray's bepaald met een Mettler PM 30 (nauwkeurigheid tot 1.0 g). Na afloop werd het emballage gewicht afgetrokken. Het gewichtsverlies tijdens de post-harvest fase is uitgezet als een percentage van het gewicht bij oogst.

In proef 2 is het stevigheidsverval van een partij tomaten bepaald door middel van unieke metingen. Dit gebeurde net als in proef 1 niet-destructief met een plaatplunjer. Twee partijen van 35 tomaten zijn elk in 5 groepen van 7 vruchten verdeeld. Gedurende de bewaarfase is van deze afzonderlijke groepen de stevigheid bepaald, waarbij elke vrucht dus maar één keer is gemeten. Aan het eind van de bewaarfase zijn alle vruchten van de hele partij nogmaals 1 keer gemeten.

In proef 3 is met een destructieve test (dit impliceert dus unieke metingen) een penvormige plunjer met een doorsnede van 5 mm gebruikt (Figuur 1, Bijlage 1). Van totaal 65 vruchten werd op 5 tijdstippen in de bewaarfase per keer een groep van 13 stuks doorgemeten. Er is gebruik gemaakt van een dichte onderplaat en een set van messing ringen, waardoor vruchten van verschillende diameter snel en goed onder de plunjer gelegd kunnen worden. Bij gebruik van deze plunjer wordt het contactoppervlak tussen meetlichaam en vrucht niet groter naarmate de indrukking toeneemt. Daarom kan ook de elasticiteitsmodulus ( $d\text{Stress}/d\text{Strain}$  (MPa of  $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ), de raaklijn aan de stress-strain curve) bepaald worden. Tegelijk kan ook naar een andere parameter gekeken worden: de breekkracht ( $F_{\text{max}}$ , de kracht die geleverd moet worden om door het pericarp te breken, Figuur 2) en de taaiheid ( $E_{\text{tot}}$ , de energie die geleverd moet worden om door het pericarp te breken; dit is gelijk aan de oppervlakte onder de curve. Voor verdere beschrijving van de terminologie uit de rheologie wordt verwezen naar Figuur 2, de Instron handleiding en Mohsenin (1970).

#### 4. RESULTATEN (Figuren 3-7)

##### Proef 1 (Figuur 3)

Twee partijen van elk 24 vruchten, waarvan de eerste door een val-simulator was gegaan en de tweede niet, hadden een gemiddeld vruchtgewicht van resp.  $71.5 \pm 10.2$  g en  $71.5 \pm 8.2$  g. Over een periode van 3 weken vertoonden ze een gewichtsverlies van 6% resp. 5%. Een controle partij van 66 vruchten met een gemiddeld vruchtgewicht van  $83.3 \pm 4.8$  gram vertoonde over een zelfde periode een gewichtsverlies van 5%. Geconcludeerd wordt dat de hier gebruikte tomaten tijdens de bewaarfase enigszins verdampen, maar dat door Instron metingen geen extra toename van het vochtverlies optreedt. Het gebruik van een val-simulator resulteert wel in een lichte toename van de verdamping.

##### Proef 2 (Figuur 4)

De stevigheidscurve die gevonden is door middel van unieke metingen aan 5 groepjes van 7 vruchten (curve 2) vertoont veel overeenkomst met die gebaseerd op herhaalde metingen aan één vrucht (curve 1): een initiële stevigheidsafname wordt gevolgd door een vlak stuk. Hieruit wordt geconcludeerd dat meerdere keren meten aan vruchten niet-destructief is.

##### Proef 3 (Figuur 4-7)

De met een penplunjer gemeten stevigheidscurve loopt veel steiler naar beneden op deze schaal (Fig. 4, curve 3). Een vlak stuk lijkt te ontbreken. De curve van de elasticiteitsmodulus lijkt het stevigheidsverloop wel goed weer te geven (Fig. 5). De breekkracht en de taatheid (Fig. 6,7) geven onduidelijke resultaten.

#### 5. DISCUSSIE

**Gewichtsverlies** - Met de Instron gemeten vruchten verdampen niet meer dan die van een controle partij. Het vlakke stuk in de curve wordt dus niet door extra uitdroging veroorzaakt. Dit is een aanwijzing dat onze stevigheidstest niet-destructief is. Tomaten zonder zwelscheurtjes vertonen ongeveer 4% gewichtsverlies; naarmate de zwelscheur aantasting hoger is kan het gewichtsverlies in twee weken oplopen tot 8% (J. J. Polderdijk, pers. meded.). In onze proef doet val-simulatie de verdamping tijdens de bewaarfase iets toenemen, wellicht door kleine beschadigingen. In het vervolg kunnen beter hele tray's in plaats van individuele vruchten gemeten worden. Als er steeds één en dezelfde weegschaal gebruikt wordt en er meer dan 10 vruchten in de tray liggen is het even nauwkeurig en werkt het veel sneller.

**Unieke metingen** - Het aantal vruchten dat per tijdstip gemeten kon worden is nogal klein. De curve die met deze proef geconstrueerd is vertoont echter veel gelijkenis met die gemaakt met herhaalde metingen aan één en de zelfde vrucht: een initiële afname gevolgd door een vlakker stuk. Dit is weer een aanwijzing dat de stevigheidstest met opeenvolgende metingen aan één individuele vrucht niet destructief is.

**Minimum groepsgrootte** - Dit aspect wordt momenteel door de afdeling statistiek verder onderzocht. De minimum groepsgrootte is o.a. afhankelijk van het model van zachter worden van de tomaat.

**Penplunjer** - De invloed van de vorm van het meetlichaam op de verkregen resultaten is aanzienlijk: de met de penplunjer geconstrueerde

curve loopt veel minder vlak dan die van de plaatplunjer. De vormverschillen tussen de verschillende curves illustreren dat het vergelijken met stevigheidscurves uit de literatuur (Ahrens *et al.*, 1987; Bourne, 1967, Kemp *et al.*, 1988) met grote voorzichtigheid moet gebeuren.

Uit de literatuur komen enkele aanwijzingen welke instrumentele parameters in het stevigheidsonderzoek van belang kunnen zijn (Finney, 1969; Fridley, 1976). Stevigheid, uitgedrukt als deformatie onder een standaard kracht, gemeten in het elastische gebied waar de stress-strain curve lineair is, is een goede maat voor de weerstand tegen mechanische beschadigingen. De strain percentages moeten in het algemeen onder de 1% blijven. Verder moet het oppervlak van de plunjer zo klein mogelijk zijn. Daarnaast is het natuurlijk erg praktisch om niet-destructief te werken in verband met het geringe aantal vruchten dat er meestal voorhanden is. Het is duidelijk dat er tussen die twee voorwaarden een compromis gevonden moet worden. De stevigheid kan het beste worden uitgedrukt als Elasticiteits modulus, maar onder een gegeven kracht en bij een gegeven plunjer kan het % deformatie ook volstaan. Als de tomaten ongeveer dezelfde diameter hebben kan zelfs met de absolute deformatie (in mm) volstaan worden. Als we met de kleine plunjer ook niet-destructief kunnen werken dan kunnen we voortaan de elasticiteits modulus van een vrucht bepalen naast het percentage deformatie.

De tomaat gedraagt zich onder compressie bij benadering als een viscoelastisch lichaam. De Force/deformation curve bestaat uit een kort aanloopstuk, gevolgd door een rechte lijn die overgaat in een afbuigende lijn (Fig. 2). Het eerste gedeelte van de curve wordt beschreven door de wet van Hooke en de indrukking verloopt elastisch. Bij hogere krachten treedt een steeds grotere afwijking van de wet van Hooke op en verloopt de indrukking visceus. Zolang de deformatie beperkt blijft tot het lineaire gedeelte van de curve is het mogelijk om met de kleine plunjer de Elasticiteitsmodulus te bepalen. Dit lineaire gebied van de Stress/Strain curve correspondeert waarschijnlijk met het traject waarbij de deformatie niet-destructief is. Het bepalen van stevigheidsparameters in dit gebied is onafhankelijk van de gebruikte balksnelheid. De waarden van de parameters breekkracht en taaiheid, waarbij dus voorbij het elastische gedeelte van de curve wordt ingedrukt, zijn daarentegen wel sterk afhankelijk van de in de test gebruikte balksnelheid (Mohsenin, 1970).

Nadere analyse van de Instron Force/Deformation curve van een samengedrukte tomaat toont echter aan dat ook het op het eerste gezicht lineaire gedeelte niet in alle gevallen helemaal rechtlijnig verloopt. We hebben daarom in dit verslag een arbitraire keus gemaakt en in de Force/Deformation curve een secant (een lijn tussen twee zelfgekozen punten op de curve) getrokken tussen de punten 0.01 N en 3.00 N. De helling van deze lijn is onze Elasticiteitsmodulus, uitgedrukt in MegaPascal. Dit lijkt in elk geval een bruikbare en correcte parameter voor het zachter worden van tomaten op te leveren. In vervolgonderzoek moet blijken of dit een aanvaardbare benadering is en of we met deze opstelling ook niet-destructief aan vruchten kunnen meten.

Andere parameters - Zowel de breekkracht als de taaiheid leverden weinig bruikbare resultaten op. Toch worden deze beide parameters ook voor de tomaat vaak bepaald op een vergelijkbare wijze zoals hierboven is beschreven. Welk biologisch equivalent we ons bij de parameter breekkracht nu moeten voorstellen is niet duidelijk. Het pretendeert een

maat voor de stevigheid te zijn, maar geeft eigenlijk niet meer weer dan informatie bij welke kracht een plunjer door de schil breekt. Daarbij komt dat deze parameter zeer afhankelijk is van de gebruikte balksnelheid. Het is zeer de vraag of taaiheid met de hier gebruikte plunjer gemeten kan worden. Vaak wordt hiervoor de Kramer shear press gebruikt. Deze pers bestaat uit een systeem van lamellen die door de vrucht heen breken. Een naaldvormige plunjer zou ook voor dit doel geschikt kunnen zijn (Holt, 1970). Het is nu nog niet duidelijk of we in het vervolg de verschillende parameters elasticiteit en breekkracht met 1 plunjer in 1 meetbeurt kunnen bepalen. Wellicht moeten we ons in het onderzoek concentreren op stevigheid gemeten als indrukbaarheid in het elastische gebied als parameter voor weerstand tegen mechanische beschadiging.

Houdbaarheid: sensorisch versus instrumenteel - Inmiddels heeft het gebruikswaarde onderzoek op het PTG de rassen Liberto en Multiset (= 84065) op houdbaarheid getest. Het sensorisch bepaalde uitstalleven van Liberto was resp. 24.5 en 21.5 dagen (twee bepalingen). Voor Multiset bedroeg dit resp. 15.0 en 16.5 dagen. De sensorisch bepaalde stevigheid bij inzet van deze twee rassen was resp. 6.9 en 7.0 op een 1-10 schaal (Van Uffelen *et al.*, 1989 en pers. meded.). Deze resultaten stemmen overeen met die van de druk-trekbank. Liberto behoudt zeer lang zijn stevigheid, en de stevigheid loopt niet rechtlijnig maar logaritmisch af. Dat is ook eigenlijk wat we verwachten van de afname van stevigheid en komt ook goed overeen met literatuur (Bourne, 1967; Ahrens *et al.*, 1987). Hieruit blijkt dat bij deze rassen stevigheid bij oogst een slechte schatter is voor houdbaarheid. De calibrering van de stevigheidscurves vereist echter nog meer onderzoek.

## 7. LITERATUUR

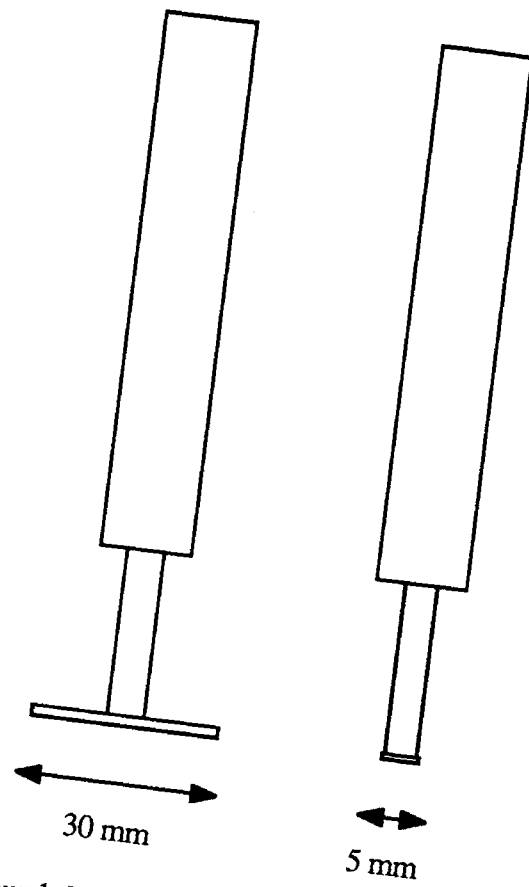
- Ahrens, M.J., D.J. Huber & J.W. Scott - Firmness and mealiness of selected Florida-grown tomato cultivars. Proc. Fla. State Hort. Soc. 100: 39-41 (1987).
- Bakker, J.C. & I.M. Schilstra - van Veelen - Invloed van EC op vruchtstevigheid, vruchtgroei, -samenstelling en het optreden van zwelscheuren bij tomaat. Intern verslag PTG no. 2 (1989).
- Bourne, M.C. - Deformation testing of foods. 1. A precise technique for performing the deformation test. J. Food Sci. 32: 601-605 (1967).
- Finney, E.E. - To define texture in fruits and vegetables. Agricultural Engineering, August 1969, pp. 462-465 (1969).
- Fridley, R.B. - Texture, firmness, and strength. pp. 35-40 In: L.L. Morris (ed.): Proceedings 2nd tomato quality workshop University of Davis, California Davis, Vegetable Crops Series 178. 200 pp. (1976)
- Holt, C.B. - Measurement of tomato firmness with a universal testing machine. J. Text. Stud. 1: 491-501 (1970)
- Instron Series IX Automated Materials Testing System, Reference Manual (1989)
- Kemp, H., L.M.M. Tijskens & J.J. Polderdijk - Meetmethoden mechanische eigenschappen tomaten. Intern Rapport Sprenger Instituut no. 796 (1988).
- Mohsenin, N.N. - Physical properties of plant and animal materials, Vol. I. 734 pp. Gordon & Breach, New York (1970)
- Uffelen, J. van, M. de Jong & P. van Dijk - Nieuwkomers en afvallers bij rassen voor stookteelt. Groenten en Fruit 45(14): 38-39 (1989).
- Verkerke, W. - Stevigheid tomaat: de eerste resultaten van de druk-trekbank. Intern verslag PTG no. 43 (1989).



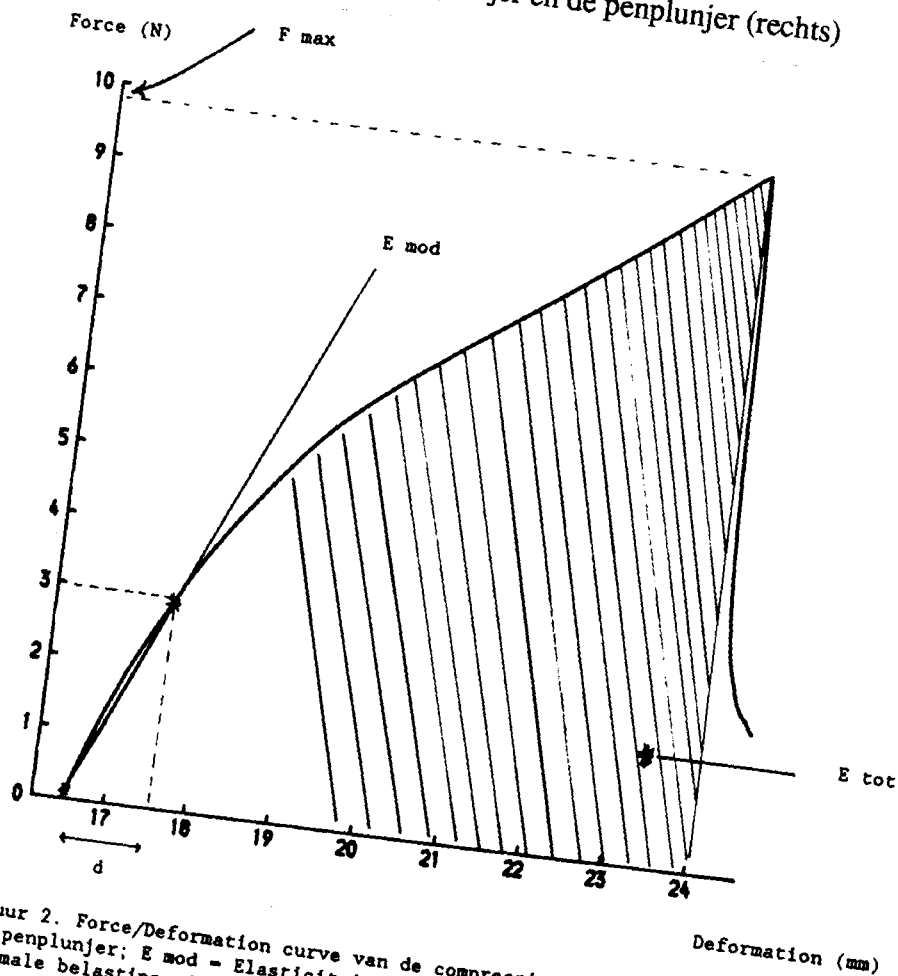
Bijlage 1. SPECIFICATIES INSTRON TEST Nr 12.

Test defenitie destructieve test met dichte bodemplaat en ringen  
plunjer penvormige plunjer, diameter 5 mm, oppervlakte 19.63 mm<sup>2</sup>  
test druk in tot de vrucht knapt en ga terug naar beginstand  
parameters vruchtdikte  
compressie bij 3.0 N (mm)  
F maximaal (N)  
Elasticiteitsmodulus (Secant 0.01-3.00 N (MPa of Kg/mm<sup>2</sup>)  
Taaigheid (Energie onder de F/D curve tot F max)

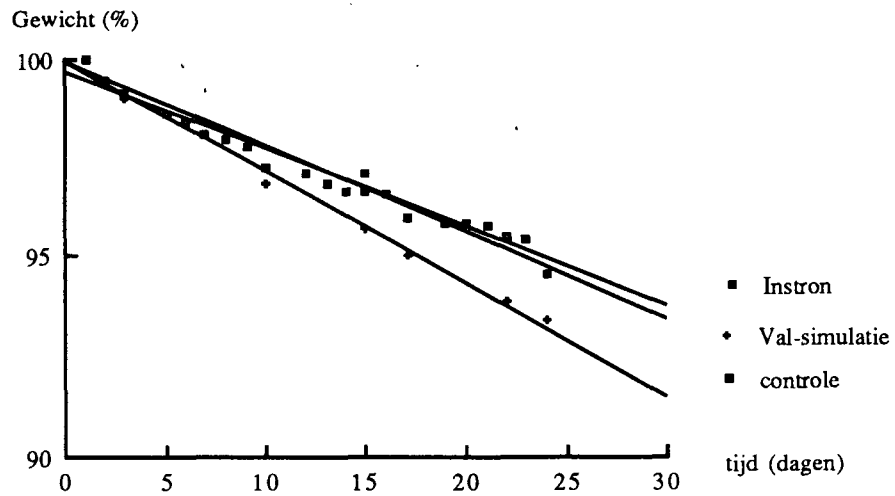
Zie voor de overige instellingen Verkerke (1989)



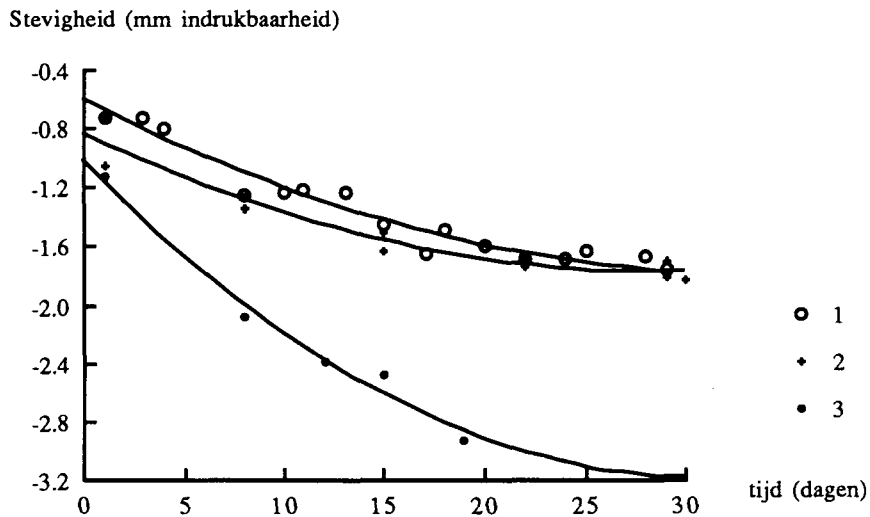
Figuur 1. De plaatplunjer en de penplunjer (rechts)



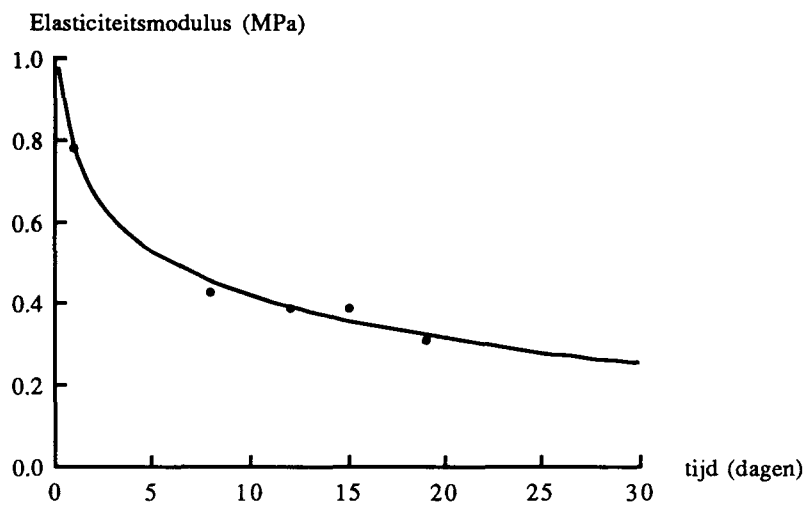
Figuur 2. Force/Deformation curve van de compressie van een tomaat met een penplunjer;  $E_{mod}$  = Elasticiteitsmodulus,  $E_{tot}$  = taaiheid,  $F_{max}$  = maximale belasting;  $d$  = compressie bij 3 (N).



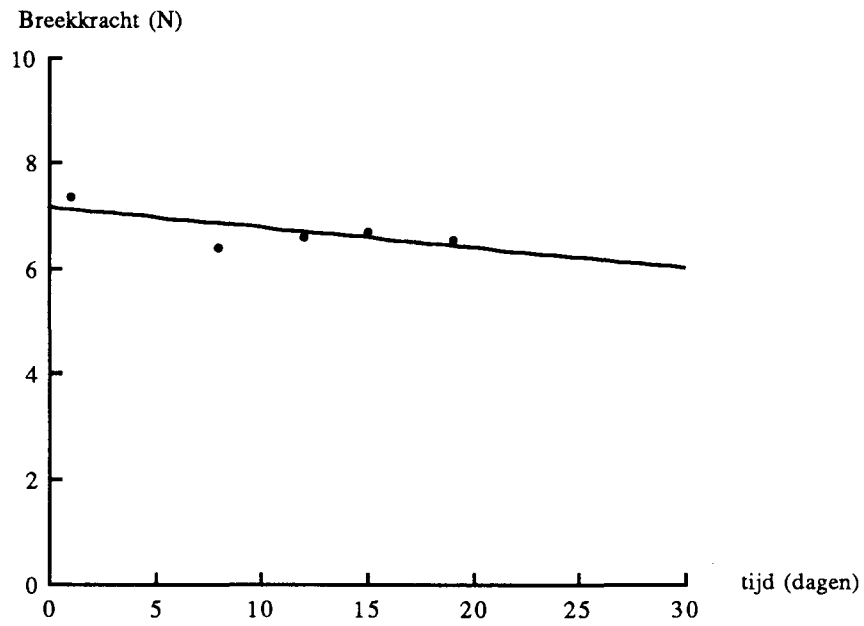
Figuur 3. Gewichtsafname tomaten bij Instron-metingen: met of zonder val-simulatie en controle (ras Liberto).



Figuur 4. Verschillende methodes van stevigheids-meting aan ras Liberto. 1, 2: plaatcompressie tot 3 N; 3: pencompressie tot 3 N; 1: herhaalde metingen (Fig. 6 uit Verkerke, 1989); 2, 3: unieke metingen.

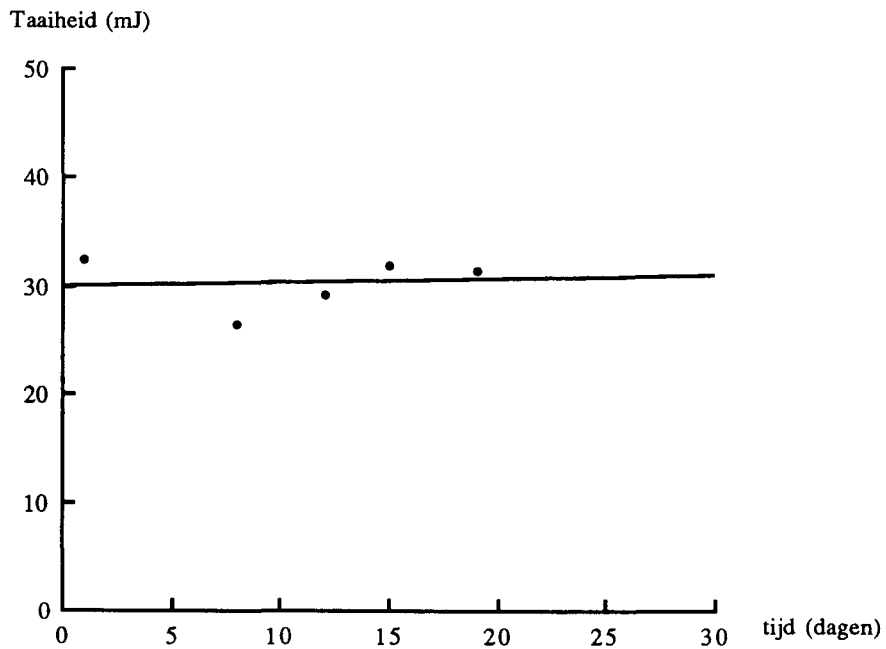


Figuur 5. Het verloop van de Elasticiteitsmodulus in de tijd (ras Liberto).



Figuur 6. Het verloop van de breekkracht van het pericarp in de tijd (ras Liberto).

$$y = 7.1286 - 3.8053e-2x \quad R^2 = 0.491$$



Figuur 7. Het verloop van de taaigheid in de tijd (ras Liberto)

$$y = 29.980 + 2.7053e-2x \quad R^2 = 0.006$$