

Modellen voor veredeling

L.M.M. Tijskens
H.A.M. Boerrigter
M.L.A.T.M. Hertog

ato-dlo



Modellen voor veredeling.

L.M.M. Tijskens, H.A.M. Boerrigter, M.L.A.T.M. Hertog

8 januari 1996

ATO-DLO,
Postbus 17, 6700 AA Wageningen

Tel: 0317.475303

fax: 0317.412260

E-mail: L.M.M.Tijskens@ATO.DLO.NL

1 Inleiding.

Het selecteren van nieuwe rassen en zaadveredeling is, naar men ons heeft verzekerd, een uiterst moeizaam, moeilijk te definiëren en dus een moeilijk uit te voeren proces. De criteria waaraan een nieuw ras moet voldoen, zijn te groot in aantal om hier op te noemen. We willen ook niet de pretentie hebben U hier nog iets over te kunnen leren.

Toch menen we dat structuur en visie aangebracht kan worden in het systeem waarmee de kwaliteitseigenschappen, waarop nieuwe rassen geselecteerd worden, beschreven worden. Door het aanbrengen van deze structuur zal, naar onze mening, gericht gezocht kunnen worden naar de descriptoren die de kwaliteit van toekomstige rassen beschrijven en/of bepalen waardoor niet alleen een tijdsbesparing maar ook een financiële besparing mogelijk is.

2 Even voorstellen.

Het **ATO** is een instituut dat onderzoek verricht, bij voorkeur in opdracht van de praktijk, op het gebied van food en non-food applicaties van land- en tuinbouw gewassen. Afdeling Systemkunde condenseert de praktische en wetenschappelijke kennis, aanwezig binnen en buiten het instituut, tot computer georiënteerde toepassingen. Deze activiteiten binnen de afdeling maken het doorgaans noodzakelijk een meer algemene visie te ontwikkelen ten aanzien van de onderzochte fenomenen. Een van deze algemenere visies is ontwikkeld om kwaliteit van land- en tuinbouw producten goed te kunnen beschrijven en soms te kunnen voorspellen.

Henry Boerrigter is op onze afdeling Systemkunde bij het ATO de persoon die de praktijk gerichte kennis vertegenwoordigt, en die er een goed oog in heeft de mogelijkheden van onderzoeksresultaten voor de praktijk geschikt te maken. De eerste ideeën en contacten voor deze bijeenkomst zijn dan ook van hem afkomstig.

Maarten Hertog is onze toekomstige man om het contact tussen onderzoek en praktijk te stroomlijnen. Hij combineert dan ook de goede eigenschappen van ons drieën.

Ikzelf (**Pol Tijskens**) probeer de technisch-wetenschappelijke kennis van experts uit de verschillende wetenschappelijke disciplines te combineren tot computer modellen die dynamisch beschrijven wat er met het produkt en voornamelijk met zijn kwaliteit gebeurt in allerlei dynamische situaties.

3 Verschillen met de traditionele aanpak.

In de, wat ik zou willen noemen de klassieke aanpak worden gedurende groei- en bewaar proeven allerlei gegevens verzameld over de toestand van een bepaald produkt. Meestal wordt op één of meer momenten gedurende groei en na-oogst bewaring een groot aantal eigenschappen van het produkt bepaald (bv. opbrengst, ziekten, stevigheid, kleur, smaak, enz.). Al deze eigenschappen worden dan middels klassieke (bv. variantie analyse, multiple lineaire regressie) of geavanceerde (bv. principal component analysis) statistische technieken min of meer lukraak tegen elkaar uitgezet. Uiteindelijk kan dit uitmonden in de zogenaamde biplot presentaties, zoals die door Claessen (Claessen et al. 1995) op de laatste Witlofdagen in Bovenkarspel zijn vertoont. Zonder afbreuk te willen doen aan deze manier van werken en analyseren, zijn wij toch van mening dat dit soort experimenten, deze manier van verzamelen van gegevens, en deze manier van uitwerken de dynamiek in het produkt volkomen verwaarloost en negeert: indien alle metingen 1 dag later zouden zijn uitgevoerd, kunnen de gevonden relaties volkomen anders liggen. Dit probleem wordt door de praktijk erkend en herkend. Voor zover wij weten, heeft men echter nog geen techniek ontwikkeld om dit stelselmatig aan te pakken.

Door het systeem voor het bouwen van modellen, dat wij op het ATO ontwikkeld hebben, zijn er echter mogelijkheden deze produkt-dynamiek mee te nemen in de selectie en beoordeling van nieuwe rassen. We moeten er wel uitdrukkelijk op wijzen dat dit systeem nog niet is toegepast voor selectie van nieuwe rassen. Daarom willen wij onze inzichten in modelbouw en kwaliteitsverloop aan experts in de zaadveredeling voorleggen. Gezamenlijk zou een inzicht in de praktische toepassingsmogelijkheden gevonden kunnen worden.

4 Wat is kwaliteit.

Wanneer we de kwaliteit van het (toekomstige) produkt als criterium hanteren (naast criteria als opbrengst, ziekte resistentie e.d.) wordt het al gauw onmogelijk het ongedefinieerde begrip kwaliteit te vertalen van de consument (eindgebruiker) naar de producent (teler), van de afnemer van zaad (teler) naar de producent van zaad (zaadveredelaar), van de ene keurmeester naar de andere.

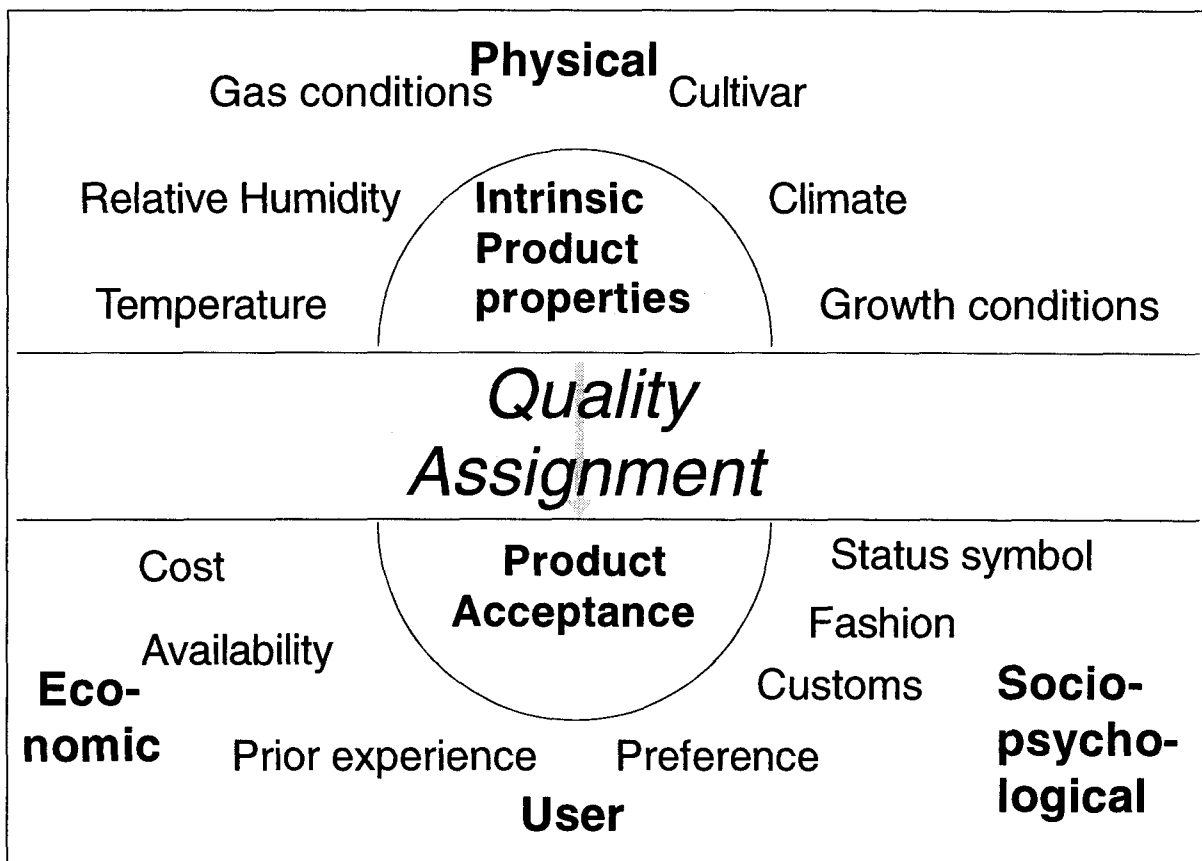
Zonder afbreuk te doen aan de persoonlijke voorkeuren van individuen en van groepen, is het mogelijk een systeem te ontdekken in de perceptie en beoordeling van de kwaliteit van een produkt. Dit is behandeld in een lezing voor COST94 in Oosterbeek (Tijskens et al. 1994e). In het kort komt het hierop neer dat kwaliteit door de consument / beoordelaar wordt toegekend aan een produkt op basis van fundamentele eigenschappen van dat produkt. In Tabel 1 staan een paar voorbeelden vermeld.

Veranderingen in kwaliteit (bij gelijkblijvende criteria) kunnen dan ook direct en onverkort toegeschreven worden aan de veranderingen in de eigenschappen van het produkt die bepalend zijn voor de kwaliteitsattributen.

De omstandigheden gedurende de groei en de bewaring zullen de mate van verandering in de eigenschappen mede bepalen.

In Figuur 1 is een schematisch overzicht van de invloedsfactoren en werking van kwaliteitstoekenning.

Tabel 1 Op welke eigenschappen zijn attributen gebaseerd.		
Attribuut	Eigenschap	Voorbeeld
kleur	concentratie van kleurstoffen	chlorofyl, feofytine, lycopene
stevigheid	concentratie van celwand biopolymeren + structuur van het produkt	pektine, hemicellulose, cellulose, lignine + cel -dichtheid, -grootte, -vorm
smaak & aroma	concentratie van smaakstoffen en van aromastoffen	suikers, zuren esters, aldehyden en ketonen
bacterieel rot	resistentie tegen infectie + groeisnelheid bacterie	beschadiging antibacteriële stoffen



Figuur 1 Kwaliteitsschema

5 Kwaliteitsverloop Modellen.

Dit zijn modellen die kwaliteit beschrijven zonder rekening te houden met een beoordelingscriterium, dus uitsluiten beschrijven hoe de kwaliteitseigenschappen veranderen:

- roodverkleuring witlof (Wojcik et al. 1995)

- kleurontwikkeling tomaten (Tijskens & Evelo 1994c)
- LTB komkommers & paprika (Tijskens et al. 1994d)
- verzoeting van aardappelen (Hertog 1995)
- respiratie (Peppelenbos et al. 1993, 1996, Tijskens 1995b)
- enzyme werking en denaturatie (nog niet gepubliceerd)

Als voorbeeld wordt het model voor de kleurontwikkeling van tomaten wat verder uitgediept.

De roodverkleuring wordt gemodelleerd door middel van de algemene groei- of logistische curve:

$$y = y_{-inf} + \frac{y_{+inf} - y_{-inf}}{1 + e^{k * (C - t)}} \quad 1$$

- met
- t : tijd
 - y : een kleurwaarde (bv. a, b, a/b of Hue)
 - y_{-inf} : de kleurwaarde op t= - oneindig
 - y_{+inf} : de kleurwaarde op t= + oneindig
 - C : time shift factor
 - k : temperatuur afhankelijke reactie snelheid

De time shift factor C kan uitgedrukt worden in functie van de twee limit waarde bij + en - oneindige tijd en de **toevallige** beginwaarde.

$$C = \frac{\ln \left(\frac{y_{+inf} - y_{-inf}}{y_0 - y_{-inf}} - 1 \right)}{k} \quad 2$$

met y₀ : de kleurwaarde op t=0

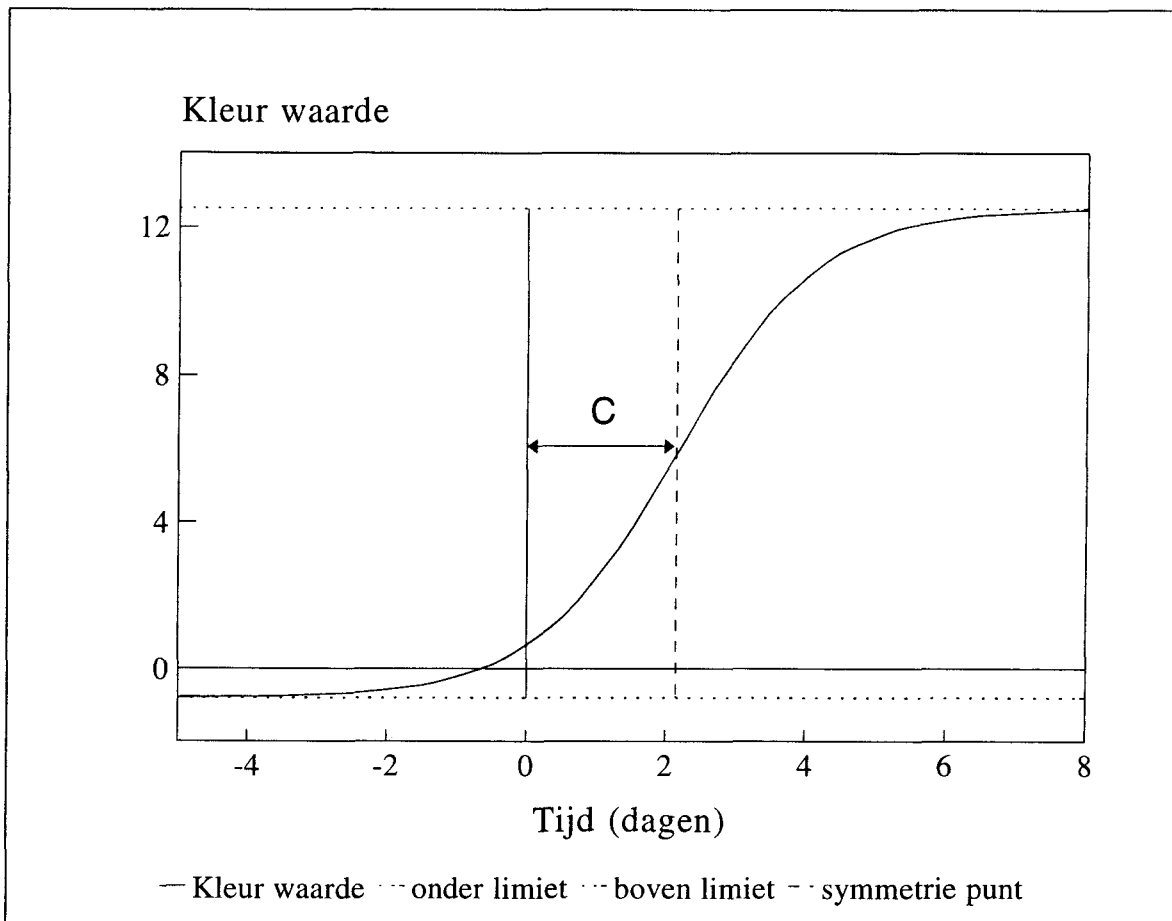
Hieruit blijkt dat de factor C volledig is gedefinieerd door de **toevallige** beginwaarde, en dus onmogelijk een produkt constante (kengetal voor een produkt) kan zijn, maar uitsluitend afhankelijk is van de partij.

Combinatie van de twee functies levert:

$$y = y_{-inf} + \frac{y_{+inf} - y_{-inf}}{1 + \frac{y_{-inf} - y_0}{y_0 - y_{-inf}} * e^{-k * t}} \quad 3$$

In Figuur 2 wordt het algemene verloop van de functie getoond.

De invloed van de temperatuur op de veel fundamentele som van twee afhankelijke reactieconstanten (nog niet gepubliceerd) die ieder apart afhankelijk zijn van de temperatuur volgens de algemeen geldende Arrhenius formule:



Figuur 2 Algemeen verloop logistische functie, toegepast op kleur tomaat

$$k_i = k_{i,ref} e^{\frac{Ea_i}{R} \left(\frac{1}{T_{abs}} - \frac{1}{T_{ref}} \right)} \quad 4$$

Naar het zich nu laat aanzien, zijn de parameters voor deze twee reactiesnelheidsconstanten ($k_{1,ref}$, $k_{2,ref}$, Ea_1 en Ea_2) wel constant en specifiek voor een bepaalde cultivar. De indruk bestaat zelfs dat zij door een normalisering (door de kleur uit te drukken op een kleurschaal van 0 tot 1) geldig zouden zijn voor alle tomaten cultivars én voor alle kleurbepalende meetmethoden (nog niet gepubliceerd). De twee kleurwaarden bij y_+ en y_- , bij + en - oneindige tijd, zouden dan de enige parameters (kengetallen) zijn die de actuele verschillen tussen de verschillende cultivars tot uitdrukking brengen.

6 Houdbaarheid en acceptatie modellen.

Dit zijn modellen die op een zeer algemene wijze en weinig gedetailleerd beschrijven hoe de beoordeling van een produkt door een gebruiker / koper verandert ten gevolge van een verandering in kwaliteit en criterium gelijktijdig. Houdbaarheid- en acceptatiemodellen zijn dus *geen* consumenten modellen (die zijn marktgericht). Ze maken echter wel gebruik van die criteria die consumenten aanleggen bij het beoordelen van een produkt.

- houdbaarheidsmodel (Tijskens 1995a, Tijskens et al. 1996a, 1994a)
- acceptatie model (Tijskens et al. 1996b, Sloof et al. 1995)

Als voorbeeld wordt hier het houdbaarheidsmodel wat verder uitgediept. Veronderstel dat de kwaliteit Q van een produkt door drie verschillende (eerste orde) reacties gelijktijdig wordt aangetast.

$$Q \xrightarrow{k_1} \text{decrease}$$

$$Q \xrightarrow{k_2} \text{decrease}$$

$$Q \xrightarrow{k_3} \text{decrease}$$

5

hence

$$\frac{dQ}{dt} = - (k_1 + k_2 + k_3) \cdot Q$$

bv. 1. lage temperatuur bederf, 2. normale temperatuur bederf en 3. hoge temperatuur bederf.

De analytische oplossing voor dit probleem wordt dan:

$$KQ = \frac{\log_e \left(\frac{Q_0}{Q_{lim}} \right)}{k_1 + k_2 + k_3}$$

6

Onafhankelijk van het mechanisme van kwaliteitsafbraak kan deze formule algemeen geschreven worden als:

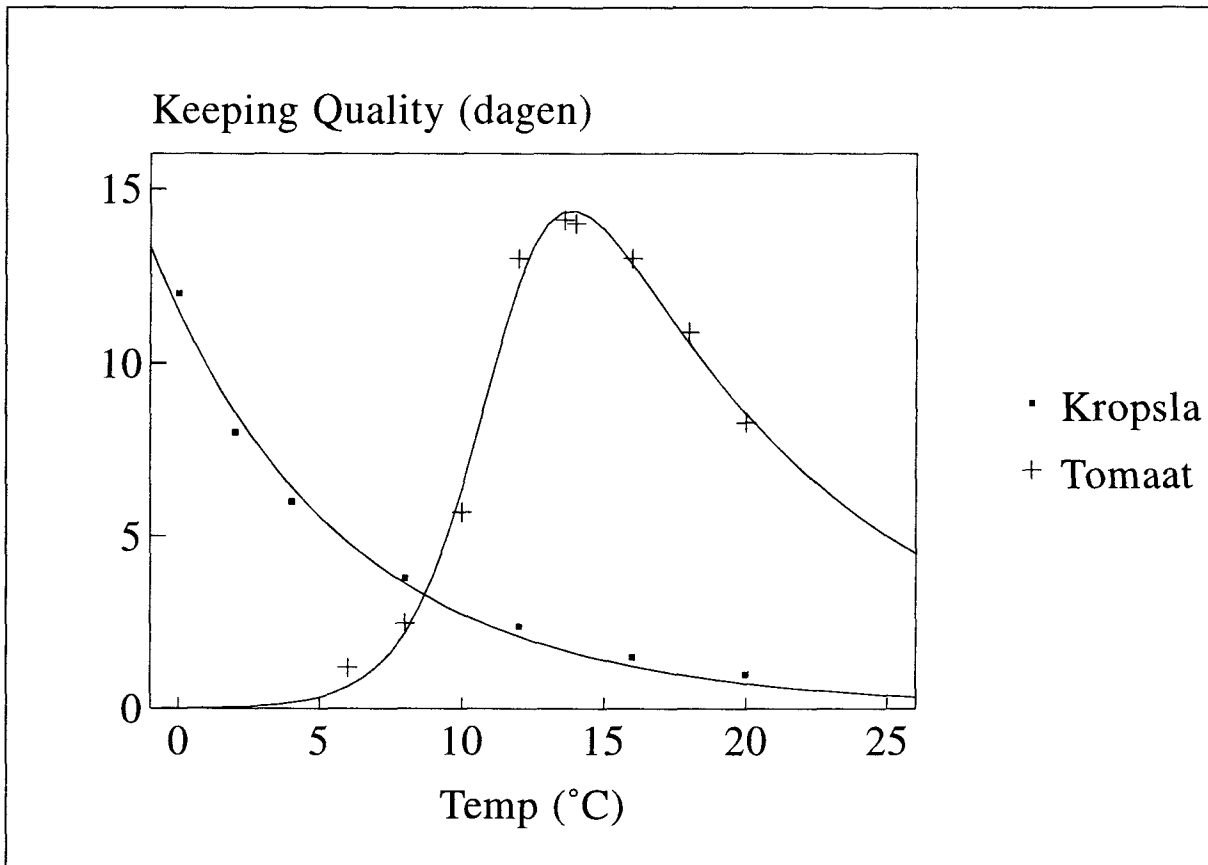
$$KQ = \frac{KQ_{ref}}{\sum_{i=1}^N k_i}$$

7

met KQ = de houdbaarheid (keeping quality)
 k_i = snelheid van de optredende processen
 Q_0 = initiële kwaliteit
 Q_{lim} = kwaliteitslimiet voor acceptatie
 N = aantal optredende processen

Ook hier zijn weer de verschillende reactiesnelheden afhankelijk van de temperatuur volgens de algemene wet van Arrhenius (vgl 4). Ook hier zijn de kinetische constanten k_i en Ea_i de gezochte kengetallen die het gedrag van een cultivar beschrijven. De twee waarden voor kwaliteit (Q_{lim} en Q_0) is het kwaliteitscriterium zoals dat door de consument gebruikt wordt, en de beginkwaliteit van een partij. Beiden zijn voor veredeling van weinig tot geen betekenis. In Tabel 2 zijn de geschatte waarden voor de parameters (kengetallen) gegeven voor een aantal produkten met slechts 1 bepalend kwaliteitsverminderend proces, in Tabel 3 voor een aantal produkten met 2 bepalend

kwaliteitsverminderend processen. In Figuur 3 wordt de houdbaarheid in functie van de temperatuur getoond voor kropsla en tomaat.



Figuur 3 Houdbaarheid ifv temperatuur voor een enkel limiterend attribuut (sla) en twee limiterende attributen (tomaat)

Vastgesteld is (Tijskens et al. 1994b) dat $\log_e \left(\frac{Q_0}{Q_{lim}} \right)$, de teller in vgl 7, afhankelijk is van het moment van oogst op de dag, dus van de voedselreserve Q_0 in de plant (Tijskens et al. 1994b). Dit is dus een batch afhankelijke parameter. De noemer was niet afhankelijk van het oogstmoment.

Ook is aangetoond (Polderdijk et al. 1995) dat CA en MA bewaring uitsluitend een effect heeft op de grootte van de kinetische parameters (de snelheidsconstanten = noemer van vgl 7) volgens het respiratiemodel en niet op de teller. Dit betekent dus dat de snelheidsconstanten uitsluitend cultivar afhankelijk zijn en niet afhankelijk zijn van de toevallige eigenschappen van een batch. Ook dit geeft aan dat de decompositie van de processen die zich afspelen in het produkt op een 'juiste' en toepasbare manier gebeurd is.

		Geschatte parameters		
Produkt	R^2_{adj}	KQ_{ref}	$k_{ref}(1)$	$Ea(1)/R$
Bloemkool	99.4	6.074	1	14944.0
Spruitjes	94.1	1.552	1	17147.0
Kropsla	98.7	2.762	1	11015.0
Champignon	99.8	2.410	1	6194.0
Ui	98.7	99.570	1	6696.0

Tabel 2: Geschatte parameters voor een enkel limiterend attribuut, gebaseerd op vgl 7. Data Sprenger Instituut.

		Geschatte parameters				
Produkt	R^2_{adj}	KQ_{ref}	$k_{ref}(1)$	$Ea(1)/R$	$k_{ref}(2)$	$Ea(2)/R$
Sperziebonen	80.0	5.985	1	9712.0	0.0549	32694.0
Paprika	98.6	11.800	1	15458.0	0.0648	40449.0
Komkommer	97.6	15.040	1	4343.0	0.6800	19206.0
Papaya	95.5	30.040	1	6387.0	0.5330	21390.0
Tomaat	98.6	26.510	1	9369.0	3.1500	50697.0

Tabel 3: Geschatte parameters voor twee limiterende attributen, gebaseerd op vgl 7. Data Sprenger Instituut.

7 Toepassing voor de veredeling.

Uit de voorgaande voorbeelden volgt onmiddellijk het opsplitsen van de parameters in cultivar specifieke, partij specifieke en omstandigheden specifieke parameters grote voordelen biedt om gebruikt te worden als kengetallen en toetsgrootheden voor de veredeling.

Voor de veredeling is het dus van het grootste belang in een vroegtijdig stadium de cultivar specifieke parameters te kunnen definiëren (welke) en vast te kunnen stellen (hoeveel).

De hier gebruikte techniek geeft in principe de mogelijkheid onderzoek naar deze grootheden en meetmethoden gericht te kunnen sturen zonder dit door trial en error vast te hoeven stellen. Dit wil niet zeggen dat we nu reeds kunnen aangeven hoe de zaadselectie kan worden verbeterd cq. versneld. Wel kunnen we de algemene lijnen aangeven (voor die produkten en kwaliteitseigenschappen waarvoor modellen aanwezig zijn of ontwikkeld worden) hoe het onderzoek en de toepassing er in de praktijk uit zal zien.

Literatuur

- Claessen G., Goffings G., Degreef J., Baeten L. (1995): Produktiviteit, inwendige en bewaarkwaliteit van de praktijkrassen. Pag. 34-52 Witlofsymposium: *Integrale Keten Zorg*, 22 september, Boverkarspel, NL.
- Hertog M.L.A.T.M. (1995): The accumulation of reducing sugars during storage of potato tubers. A mathematical approach. Proceedings 29th FNK *Europe Conference on Potato processing*, 15-17 November, Doorwert, NL.
- Peppelenbos H.W., Van 't Leven J., Van Zwol B.H., Tijskens L.M.M. (1993): The influence of O₂ and CO₂ on the quality of fresh mushrooms. *Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, USA*.
- Peppelenbos H.W., Tijskens L.M.M., van 't Leven J., Wilkinson, E.C. (1996): Modelling oxidative and fermentative carbon dioxide production of fruits and vegetables. Accepted *Postharvest Biology & Technology*.
- Polderdijk A.A., H.A.M. Boerrigter, L.M.M. Tijskens (1995): Possibilities of the model on keeping quality of vegetable produce in controlled atmosphere and modified atmosphere applications. IIR 19th International Congress *For a better quality of life*, 20-25 August, the Hague, NL.
- Sloof M., Tijskens L.M.M. (1995): Effects of temperature and time during dark storage on the acceptability of potted plants. IIR 19th International Congress *For a better quality of life*, 20-25 August, the Hague, NL.
- Tijskens L.M.M., Polderdijk A.A. (1994a): Keeping quality and temperature, quality limits and initial quality. COST94 seminar on Quality Criteria, 19-21 April, Bled, Slovenia.
- Tijskens L.M.M., Cameron A.C., Lange D.D., van Doorn W.G. (1994b): Influence of temperature and diurnal harvest time on the keeping quality of sweet basil. Poster at the Final seminar COST94, October 19-22, Oosterbeek, NL.
- Tijskens L.M.M., Evelo R.G. (1994c): Modelling colour of tomatoes during postharvest storage. *Postharvest Biology & Technology* 4, 85-98.
- Tijskens L.M.M., Otma E.C., van Kooten O. (1994d): Photosystem II quantum yield as a measure of radical scavengers in chilling injury in cucumber fruits and bell peppers. A static, dynamic and statistical model. *Planta* 194, 478-486.
- Tijskens L.M.M., Sloof M., Wilkinson E.C. (1994e). Quality of perishable produce. A philosophical approach. Proceedings *COST94 Workshop*, October 1994, Wageningen, NL.
- Tijskens L.M.M. (1995a): A generic model on keeping quality of horticultural products, including influences of temperature, initial quality and quality acceptance limits. IIR 19th International Congress *For a better quality of life*, 20-25 August, the Hague, NL.
- Tijskens L.M.M. (1995b): A model on the respiration of vegetable produce during postharvest treatments. Agri-Food 95 An international Conference on *Agri-Food Quality*, 25-28 June, Norwich, UK.
- Tijskens L.M.M., Polderdijk J.J. (1996a): A generic model on keeping quality of vegetable produce during storage and distribution. Accepted *Agricultural Systems*.
- Tijskens L.M.M., Sloof M., Wilkinson E.C., van Doorn W.G. (1996b): A model on the effects of temperature and time on the acceptability of potted plants stored in darkness. Accepted *Postharvest Biology & Technology*.
- Wojcik A.M.W., Tijskens L.M.M. (1995): Model voor roodverkleuring van witlof. ATO Rapport nr. 469, december.