Houdbaarheidsbepalende componenten in prei

Remmie Booij & Simon Schouten*

* ATO-DLO

ab-dlo

nota 129, Wageningen
september 1998

935002

DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO)

AB-DLO doet innoverend fundamenteel en toegepast onderzoek ter bevordering van de kwaliteit en duurzaamheid van de plantaardige productie. Het instituut ontwikkelt kennis, technieken en technologieën voor land- en tuinbouw, industriële partners en overheden. De producten die AB-DLO op de markt brengt zijn gegroepeerd in drie productgroepen/thema's:

Plantaardige productie en productkwaliteit
- Geïntegreerde en biologische productiesystemen
- Onkruidbeheersingssystemen
- Precisielandbouw
- Groene grondstoffen en inhoudsstoffen
- Innovatie glastuinbouw
- Kwaliteit van plant, gewas en product

Bodem - plant - milieu
- Bodem- en luchtkwaliteit
- Klimaatverandering
- Biodiversiteit

Multifunctioneel en duurzaam landgebruik
- Nutriëntenmanagement
- Rurale ontwikkeling en voedselzekerheid
- Agro-ecologische zonering
- Multifunctionele landbouw
- Agrarisch natuurbeheer

AB-DLO beschikt over unieke expertise op het gebied van plantenfysiologie, gewas- en productie-ecologie, bodemchemie en -ecologie, agro-ecologie en systeemtechnologie.
AB-DLO verricht onderzoek met behulp van geavanceerde onderzoeksfaciliteiten:
- goed geoutilleerde laboratoria;
- computerbeeldverwerking voor analyse van wortelbeelden en activiteit van bodembacteriën;
- verschillende typen klimaatruimten, bijvoorbeeld 'ESPAS' voor onderzoek met radioactief gelabelde stoffen in bodem-plant-atmosfeer;
- het 'Phytolab' voor eco-fysiologische karakterisering van (transgene) planten en voor detectie en kwantificering van stress;
- het 'Wageningen Rhizolab' voor simultane registratie van boven- en ondergrondse groeiprocessen onder veldcondities;
- mobiele apparatuur voor meting van de lichtbenutting van gewassen en vegetaties in het veld;
- Open-Top kamers voor onderzoek naar het effect van luchtverontreiniging op de groei van planten onder veldcondities;
- proefbedrijven op verschillende grondsoorten.

Adres : Bornsesteeg 65, Wageningen
: Postbus 14, 6700 AA Wageningen
Telefoon : 0317.475700
Telefax : 0317.423110
E-mail : postkamer@ab.dlo.nl
Internet : http://www.ab.dlo.nl/abhome1.htm

Inhoudsopgave

		pagina
1	Samenvatting	1
2	Voorwoord	3
3	Inleiding	5
4	Methodieken	7
5	Analyse van variatie in houdbaarheid	9
5.1	Plantkarakterisering	9
5.2	Houdbaarheid	10
5.3	Relatie houdbaarheid en parameters	11
5.4	Houdbaarheidsmodel	13
5.5	Conclusies	15
6	Toetsing van het houdbaarheidsmodel	17
6.1	Karakterisering materiaal	17
6.2	Toetsing model	18
6.3	Conclusies	20
7	Dynamiek houdbaarheidsbepalende componenten voor en na de oogst	21
7.1	Effecten van het oogsttijdstip	21
7.2	Verloop parameters tijdens de naoogst	23
7.2.1	Visuele veranderingen	23
7.2.2	Verloop fysiologische parameters	23
7.2.3	Verloop chemische parameters	26
7.3	Conclusies	32
8	Consequenties van het onderzoek	35
8.1	Toetsontwikkeling	35
8.2	Teeltmaatregelen	35
8.3	Nader onderzoek	35
Bijlage I	Details methodieken	4 pp.
Bijlage II	Projectbeschrijving	4 pp.
Bijlage III	Lijst met afkortingen	1 p.

1 Samenvatting

In de periode 1996-1997 is door AB-DLO en ATO-DLO onderzoek uitgevoerd naar de variatie in houdbaarheid van prei. Het betroffen hierbij twee aspecten, namelijk 1) de variatie in houdbaarheid tussen verschillende herkomsten op de veilingen gedurende het seizoen, en 2) de veranderingen in houdbaarheid ten gevolg van het oogsttijdstip.
Door gelijktijdig aan alle monsters waarvan de houdbaarheid werd bepaald een aantal chemische (totaal stikstof, oplosbaar eiwit, ammonium, vrije aminozuren, wateroplosbare koolhydraten, zetmeel, organische zuren en chlorofyl) en fysiologische parameters (CO_2 productie, O_2 consumptie, ethyleen productie en kwantum efficiëntie) te meten is gepoogd een verklaring te vinden voor de waargenomen variatie in houdbaarheid op basis van de gemeten parameters.
Het moment waarop het blad verkleurde bepaalde in belangrijke mate de houdbaarheid. De houdbaarheid bij 10°C varieerde gedurende het seizoen tussen 1,8 en 8,5 dagen, waarbij 40% van de monsters tussen 4,5 en 5,5 dagen lagen.
Geen van de afzonderlijke chemische en fysiologische parameters gaf een eenduidige relatie met de waargenomen houdbaarheid te zien. Alleen het gehalte aan oplosbaar eiwit was op alle bemonsteringstijdstippen significant positief gerelateerd aan de houdbaarheid. Een combinatie van parameters was in staat maximaal 60% van de waargenomen variatie in houdbaarheid te verklaren.
Na toetsing van het model in het daaropvolgende jaar is naar voren gekomen dat kwantum efficiëntie, het oplosbaar eiwit, het kalium-, het magnesium-, het drogestof gehalte en het gehalte aan organische zuren, van alle gemeten parameters de meest belangrijke zijn ten aanzien van de houdbaarheid.
In een herfstteelt (praktijk) is nagegaan in hoeverre de houdbaarheid en de eerder genoemde chemische en fysiologische parameters afhankelijk zijn van het oogsttijdstip. De houdbaarheid nam sterk af naarmate er later werd geoogst. Het verschil in houdbaarheid tussen de eerste en laatste oogst was overeenkomstig de range waargenomen voor de verschillende herkomsten. De hoogste houdbaarheid werd waargenomen voordat de maximale opbrengst werd behaald. Het drogestofgehalte van het blad en het totale gehalte aan aminozuren in de schacht nam toe naarmate later werd geoogst, terwijl het gehalte aan oplosbaar eiwit en kalium afnam naarmate later werd geoogst. De verhouding tussen het totaal stikstofgehalte in het blad en dat in de schacht nam af bij latere oogst.
Na de oogst nam de kwantumefficiëntie van het oudste blad sterk af, evenals het gehalte aan oplosbaar eiwit in het totale blad. Het totaal stikstofgehalte in de schacht nam sterk toe gedurende de naoogstperiode terwijl het gehalte aan vrije aminozuren in de gehele plant sterk toenam.

De belangrijkste conclusies zijn:
- Het oogsttijdstip is een belangrijke ingang voor het beïnvloeden van de houdbaarheid.
- Het optimaal oogsttijdstip ten aanzien van de houdbaarheid wordt mogelijk bepaald door de mate waarin de herverdeling van stikstof tussen blad en schacht is gevorderd.
- Geen van de gemeten parameters is geschikt voor de ontwikkeling van een houdbaarheidstoets op korte termijn. Componenten van de stikstofhuishouding bieden het meeste perspectief in deze.

De volgende parameters leverden een significante bijdrage: kwantum efficiëntie, oplosbaar eiwit, organische zuren, zetmeel, wateroplosbare koolhydraten, kalium, calcium, magnesium, ammonium, glutamine, valine, tryptophan, lysine, leucine, asparagine, proline, threonine en CO_2.

2 Voorwoord

In dit rapport worden de resultaten weergegeven van een onderzoeksproject met de titel:

"*Onderzoek naar de relatie tussen teelt- en klimaatfactoren en de houdbaarheid/kwaliteit van prei*"

Het project is begonnen op 1 december 1995 en is afgesloten op 1 juni 1998. De datum van afsluiting ligt later dan de oorspronkelijke datum (1/12/97). Uitstel was noodzakelijk vanwege een periode met strenge vorst gedurende de winter 1996/1997, waardoor niet beschikt kon worden over het benodigde materiaal voor een deel van het project.

Het project werd gefinancierd door het 'Productschap voor Groenten en Fruit', het 'Landbouwschap' en het Ministerie van Landbouw Natuurbeheer en Visserij. De totale kosten van het project bedroegen Dfl 723.000,- , waarvan de helft werd opgebracht door het Productschap en het Landbouwschap. Het Centraal Bureau voor Tuinbouwveilingen en later de 'Greenery' droegen bij in natura door levering van de preimonsters van de verschillende herkomsten.

Gedurende de looptijd van het project is een begeleidingscommissie actief geweest. In deze commissie hadden de volgende personen zitting: : ir. P.H.M. Dekker (PAV), T. van Doormalen (NVPZ), B. Groeneweg (CBT)/ ir A.M. Krechting (Greenery), drs. S.P. Schouten (ATO-DLO), G. Smits (NTS-prei/LTO) en ir. M. Stallen (PT). De commissie is in totaal vier keer bijeengeweest en wel op 21/1/96, 15/10/96, 12/2/98 en 17/5/98.

De uitvoering van het project was in handen van het Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) en het Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek (ATO-DLO). De volgende personen waren in meer of mindere mate (mede)verantwoordelijk voor het succes van het onderzoek door hun medewerking bij de uitvoering ervan:
Drs S.P Schouten (ATO-DLO); ing M.G.J Mensink (ATO-DLO), ing T.R. Lammers (ATO-DLO), ing E.J.J. Meurs (AB-DLO), G.W. van den Born (AB-DLO), W.A. Pape (AB-DLO) en dr R. Booij (AB-DLO, projectleider).

Prei monsters van verschillende herkomsten konden worden verkregen dankzij de medewerking van de veiling ZON en de Greenery-locatie Breda.
Voor het onderzoek naar de veranderingen in houdbaarheid tijdens de teelt werd gebruik gemaakt van een praktijkperceel van de heer Smits in de Heurne (Gld). Dankzij de medewerking van hem en zijn medewerkers kon de prei op een voor de praktijk gebruikelijke wijze worden behandeld.

Tenslotte wil ik genoemden en alle anderen die op enigerlei wijze hebben bijgedragen aan het welslagen van het project bedanken voor hun medewerking of betrokkenheid.

Remmie Booij
(projectleider)

3 Inleiding

De kwaliteit van het product op het moment dat het bij de consument komt is de resultante van de kwaliteit op het moment van de oogst en het kwaliteitsverloop tijdens de naoogstfase. De snelheid waarmee de kwaliteit verandert tijdens deze fase bepaalt de houdbaarheid van het geoogste product. In het kader van integrale ketenzorg is het van belang te beschikken over informatie met betrekking tot de kwaliteit c.q. de houdbaarheid op het moment dat het product overgaat van de producent naar het handelskanaal.
De kwaliteit van het product en de houdbaarheid daarvan zijn in belangrijke mate gerelateerd aan de gewasgroei in de voorafgaande periode. Vooral bladgewassen, welke niet tot de traditionele "bewaargroenten" behoren, geven problemen met betrekking tot de houdbaarheid.

Uit de reguliere houdbaarheidscontroles van prei blijkt dat er een grote variatie is ten aanzien van de houdbaarheid. De oorzaken van deze verschillen zijn veelal niet direct aan te wijzen en evenmin kan bij het begin van de naoogstfase voldoende worden voorspeld wat de houdbaarheid van het product zal zijn. Voor beide aspecten is het noodzakelijk te beschikken over planteigenschappen als kwaliteitscriterium, waarop tijdens de teelt gestuurd kan worden en waarmee aan het begin van de naoogstfase kan worden aangetoond in welke mate het product houdbaar is en welke bewaarbehandeling optimaal is.
In het geval van prei bestaat het oogstbaar product hoofdzakelijk uit blad. In tegenstelling tot een vrucht, waar kan worden gesproken over een zekere mate van rijpheid bij de oogst, is het te oogsten product bij prei veelal nog in een fase van groei. Fysiologische en biochemische processen welke spelen tijdens de rijping van een vrucht kunnen daarom niet direct worden toegepast op een bladgewas als prei. De fysiologische processen welke een belangrijke rol spelen tijdens de naoogstfase van prei en de houdbaarheid beïnvloeden zullen veelal betrekking hebben op veroudering, welke ingang zijn gezet of versneld zijn door het oogsten (verwijderen wortels en een gedeelte van het blad). Welke veranderingen hierbij de belangrijkste zijn, is niet bekend en zullen dus moeten worden geïdentificeerd.
Houdbaarheid wordt veelal visueel vastgesteld, waarbij na een zekere tijdsduur wordt bezien in hoeverre het product nog voldoet aan gestelde kwaliteitseisen. Zolang de planteigenschappen, welke de houdbaarheid bepalen niet zijn gekarakteriseerd, kan niet worden aangegeven waarop tijdens de teelt moet worden gestuurd en is het evenmin mogelijk de houdbaarheid op het moment van de oogst te voorspellen of de optimale bewaarcondities expliciet te definiëren. De hiervoor benodigde toets kan pas worden ontwikkeld, zodra voldoende inzicht bestaat met betrekking tot de karakterisering van houdbaarheid.

De resultaten kunnen de aanzet zijn tot het formuleren van adviezen aan de teler over hoe het gewas te behandelen, zodat kwaliteit en houdbaarheid binnen gestelde randvoorwaarden kan worden gemaximaliseerd.
Gebaseerd op het voorafgaande is een project geformuleerd met de volgende doelstellingen (zie voor projectbeschrijving Bijlage I)

a) aan te geven welke chemische of fysiologische parameters de houdbaarheid karakteriseren,
b) de fysiologische parameters te analyseren ten aanzien van hun voorspellende waarde aangaande de houdbaarheid bij aanvang van de naoogstfase,

Het gewas prei zal hierbij als 'modelgewas' worden gebruikt, in hoofdzaak omdat bij dit gewas de meeste problemen ten aanzien van de houdbaarheid worden geconstateerd.

In het eindrapport komt het volgende aan de orde:

- Allereerst zal aan de hand van een groot aantal monsters afkomstig uit de veilingaanvoer worden aangegeven in hoeverre gemeten fysiologische- en chemische parameters in staat zijn de variatie in houdbaarheid te verklaren.
- Vervolgens zal de waarde van het in het voorafgaand ontwikkelde houdbaarheidsmodel worden getoetst.
- Daarnaast zal worden weergegeven hoe de houdbaarheid en de fysiologische- en chemische parameters voor en na de oogst veranderen aan de hand van prei verkregen uit een praktijk perceel (dynamiek houdbaarheidsbepalende componenten voor en na de oogst)

Tenslotte zal worden aangegeven wat de resultaten betekenen ten aanzien van de voorspelling van de houdbaarheid en de beïnvloedbaarheid middels teeltmaatregelen.

4 Methodieken

In het volgende worden kort de gebruikte methodieken weergegeven, zoals die zijn toegepast voor de analyse van de variatie in houdbaarheid, de toetsing van het houdbaarheidsmodel en de dynamiek van de houdbaarheidsbepalende componenten. Details staan in Bijlage I.

Herkomst materiaal
Voor de analyse van de variatie in houdbaarheid, werden telkens monsters van verschillende herkomsten op maandagochtend uit de aanvoer gehaald. Dit betrof materiaal afkomstig uit te weekend koeling. De monsters werden op 15/1/96, 12/2/96, 11/3/96, 22/4/96, 20/5/96, 10/6/96 en 8/7/96 betrokken van de veiling ZON (Grubbenvorst) en op 18/11/96 van de Greenery, locatie Breda. Telkens werd willekeurig materiaal van 18 verschillende herkomsten (twee kisten per herkomst) genomen.

Voor de toetsing van het model, zoals dat was verkregen uit de analyse van de variatie in 1996, werden in 1997 opnieuw monsters genomen uit de veilingaanvoer. Hiervoor werden op 17/2/97, 21/4/97, 20/5/97, 6/6/97, 13/10/97 en 7/11/97 telkens twee kisten van vijf verschillende herkomsten op de Greenery locatie Breda genomen.

De twee kisten van elke herkomst werden vervolgens behandeld als afzonderlijke eenheden.

De prei voor het onderzoek naar de dynamiek van houdbaarheidsbepalende componenten voor en na de oogst werd verkregen uit een praktijkperceel in De Heurne (Gld). Het praktijk perceel werd bemonsterd op 13/10/97, 3/11/97, 17/11/97 en 1/12/97. Gegevens met betrekking tot de teelt worden weergegeven in Bijlage I.

Bepalingen
Ten behoeve van de verschillende bepalingen werden de planten in de kist verdeeld over verschillende sub-monsters. De volgende bepalingen werden uitgevoerd, zowel aan de veiling monsters als de monsters afkomstig uit het praktijkperceel:

- Houdbaarheid
- Vers en droog plantgewicht
- Chemische samenstelling: stikstof (totaal stikstof (Ntot) en stikstof in de oplosbare eiwitfractie (Ntca)), ammonium, vrije aminozuren, water oplosbare koolhydraten (wok), zetmeel, organische zuren (appelzuur en citroenzuur), chlorofyl. Voor het onderzoek naar het verloop van de houdbaar tengevolge van het oogsttijdstip werden blad en schacht afzonderlijk geanalyseerd
- Fysiologische parameters: CO_2 productie, O_2 consumptie, ethyleen productie en kwantum efficiency (CF).

Details met betrekking tot de verschillende bepalingen worden weergegeven in Bijlage I.

Houdbaarheid werd bepaald door het sub-monster weg te zetten in een geconditioneerde ruimte bij 10°C en RV 60-80%. De houdbaarheid van de monsters werd bepaald door dagelijks elke plant afzonderlijk te beoordelen op kleur en rot. Een plant werd als niet meer acceptabel beschouwd als voor één van de twee kenmerken een score 1 (van 4-punts schaal (zie Bijlage I)) werd gegeven. De lengte van de houdbaarheid van elke afzonderlijke plant is nu de duur tussen

het moment van inzetten en het moment waarop de score 1 word bereikt. De houdbaarheid van het monster is het gemiddelde van de houdbaarheid van de afzonderlijke planten.

Ter bepaling van de dynamiek van houdbaarheidsbepalende componenten voor en na de oogst werd het verloop van de kleur- en rotontwikkeling, de chemische samenstelling en van de fysiologische parameters bepaald op 0, 1, 3, 6, 8, 10 en 13 dagen na de oogst van het product.

Berekeningen

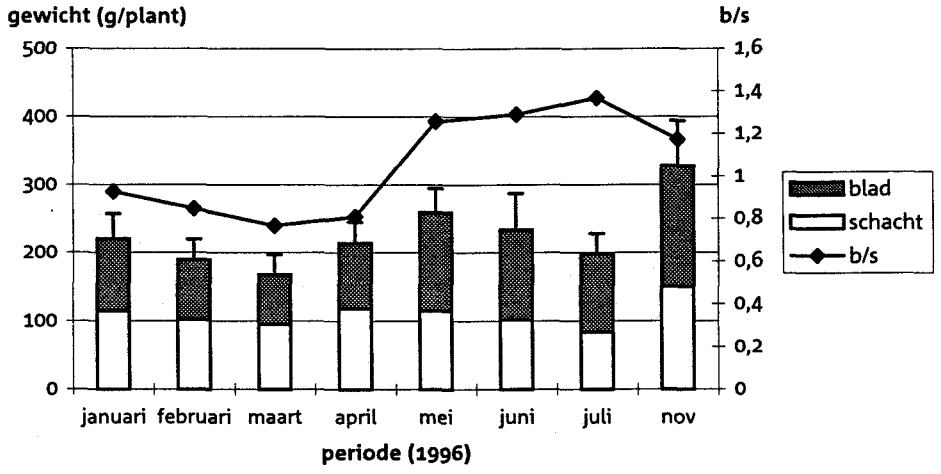
De relaties tussen houdbaarheid enerzijds en de gemeten chemische- en fysiologische parameters anderzijds zijn verkend met behulp van stapsgewijze multiple lineaire regressie.

5 Analyse van variatie in houdbaarheid

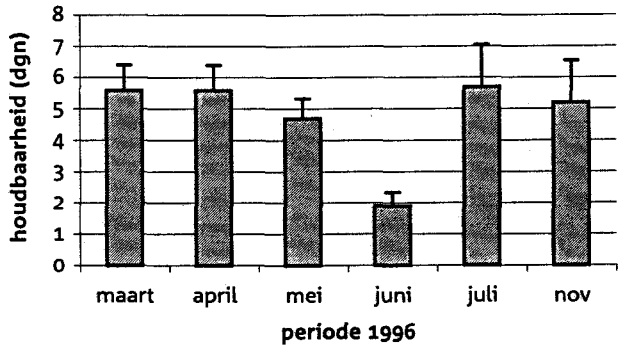
In dit hoofdstuk wordt eerst het materiaal, zoals dat van de veiling is verkregen gekarakteriseerd ten aanzien van gewicht en houdbaarheid. Daarna wordt de relatie gelegd tussen de variatie in houdbaarheid en de variatie in chemische samenstelling en gemeten fysiologische parameters van de verschillende herkomsten. Tenslotte wordt een houdbaarheidsmodel gegeven waarin de relatie tussen houdbaarheid en de gemeten parameters is beschreven.

5.1 Plantkarakterisering

Het gewicht per plant varieerde van 180 gram in maart tot 330 gram in november (Fig. 5.1). Het gemiddeld schachtgewicht per bemonsteringstijdstip varieerde tussen 80 en 150 gram per plant en was het laagst bij de juli bemonstering en het hoogst in november.



Figuur 5.1 Gemiddeld (+standaard afwijking) schacht-, blad- en plantgewicht en verhouding blad/schacht-gewicht (b/s) op de verschillende bemonsteringsmomenten.



Figuur 5.2 Gemiddelde (18 herkomsten) houdbaarheid en standaardafwijking in afhankelijkheid van het bemonsteringsmoment.

De gemiddelde hoeveelheid blad per plant nam gedurende de periode januari - maart af, om daarna weer toe te nemen tot mei gevolgd door een lichte afname (Fig. 5.1). De gewichts-verhouding tussen blad en schacht daalde van januari tot maart, om daarna continu toe te nemen, zodat een maximum bij de juli bemonstering werd bereikt (Fig. 5.1). Het hoogste bladgewicht werd in de november monsters aangetroffen.
De variatie in gemiddeld plant gewicht per monster wordt in Figuur 5.1 weergegeven door de lengte van de verticale lijn. De standaardafwijking varieerde van ongeveer 30 gram per plant in maart tot bijna 70 gram per plant in november. Dit betekent dat het verschil tussen de herkomst met gemiddelde de zwaarste planten en de herkomst met de lichtste planten in november bij benadering 280 gram per plant bedroeg.

5.2 Houdbaarheid

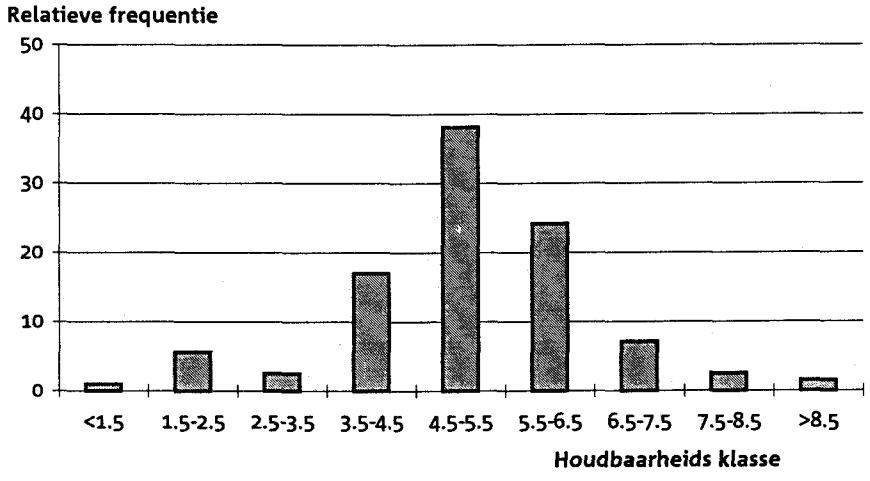
De houdbaarheid, gemiddeld over alle herkomsten per bemonsteringstijdstip, nam langzaam toe in de periode van januari tot maart, om daarna met name vanaf mei weer af te nemen (Fig. 5.2). De data van januari en februari zijn niet weergegeven omdat toen een minder nauwkeurige bepaling van de houdbaarheid werd toegepast. Maar omdat in maart beide methodes zijn toegepast kan deze conclusie desondanks worden getrokken. De laagste houdbaarheid werd bereikt in juni. In juli was de houdbaarheid weer aanzienlijk hoger en overeenkomstig die van november. De variatie in houdbaarheid van de monsters wordt in Figuur 5.2 weergegeven door de lengte van de verticaal getrokken lijn. Absoluut gezien was de variatie het grootst in juli en het kleinst in juni (Fig. 5.2). De range van waargenomen houdbaarheden wordt weergegeven door het verschil in de waargenomen uitersten. Het grootste verschil in houdbaarheid tussen herkomsten op een zeker bemonsteringstijdstip (uitgaande van het gemiddelde van de twee monsters) was in november (5,3 dagen) en het kleinste verschil in juni (1,3 dagen) (Tabel 5.1.).

	Maximaal verschil	
	2 monsters	herkomsten
Januari	1,47	1,62
Februari	1,44	1,38
Maart	1,65	2,53
April	1,30	3,45
Mei	0,95	2,08
Juni	0,70	1,33
Juli	2,60	4,83
November	1,6	5,3

Tabel 5.1. Het grootst waargenomen verschil in houdbaarheid tussen twee monsters van één herkomst en het grootst waargenomen verschil tussen twee herkomsten op elk bemonsteringstijdstip (1996).

Een indruk over de variatie binnen een herkomst kan worden verkregen door het verschil tussen de twee monsters te bezien (Tab. 5.1). Het grootste verschil waargenomen tussen twee

monsters van één herkomst op een bepaald bemonsteringstijdstip was relatief het grootst in juli en het kleinst in mei. Het grootst waargenomen verschil in houdbaarheid tussen twee monsters afkomstig van één herkomst was op alle bemonsteringstijdstippen kleiner dan het grootst waargenomen verschil tussen de herkomsten op dat moment (Tab. 5.1).
Dat dit niet het geval was in januari en februari is het gevolg van de minder nauwkeurige bepaling van houdbaarheid op deze twee tijdstippen, als gevolg van een andere, minder goed onderscheidende methode van houdbaarheidsbepaling.
De relatieve frequentie verdeling ten aanzien de houdbaarheid van de verschillende herkomsten gedurende het seizoen 1996 wordt weergegeven in Fig. 5.3. Hierin zijn de waarnemingen van januari en februari niet meegenomen vanwege de eerder genoemde minder nauwkeurige waarnemingsmethode. Hieruit blijkt dat bijna 40% van de monsters 4,5-5,5 dagen bij 10°C houdbaar was en ongeveer 80% tussen de 3,5 en 6,5 dagen (Fig. 5.3). Het relatief grote aantal monsters dat 1,5 tot 2,5 dagen houdbaar was betrof monsters van de juni waarneming. De verdere regressie berekeningen zijn uitgevoerd met de in Figuur 5.3 gekarakteriseerde populatie.



Figuur 5.3 De relatieve frequentieverdeling van het aantal herkomsten over verschillende houdbaarheidsklasses.

5.3 Relatie houdbaarheid en parameters

Van elk monster is de houdbaarheid en een aantal fysiologische en chemische parameters bepaald. Nu is eerst nagegaan of er sprake is van samenhang tussen elk van de afzonderlijke parameters en de houdbaarheid van de monsters. De relatieve frequentie verdeling van de populatie waarop de berekeningen betrekking hebben wordt weergegeven in Figuur 5.3, hier is de te zien dat het vrijwel een normale verdeling betreft. Allereerst werd voor elk bemonsteringstijdstip afzonderlijk berekend welke van de gemeten parameters gerelateerd was met de houdbaarheid. Er kan sprake zijn van een positieve samenhang, hetgeen betekent dat de houdbaarheid toeneemt met een toenemende waarde van de gemeten parameter of van een negatieve samenhang, hetgeen betekent dat de houdbaarheid afneemt met een toenemende waarde van de gemeten parameter. De samenhang is perfect als de mate van samenhang de waarde 1 of -1 heeft; is de mate van samenhang 0 of in de buurt van 0 dan is er geen werkelijke samenhang. In Tabel 5.2 is de mate van samenhang tussen de houdbaarheid en de verschillende gemeten parameters voor de afzonderlijke bemonsteringstijdstippen weergegeven.

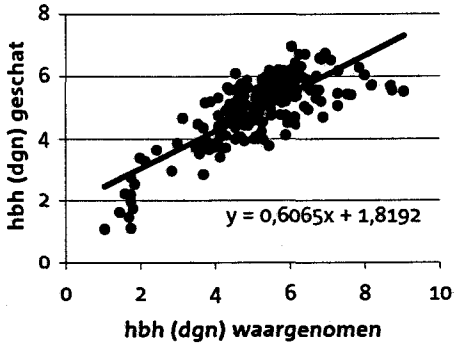
	jan.	febr.	mrt.	april	mei	juni	juli	nov.
CO_2								
O_2					-0,377			
C_2H_4								
GV								
CF	0,467		0,533		0,488	0,613		-0,344
Blad			-0,455				0,346	
Schacht			-4,3					
Totaal			-0,459					
d.s.-geh.							0,53	
Ntot		0,343		0,329			0,53	
N tca		0,389	0,335	0,362	0,391	0,323	0,711	0,341
Wok								
Zetmeel								
K						-0,413		
Mg	-0,347			0,398			0,365	
Ca				-0,341		-0,577	-0,399	-0,327
Ammonium						0,731		
Chlor a+b				0,37		0,377	0,552	
Appelzuur							-0,376	
Citroenzuur								
Ala		0,316					0,305	
Arg				0,375				
Asn						0,364	0,426	
Asp							0,403	
Gln				0,375			0,308	
Glu	-0,328						0,375	
Gly		0,398		-0,41				
His								
Ile				-0,567				
Leu				-0,575				
Lys								
Phe				-0,399				
Pro								
Ser							0,489	
Thr						-0,32		
Trp						-0,452		
Tyr				-0,384		-0,433		
Val						-0,492		-0,306

Tabel 5.2. Mate van samenhang (correlatie coëfficiënten) tussen de gemeten parameters en de houdbaarheid op de verschillende bemonsteringstijdstippen. Er wordt alleen een getal gegeven als er sprake is van een werkelijke (significante) samenhang. Zie voor betekenis afkortingen Bijlage III.

Nu wordt er hier alleen een getal gegeven als er werkelijk (significant) sprake is van een samenhang. In het algemeen is de mate van samenhang gering (Tab. 5.2). Geen van de gemeten grootheden gaf een werkelijke samenhang te zien op alle bemonsteringstijdstippen. Gezien de hoogte van de berekende mate van samenhang kan er alleen worden gesproken over tendensen. Het vaakst was er sprake van een werkelijke samenhang tussen de houdbaarheid en het oplosbaar eiwitgehalte (Ntca), n.l. op 7 van de 8 bemonsteringstijdstippen (Tabel 5.2). Dit betekent dat er een tendens was dat naarmate het gehalte aan oplosbare eiwit hoger was de prei langer houdbaar was. Hetzelfde was het geval voor de chlorofylfluorescentie, maar dan slechts op 5 van de 8 bemonsteringstijdstippen, waarbij er in één van de gevallen sprake was van een negatieve samenhang. In de helft van het aantal bemonsteringstijdstippen was er sprake van een negatieve correlatie tussen houdbaarheid en het Ca-gehalte. Dit betekent dat er sprake was van een tendens, dat naarmate het Ca-gehalte hoger was, de prei minder goed houdbaar was. Op 3 van de 8 bemonsteringstijdstippen was er een positieve samenhang tussen totaal stikstofgehalte en de houdbaarheid en chlorofylgehalte en houdbaarheid. De houdbaarheid hing op twee bemonsteringstijdstippen positief samen met het Mg-gehalte, terwijl dit op één bemonsteringstijdstip negatief was. Alle andere grootheden gaven slechts incidenteel een werkelijke samenhang te zien.

5.4 Houdbaarheidsmodel

Omdat geen van de gemeten parameters afzonderlijk voldoende samenhang vertoonde met de houdbaarheid is gezocht of er combinaties van gemeten parameters waren welke voldoende samenhang met houdbaarheid vertoonden. Hiertoe is een statistische procedure gevolgd die automatisch stap voor stap de combinatie van parameters uitzoekt, welke samen voldoende samenhang geven met de houdbaarheid. De mate van samenhang wordt weergegeven als het deel van de variatie in houdbaarheid dat verklaard kan worden met de combinatie van parameters. Op deze wijze kan een statistisch houdbaarheidsmodel worden opgebouwd. Met behulp van 18 grootheden kon meer dan 58% van de waargenomen variatie in houdbaarheid worden verklaard (Tab. 5.3). De coëfficiënten van de variabelen welke een significante bijdrage leverden aan de verklaring van de variatie in houdbaarheid worden weer gegeven in Tabel 5.3. Deze zijn gerangschikt op hun afnemende bijdrage aan de verklaring van de waargenomen variatie. De houdbaarheid kan dus nu voor een belangrijk deel worden verklaard met behulp van de volgende (regressie)vergelijking.



Figuur 5.4 Relatie tussen de geschatte houdbaarheid gebruikmakend van het regressie model en de waargenomen houdbaarheid (data 1996).

Houdbaarheid= -6,0 + 2,8CF + 0,32Ntca – 0,035org.zuren – 0,3zetmeel + 0,011wok + 0,19gln – 5,9val + 0,087K – 2,0 trp + 3,0lys – 1,3leu + 5,1ammonium + 0,72Mg – 0,16asn – 0,15Ca – 0,018CO2 – 1,52pro – 0,43thr

De vergelijking kan nu worden aangeduid als het houdbaarheidsmodel. Uit het houdbaarheidsmodel blijkt dat de houdbaarheid toeneemt naarmate bij het begin van de naoogstfase de kwantum-effiëntie (CF), het gehalte aan kalium (K), aan oplosbaar eiwit (Ntca), aan magnesium (Mg), aan water oplosbare koolhydraten (wok), aan ammonium en aan de aminozuren glutamine (gln) en lysine (lys), hoger is.

Tabel 5.3 Regressie coëfficiënten van de parameters welke een significante bijdrage leveren aan de verklaring van de waargenomen variatie in houdbaarheid gedurende de twee jaren. Hierbij zijn aminozuren al dan niet opgenomen in het model. Tevens is een model weergegeven waarin het drogestofpercentage is opgenomen in plaats van het Ca gehalte en de C_2H_4 en CO_2 productiesnelheid. r^2 geeft het deel van de variatie weer dat door het betreffende model kon worden verklaard. Voor de betekenis van de afkortingen zie Bijlage III.

	Inclusief aminozuren			Exclusief aminozuren		
Parameter	1996	1997	Parameter	1996	1997	1997
Constante	-6,0	-0,74	Const.	-11,0	-1,7	-3,0
CF	2,8	4,1	CF	4,8	4,1	3,5
Ntca	0,32	0,20	Ntca	0,41	0,15	0,20
org. zuren	-0,035	-0,014	org. zuren	-0,054	-0,021	-0,035
zetmeel	-0,30	0,084	zetmeel	-0,25		
wok	0,011		wok	0,014		
gln	0,19		K	0,072	0,047	0,053
val	-5,9		Mg	0,990	2,1	1,39
K	0,087		d.s.	0,013		0,015
trp	-2,0	6,2	Ca		-0,164	
lys	3,0		C_2H_4		-4,5	
leu	-1,3	2,8	CO_2		-0,041	
ammonium	5,1					
Mg	0,72					
asn	-0,16		r^2	0,48	0,74	0,70
Ca	-0,15	-0,33				
CO_2	-0,018					
pro	-1,52					
thr	-0,43					
asp		1,5				
tyr		-10,6				
glu		0,92				
ser		-1,7				
gly		3,0				
r^2	0,58	0,81				

Een negatieve bijdrage aan de houdbaarheid leveren de CO_2- productiesnelheid en het gehalte aan organische zuren (appelzuur+citroenzuur), zetmeel, calcium (Ca) en de aminozuren valine (val), tryptofaan (trp), leucine (leu), asparagine (asn), proline (pro) en threonine (thr). De relatie tussen de waargenomen houdbaarheid en de volgens bovengenoemd houdbaarheidsmodel geschatte houdbaarheid wordt weergegeven in Figuur 5.5. Hieruit blijkt dat het model met name minder goed in staat is de extremen in houdbaarheid te verklaren. Het hier beschreven model werd nu vervolgens getoetst op zijn waarde ten aanzien van de voorspelling van de houdbaarheid aan de hand een onafhankelijk verkregen dataset, te weten de data uit 1997.

5.5 Conclusies

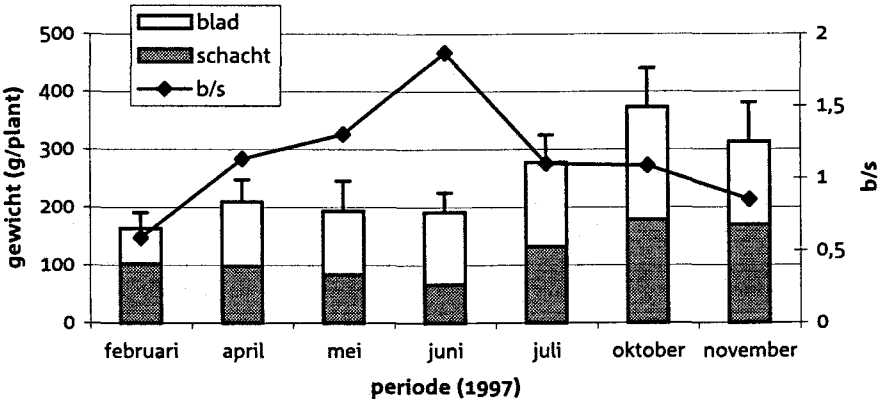
- Hoewel telkens de zelfde sorteringklasse werd betrokken van de veiling, was er gedurende het seizoen sprake van een grote variatie in het gewicht per plant en de gewichtsverhouding in blad en schacht. Ook op elk afzonderlijk bemonsteringstijdstip waren er grote verschillen in gemiddeld plantgewicht tussen de afzonderlijke herkomsten.
- De gemiddelde houdbaarheid bij 10°C toonde een seizoensafhankelijke variatie met een minimum in juni (1,8 dagen) en een maximum houdbaarheid in juli (5,9 dagen). Tussen het materiaal dat in juni werd onderzocht en dat in juli bestond een groot verschil in fysiologische leeftijd (overwinterd en bewaard versus voorjaar geplant). Ongeveer 40% van alle monsters had in 1996 een houdbaarheid van 4,5-5,5 dagen. De uitersten waren minder dan 1,5 dagen of meer dan 8,5 dagen. Het maximaal waargenomen verschil tussen twee herkomsten varieerde 1,3 dagen in juli tot 5,3 dagen in november. Opmerkelijk waren soms de vrij grote verschillen in houdbaarheid tussen twee kisten van de zelfde herkomst
- Van de waargenomen variabelen was het oplosbaar eiwitgehalte (Ntca) het meest frequent in staat zelfstandig een significant deel van de waargenomen variatie in houdbaarheid op een zeker bemonsteringsmoment te verklaren. In de meeste gevallen was dit niet meer dan 10-15% van de waargenomen variatie in houdbaarheid.
- Met behulp van stapsgewijze meervoudige regressie is een regressiemodel gebouwd dat in staat was bijna 60% van de waargenomen variatie in houdbaarheid te verklaren. In dit houdbaarheidsmodel hebben CO_2- productie, kwantumeffiëntie (CF), oplosbaar eiwit (Ntca), kalium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), water oplosbare koolhydraten (wok), organische zuren (appelzuur+citroenzuur), zetmeel , ammonium en de aminozuren glutamine (gln) en lysine (lys), valine (val), tryptofaan (trp), leucine (leu), asparagine (asn), proline (pro) en threonine (thr) een relatie met de houdbaarheid.

6 Toetsing van het houdbaarheidsmodel

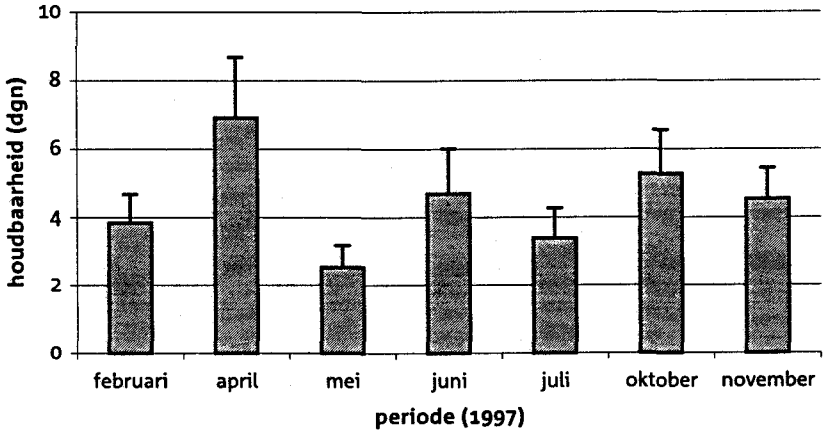
In het volgende zal het houdbaarheidsmodel, zoals dat is beschreven in het voorgaande hoofdstuk, worden getoetst aan de hand van de onafhankelijke dataset 1997. Allereerst zal het materiaal waarmee het model wordt getoetst worden gekarakteriseerd. Daarna zal het model worden getoetst door de voorspelde houdbaarheid te vergelijken met de waargenomen houdbaarheid. Tenslotte zullen enkele alternatieve modellen worden gepresenteerd.

6.1 Karakterisering materiaal

Het gemiddeld (5 herkomsten) schat-, blad- , plantgewicht en de blad/schacht verhouding van het materiaal dat voor de toetsing is gebruikt wordt weergegeven in Figuur 6.1. Vanaf juli was er sprake van een duidelijk hoger plantgewicht, terwijl bij de juni bemonstering de blad/schacht-verhouding hoog was. Deze hogere blad/schacht-verhouding markeert de overgang van de overwinterde gewassen naar de zomerteelt.

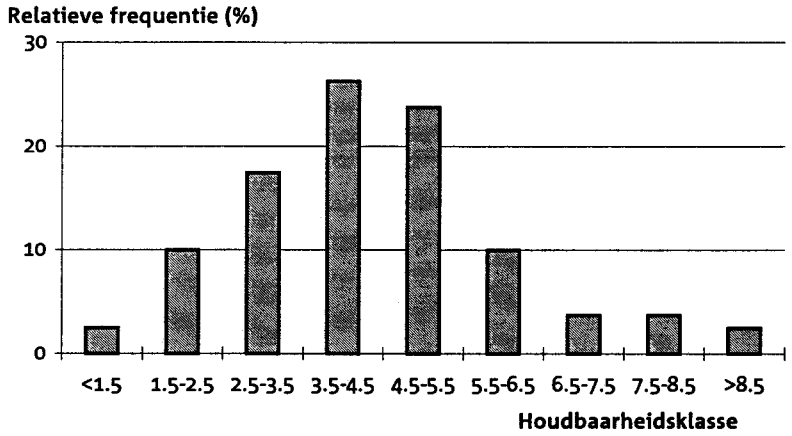


Figuur 6.1 Het gemiddeld blad-, schacht-, plantgewicht en de blad/schacht (b/s) verhouding op de verschillende waarnemingsmomenten.



Figuur 6.2. De gemiddelde houdbaarheid op de verschillende bemonsteringstijdstippen gedurende 1997.

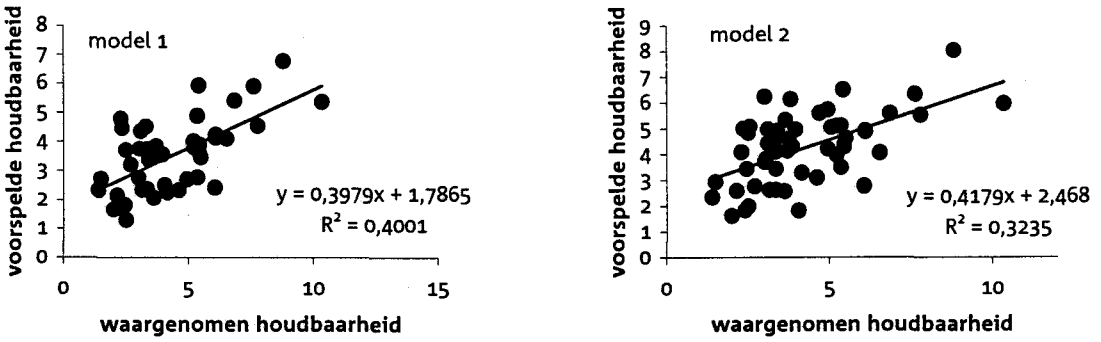
De gemiddelde houdbaarheid was het laagst in mei, n.l. 2,5 dagen en het hoogst in april, n.l. 6,8 dagen (Fig. 6.2). Echter de waarneming voor april betreft een gecorrigeerde waarneming, omdat door een storing de houdbaarheidsbepaling bij een lagere temperatuur werd uitgevoerd (3°C).
De relatieve frequentieverdeling van de houdbaarheid van alle in 1997 verkregen herkomsten wordt weergegeven in Figuur 6.3. De verdeling benadert de normale verdeling. De houdbaarheidsklasse met de hoogste frequentie van voorkomen was 3,5-4,5 dagen (Fig. 6.3), hetgeen lager was dan in het voorafgaande jaar (Fig. 5.3). In grote lijnen komt de variatie in houdbaarheid overeen met die in 1996. Dus de range van data waarop het houdbaarheidsmodel is gebaseerd en waarop het wordt getoetst komt overeen.



Figuur 6.3. Relatieve frequentie verdeling van de houdbaarheid van alle in 1997 onderzochte monsters (twee per herkomst).

6.2 Toetsing model

Het regressie model zoals dat is verkregen uit de 1996 data is nu getoetst op zijn voorspellende waarde voor de 1997 data. Hiervoor zijn de gemeten waardes van de in het model voorkomende fysiologische- en chemische parameters (zie 5.4) als input voor het model gebruikt. Omdat de variatie in houdbaarheid in 1996 slechts voor bijna 60% verklaard kon worden met de gemeten grootheden, mogen de verwachtingen ten aanzien van de voorspellende waarde van het model niet te hoog gespannen zijn. De relatie tussen de met het model voorspelde houdbaarheid, dus op basis van de gemeten fysiologische - en chemische parameters, en de van de verschillende monsters waargenomen houdbaarheid is weergegeven in Figuur 6.4. Omdat in de oktober en november monsters door omstandigheden geen aminozuren zijn bepaald moest de validatie zich beperken tot de februari t/m juli monsters. Er is sprake van een redelijk samenhang (r^2=0,4001) tussen beide. Dit geeft aan dat de parameters zoals deze in het houdbaarheidsmodel voorkomen voor een belangrijk deel werkelijk iets zeggen over de houdbaarheid. Dit laatste is nog eens nader getoetst door de 1997 data te onderwerpen aan een stapsgewijze meervoudige regressie. De significante coëfficiënten worden in Tabel 5.3 gegeven. Nu blijkt dat de kwantumefficiëntie (CF), oplosbaar eiwit (Ntca), organische zuren (citroenzuur + appelzuur), calcium (Ca) en leucine (leu) in beide jaren als verklarende variabele te voorschijn komen en waarbij de coëfficiënten het zelfde teken hebben (Tab. 5.3). Daarnaast komen zetmeel en tryptophaan (trp) in beide jaren als verklarende variabele te voorschijn, maar is het teken van



Figuur 6.4 Relatie tussen de met het oorspronkelijke houdbaarheidsmodel voorspelde houdbaarheid (model 1) en het alternatieve houdbaarheidsmodel (model 2). In dit alternatieve model zijn de aminozuren niet opgenomen

de coëfficiënt verschillend. Met name de aminozuren welke als verklarende variabele worden opgenomen verschillen sterk tussen beide jaren (Tab. 5.3). Om deze reden zijn de 1996 data nogmaals aan een stapsgewijze regressie onderworpen, maar dan exclusief de aminozuren. De coëfficiënten van dit alternatieve model zijn weergegeven in Tabel 5.3. Voor een belangrijk deel zijn de variabelen dezelfde met dit verschil dat het ammonium, calciumgehalte en CO_2 productiesnelheid niet meer worden opgenomen, maar dat in de plaats hiervan het drogestofgehalte is opgenomen (Tab. 5.3). Dit alternatieve model (model 2) is eveneens getoetst op zijn voorspellende waarde. Ook met dit alternatieve model is er een relatie tussen de voorspelde- en de waargenomen houdbaarheid, maar deze relatie is minder sterk dan voor het volledige model (Fig. 6.4).

Om te bezien of ook nu alle opgenomen variabelen van betekenis zijn, is met de 1997 data ook een stapsgewijze meervoudige regressie uitgevoerd, opnieuw exclusief de aminozuren. In de modellen van beide jaren waren CF, Ntca, organische zuren, K- en Mg-gehalte overeenkomstige variabelen, maar zetmeel, wok en drogestofgehalte waren vervangen door Ca-gehalte, C_2H_4 - en CO_2 -productie snelheid (Tab. 6.1). Nu blijkt er een sterke correlatie in beide jaren te bestaan tussen met name het drogestofgehalte en het calciumgehalte. Daarom is in beide jaren gezocht naar een verklaring van de variatie in het drogestofgehalte. Uit Tabel 6.1 blijkt nu dat in beide jaren het drogestofgehalte voor een belangrijk deel verklaard kon worden uit het calciumgehalte (Ca), het gehalte aan wateroplosbare koolhydraten (wok) en de CO_2-productiesnelheid. Op basis hiervan is gekeken in hoeverre de variatie in houdbaarheid in 1997 verklaard kon worden uitsluitend op basis van CF, Ntca, organische zuren, K, Mg en d.s.-gehalte. Nu blijkt dat deze wijziging maar een gering effect had op het verklaarbaar deel van de variatie in houdbaarheid (Tab. 5.3). Hetgeen betekent dat er een hoge mate van overeenkomst is tussen beide jaren aangaande de variabelen welke een belangrijk deel van de variatie in houdbaarheid kunnen verklaren.

Tabel 6.1 Resultaten stapsgewijze meervoudige regressie ter verklaring van de variatie in het drogestofgehalte (g/kg) in 1996 en 1997. Voor de betekenis van de afkortingen zie Bijlage III. R^2 is het deel van de variatie dat door de regressie wordt verklaard.

	1996	1997
Constant	92,64	13,7
Ca	-6,6	-3,13
wok	0,071	0,22
CO_2	0,31	0,357
$C_2 H_4$	-9,9	
R^2	0,56	0,77

Gebaseerd op deze resultaten kunnen nu de belangrijkste van de gemeten parameters welke van invloed zijn op de houdbaarheid worden benoemd. Dit zijn achtereenvolgens : de kwantumefficiëntie (CF), het gehalte aan oplosbaar eiwit (Ntca), organische zuren (citroenzuur en appelzuur), kalium (K), magnesium (Mg) en drogestofgehalte (d.s.). Waarbij de laatste ook vervangen kan worden door een combinatie van calciumgehalte (Ca), wateroplosbare koolhydraten (wok) en CO_2-productiesnelheid. Hierbij dragen CF, Ntca, K, Mg en d.s. positief bij aan de houdbaarheid en het gehalte aan organische zuren negatief. Calciumgehalte en CO_2-productiesnelheid kunnen een negatieve invloed hebben op houdbaarheid via hun relatie met het drogestofgehalte. Dus hoge calciumgehaltes gaan samen met lage drogestofgehaltes en hebben als zodanig een negatieve invloed op de houdbaarheid.

6.3 Conclusies

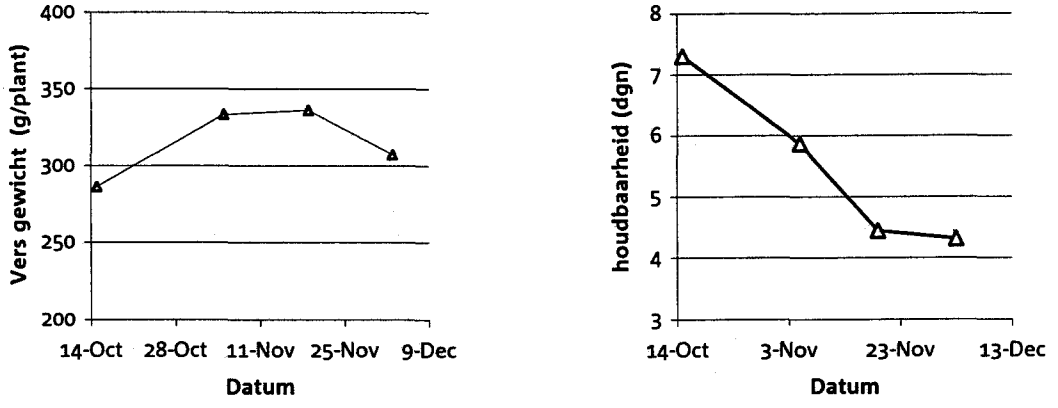
- Het regressie model zoals ontwikkeld uit de data van 1996 is redelijk in staat de houdbaarheid te voorspellen op basis van de gemeten fysiologische en chemische parameters.
- De kwantumefficiëntie, het oplosbaar eiwit-, het kalium-, het magnesium-, het drogestofgehalte en het gehalte aan organische zuren (appelzuur + citroenzuur) zijn van de gemeten grootheden als belangrijkste geïdentificeerd ten aanzien van de houdbaarheid. Waarbij de eerste vijf grootheden een positieve bijdrage leveren en de laatste een negatieve bijdrage levert. Het drogestofgehalte is sterk gerelateerd aan het calciumgehalte, aan het gehalte aan oplosbare koolhydraten en de CO_2-productiesnelheid, waarbij de eerste en de laatste negatief gekoppeld zijn aan het drogestofgehalte. Dus een hoger drogestof-gehalte gaat samen met een lager calcium gehalte.

7 Dynamiek houdbaarheidsbepalende componenten voor en na de oogst

In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op hoe fysiologische en chemische parameters veranderen gedurende het laatste deel van de periode dat het gewas te velde staat en welke veranderingen er optreden na de oogst. De fysiologische- en chemische parameters zijn dezelfde als zijn bepaald ten behoeve van het houdbaarheidsmodel, zoals beschreven in de voorafgaande hoofdstukken. Hierbij zal worden ingegaan op de relatie tussen de houdbaarheid en het oogsttijdstip en de daarmee samengaande veranderingen van de fysiologische- en chemische parameters.

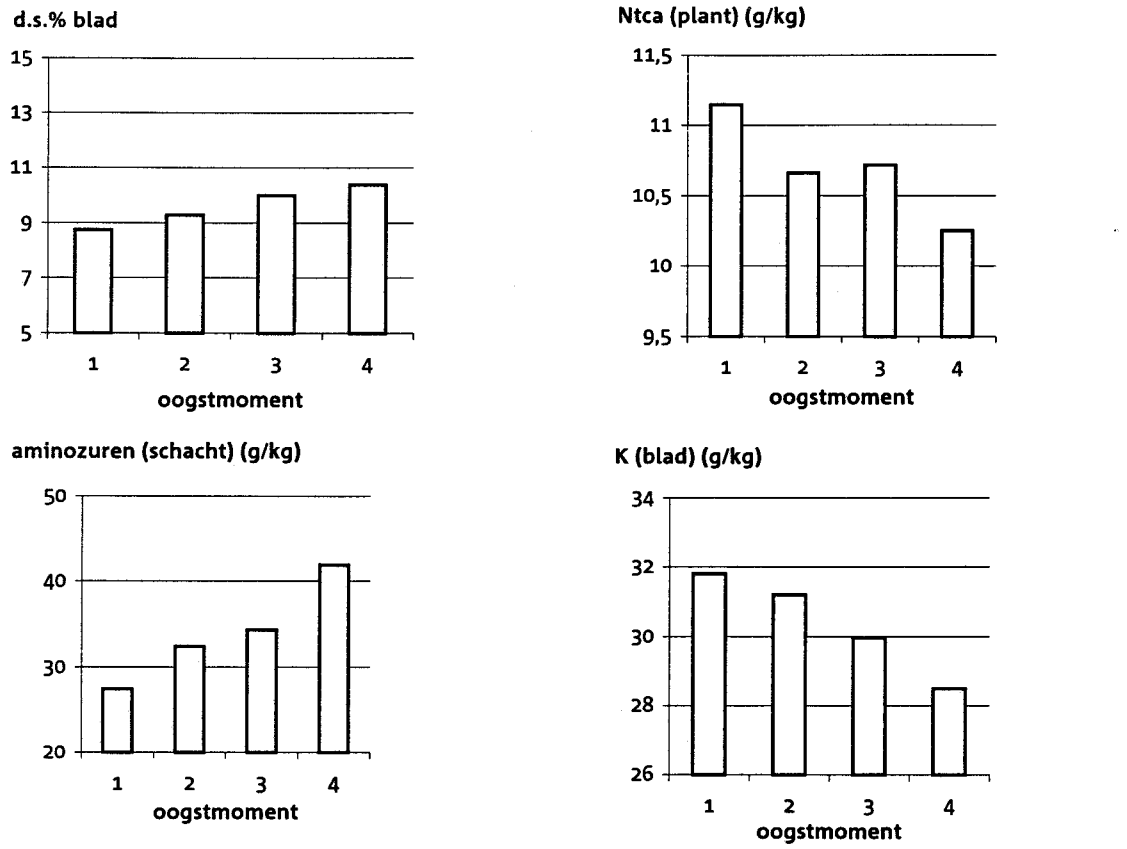
7.1 Effecten van het oogsttijdstip

Het gewicht per plant nam sterk toe gaan van het eerste naar het tweede oogsttijdstip, om daarna weer af te nemen (Fig. 7.1). De houdbaarheid was het hoogst van het materiaal dat half oktober werd geoogst (7,4 dagen) en de houdbaarheid nam af tot 4,4 dagen indien de oogst werd uitgesteld tot half november (Fig. 7.1). Een verder uitstel van het oogsttijdstip gaf slechts een geringe verdere daling.

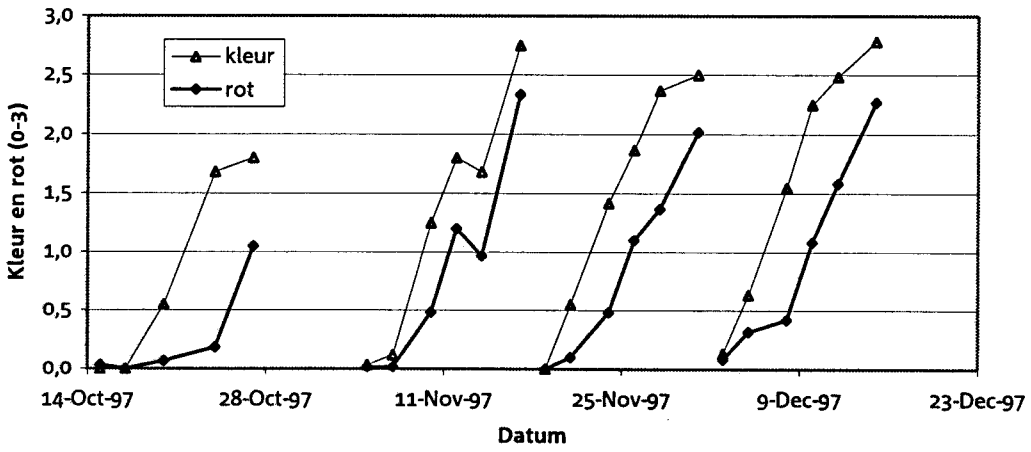


Figuur 7.1 Het verloop van het plantgewicht en de houdbaarheid in afhankelijkheid van het oogsttijdstip.

Nu kan het verloop van de fysiologische- en chemische parameters tijdens de veld periode worden afgelezen uit de waarde van de parameters, zoals bepaald aan het begin van de naoogstperiode. Dit is af te lezen in de Figuren 7.4-7.8 en 7.10-7.14 voor al de afzonderlijke parameters. De wijze waarop en de mate waarin de parameters afhankelijk waren van het oogsttijdstip varieerde. Van parameters welke een eenduidige relatie met het oogsttijdstip vertoonden, is het effect van het oogsttijdstip apart weergegeven in Figuur 7.2. Het kaliumgehalte van de bladeren en het oplosbaar eiwitgehalte van de gehele plant gaven een dalende tendens te zien bij verlating van het oogsttijdstip, terwijl het drogestofgehalte van het blad en de totale hoeveelheid vrije aminozuren toenamen naarmate het oogsttijdstip later lag (Fig. 7.2). Deze tendensen komen overeen met het effect van het oogsttijdstip op de houdbaarheid of is daaraan tegengesteld (Fig.7.1).



Figuur 7.2 Het verloop van drogestofpercentage en kaliumgehalte in het blad, het oplosbaar eiwitgehalte van de gehele plant en de totale hoeveelheid aminozuren in de schacht gedurende de veldperiode (vier opeenvolgende oogsttijdstippen (oktober-december)).



Figuur 7.3 Het verloop van de gemiddelde score ten aanzien van kleur en rot gedurende de naoogst fase.

7.2 Verloop parameters tijdens de naoogst

7.2.1 Visuele veranderingen

Het verkleuren van het blad en het optreden van rot bepalen in feite de houdbaarheid. Deze houdbaarheidsbepalende factoren vertoonden een zeer eenduidig beeld (Fig.7.3). De lijnen voor de vier oogsten vertoonden een zeer regelmatig stijgend beeld met toenemende bewaarduur. Dit zegt niets anders dan dat de planten geler werden en er meer rotontwikkeling te ontdekken viel. In de Figuur 7.3 wordt verder duidelijk, dat rotontwikkeling de verandering van kleur op de voet volgde, maar dat de verkleuring vooruitliep op de rotontwikkeling bij alle oogsten. De betekent dat de vergeling van het blad met name de houdbaarheid bepaalde. De snelheid van toename was vooral de vier oogsttijdtippen het zelfde, alleen het moment waarop na de oogst de eerste vergeling zichtbaar werd verschilde per oogsttijdtip (Fig. 7.3).

Tabel 7.1 Koolzuurproductie-, zuurstofconsumptie en ethyleenproductiesnelheid gedurende de naoogstfase, gemiddeld over de vier oogsttijdstippen.

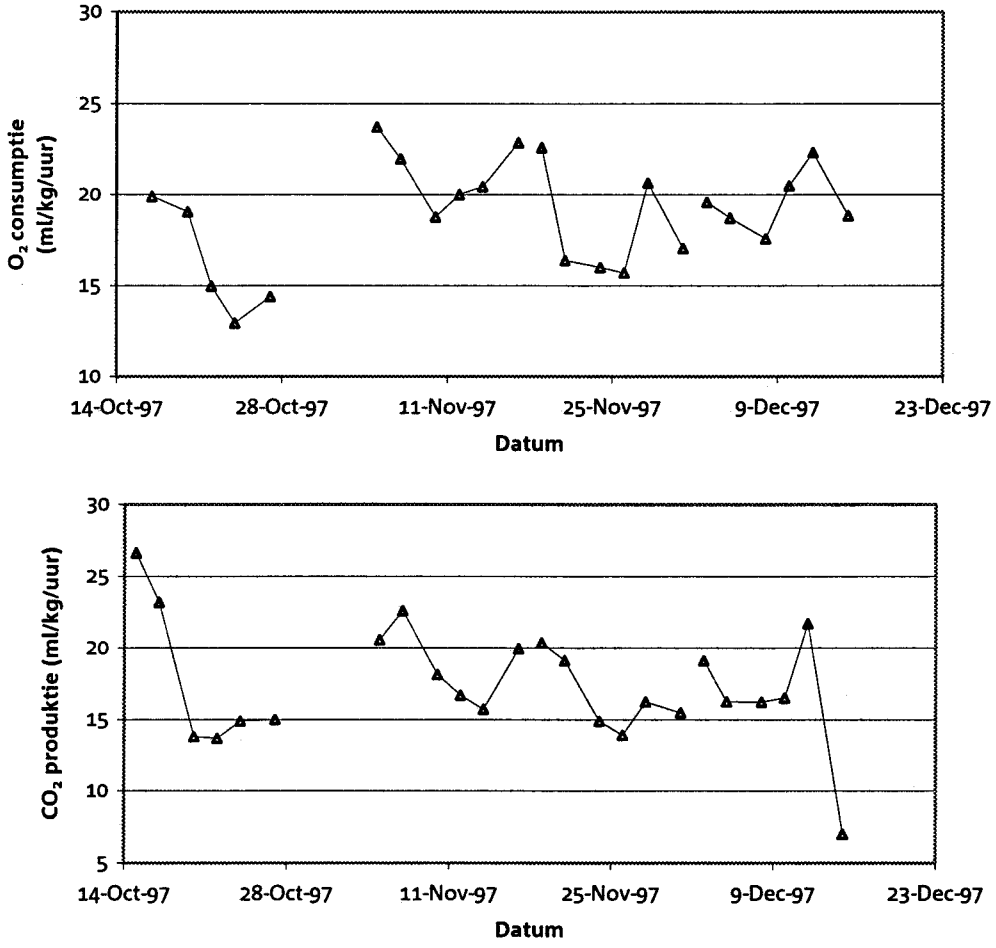
Bewaarduur (dagen)	Koolzuurproductie (ml.kg.uur)	Zuurstofconsumptie (ml.kg.uur)	Ethyleenproductie (µl.kg.uur)
1	21,5	22,6	0,18
3	19,4	20,7	0,16
6	14,9	19,3	0,14
8	14,7	19,0	0,15
10	16,7	18,6	0,13
13	13,5	19,4	0,12

7.2.2 Verloop fysiologische parameters

Ademhaling
Met name op het eerste oogsttijdstip was de CO_2-productiesnelheid hoog aan het begin van de naoogst fase (Fig. 7.4) De CO_2 productiesnelheid daalde gedurende de bewaarperiode bij 10°C in het bijzonder gedurende de eerste dagen. Bij de zuurstofconsumptie lijkt dit effect ook enigszins aanwezig. Gemiddeld over de 4 oogsten bleek nog meer het dalende karakter van de koolzuurproductie, gemiddeld daalde de CO_2 productie het sterkst gedurende de eerste 6 dagen (Tab. 7.1). Hetzelfde gold voor de O_2 consumptiesnelheid, alleen was de daling minder sterk. (Tab. 7.1)

De verlaging van het ademhalingsniveau zou het gevolg kunnen zijn van het herstellen van wonden, zoals die bij de oogst zijn gemaakt. Verwacht zou echter ook mogen worden, gezien het beeld van kleurverlies, een zekere toename in ademhaling door veroudering.
Als alleen gekeken wordt naar de CO_2 productiesnelheid op dag 1, dan lijkt er geen verband te zijn met de waargenomen effecten van het oogsttijdstip op de houdbaarheid (Fig. 7.4). Zou echter het gemiddelde van de waarnemingen op dag 1 en dag 3 genomen worden, dan blijkt er toch een mate van overeenkomst met het effect van oogsttijdstip op de houdbaarheid.

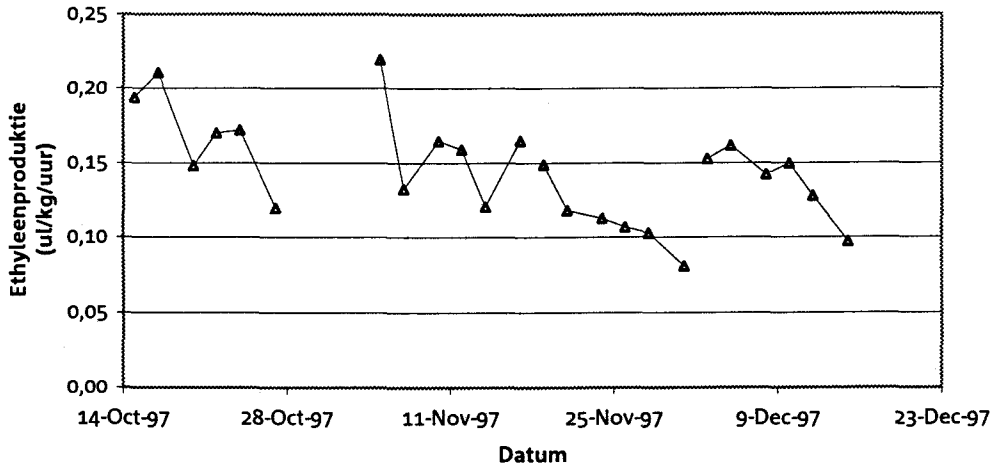
Naarmate de houdbaarheid geringer was, was de CO_2 productiesnelheid lager. Erg onlogisch lijkt dit niet, daar met een verdere ontwikkeling van het gewas een lagere ademhalingsactiviteit mag worden verwacht.
Hier staat weliswaar tegenover, dat producten met een geringe houdbaarheid bijv. broccoli, suikermaïs en asperge een hoge ademhalingsactiviteit vertonen, terwijl gewassen met een lange houdbaarheid meestal een veel geringere ademhalingsactiviteit laten zien zoals aardappel, ui en kool. Op basis hiervan zou men ook kunnen verwachten, dat de afname in houdbaarheid van de prei door de latere oogst gepaard zou kunnen gaan met een toename in ademhalingsactiviteit. Dit is echter duidelijk niet het geval.



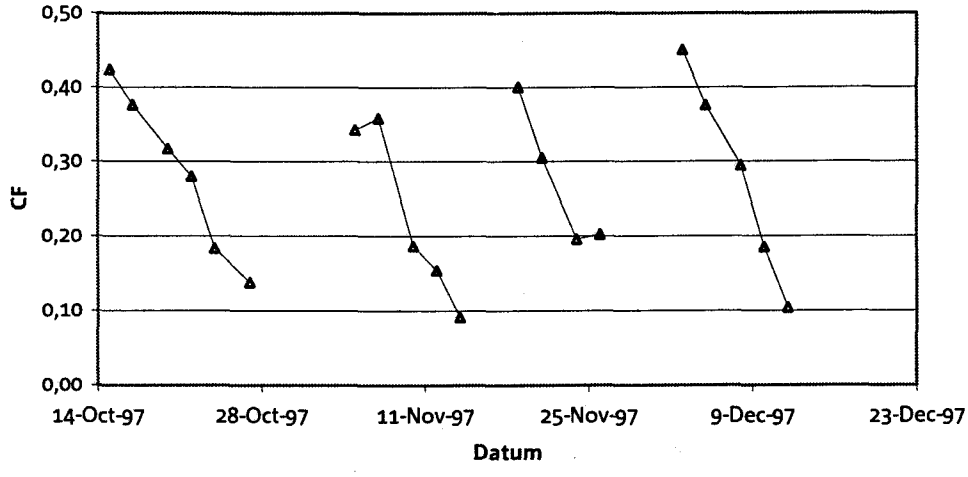
Figuur 7.4 Verloop van de koolstofdioxideproductie en zuurstofconsumptiesnelheid gedurende de naoogstfase voor de vier verschillende oogsttijdstippen.

Ethyleenproductie
De grafieken voor de ethyleenproductie (Fig. 7.5) laten een hogere productie aan het begin van de bewaarperiode zien. Deze daalde in het algemeen naarmate langer werd bewaard (bijv. oogst 1 en 3). Ook uit het gemiddelde over de 4 oogsten blijkt dit dalende karakter (Tab. 7.1). Onlogisch is dit dalende effect niet, daar bij het begin van de bewaring er sprake is van aanzienlijke wonden aan de planten door het schonen veroorzaakt. Bekend is, dat bij een dergelijke stress er sprake is van een stimulering van de ethyleenproductie. De daling van de ethyleenproductiesnelheid zou het gevolg kunnen zijn van het herstel van de verwondingen die zijn ontstaan tijdens de oogst en de schoning. Evenals voor de CO_2-productiesnelheid is er voor de

ethyleen productiesnelheid een relatie met de houdbaarheid, als het gemiddelde van de eerste twee waarnemingstijdstippen wordt genomen (Fig. 7.5). De ethyleenproductiesnelheid was lager naarmate de houdbaarheid korter was.



Figuur 7.5 Verloop van de ethyleenproductiesnelheid gedurende de naoogstfase voor de vier verschillende oogsttijdstippen



Figuur 7.6 Verloop van de kwantumefficiëntie (CF) van het oudste blad gedurende de naoogstfase voor de vier opeenvolgende oogsttijdstippen

Kwantumefficiëntie (CF)

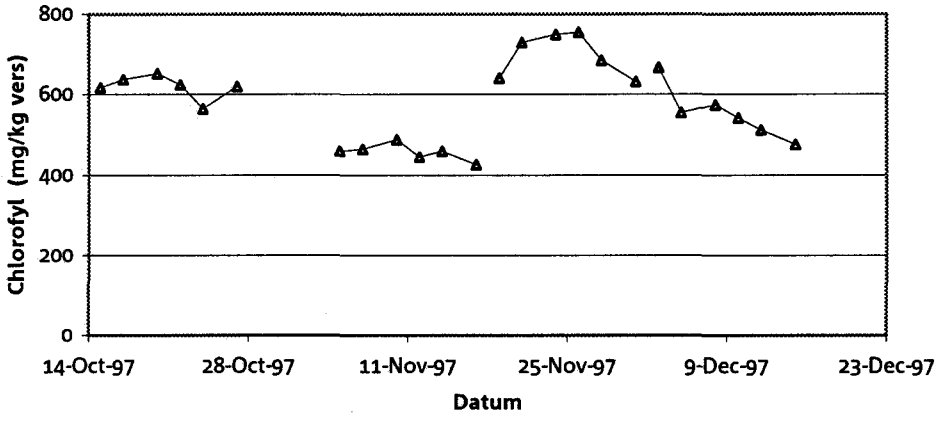
De kwantumefficiëntie (CF) zoals die telkens aan het oudste blad werd gemeten, daalde bij alle oogsttijdstippen zeer snel (Fig. 7.6). De snelheid waarmee de daling optrad was op het eerste oogsttijdtip lager dan voor de drie latere (Fig. 7.6). De waardes, zoals die zijn gemeten aan het begin van de bewaarperiode lijken geen samenhang te vertonen met de waargenomen verschillen in houdbaarheid (Fig. 7.6)

7.2.3 Verloop chemische parameters

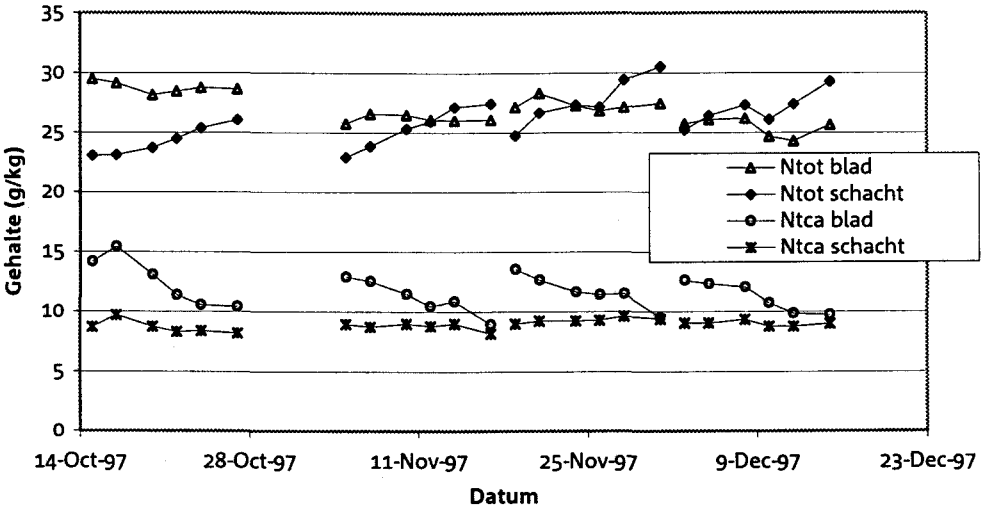
Chlorofylgehalte

Het chlorofyl gehalte bepaalt in hoge mate de groene kleur van het blad. Bij de eerste twee oogsttijdstippen traden er in het geheel geen veranderingen op in het chlorofylgehalte tijdens de naoogstperiode , terwijl bij het derde oogsttijdstip een daling optrad gedurende de laatste dagen van de bewaring (Fig. 7.7). Alleen bij de vierde oogst was er sprake van een duidelijke daling van het chlorofylgehalte gedurende de gehele naoogstfase. Deze resultaten lijken op het eerste gezicht strijdig met de beoordeling van de visuele kleur veranderingen van het blad gedurende de naoogstfase (Fig. 7.3). Dit laatste betreft echter met name pleksgewijze verkleuring of slechts verkleuring van het oudste blad. Hoewel deze verkleuring sterk de kwaliteit van het product bepaalt, is deze verkleuring slechts voor een klein deel verantwoordelijk voor de afbraak van de totale hoeveelheid aanwezig chlorofyl gedurende de naoogstfase. En de hier gepresenteerde waarnemingen hebben betrekking op deze totale hoeveelheid. Zou de bepaling zich beperkt hebben tot het oudste blad of slechts de uiteinden van de bladeren, dan was er waarschijnlijk wel een relatie gevonden tussen de visuele beoordeling en de afname van het chlorofylgehalte.

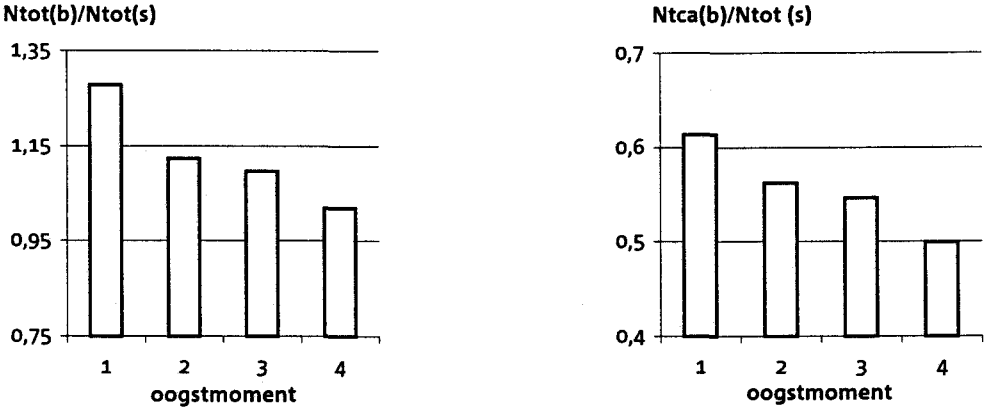
Het niveau van het chlorofylgehalte op de verschillende oogsttijdstippen, zoals waargenomen bij het begin van de naoogstperiode, vertoonde geen samenhang met de waargenomen effecten van oogsttijdstip op de houdbaarheid.



Figuur 7.7 Veranderingen in het chlorofylgehalte gedurende de naoogstperiode voor de vier verschillende oogsttijdstippen.



Figuur 7.8 De veranderingen in het totaal stikstofgehalte (Ntot) en het oplosbaar eiwitgehalte (Ntca) in blad en schacht gedurende de naoogst voor de vier opeenvolgende oogsttijdstippen.



Figuur 7.9 Verloop van de verhouding in totaal stikstofgehalte in blad en schacht en de verhouding tussen totaal stikstofgehalte in de schacht en oplosbaar eiwit in het blad tijdens het laatste deel van de groeiperiode (vier opeenvolgende oogsttijdstippen).

Totaal stikstofgehalte en oplosbaar eiwit

Het gehalte aan oplosbaar eiwit (Ntca) was op elk oogsttijdstip hoger in het blad dan in de schacht (Fig. 7.8). Gedurende de naoogstperiode bleef het gehalte in de schacht nagenoeg hetzelfde, maar in het blad daalde de hoeveelheid op alle oogsttijdstippen aanzienlijk (Fig. 7.8). Op het eerste oogsttijdstip was het totaal stikstofgehalte bij het begin van de naoogstfase hoger in het blad dan in de schacht, maar dit verschil werd steeds kleiner naarmate later werd geoogst, totdat op het laatste oogsttijdstip het gehalte in blad en schacht vrijwel hetzelfde was. Dit betekent dat de verhouding tussen totaal stikstofgehalte in het blad en schacht veranderde de tijdens het laatste deel van de groeiperiode. Tijdens de naoogstfase was er sprake van een stijging van het totaal stikstof in de schacht, terwijl het gehalte in het blad nauwelijks veranderde (Fig. 7.8). Zowel het totaal stikstofgehalte als het gehalte aan oplosbaar eiwit in de beide organen kwam aan het begin van de naoogstfase niet uitgesproken overeen met het effect van oogsttijdstip op de houdbaarheid.

Echter er was wel een duidelijke overeenkomst als de verhouding tussen blad en schacht ten aanzien van zowel oplosbaar eiwit (Ntca) of totaal stikstof (Ntot) werd beschouwd (Fig. 7.9). De verhouding Ntot-blad/schacht op het moment van de oogst daalde sterk met verlating van het oogsttijdstip, evenals de verhouding Ntot-blad/Ntca-schacht (Fig. 7.9). Deze verhoudingen zouden mogelijk als een indicator kunnen worden beschouwd voor de mate waarin de daling van oplosbaar eiwit in het blad enerzijds en de stijging van Ntot in de schacht anderzijds al zijn gevorderd op het moment van de oogst. Waarbij deze een indicatie kunnen zijn voor de te verwachten houdbaarheid in afhankelijkheid van het oogsttijdstip en hiermee behulpzaam kunnen zijn ter bepaling van het optimaal oogsttijdstip uit het oogpunt van houdbaarheid.

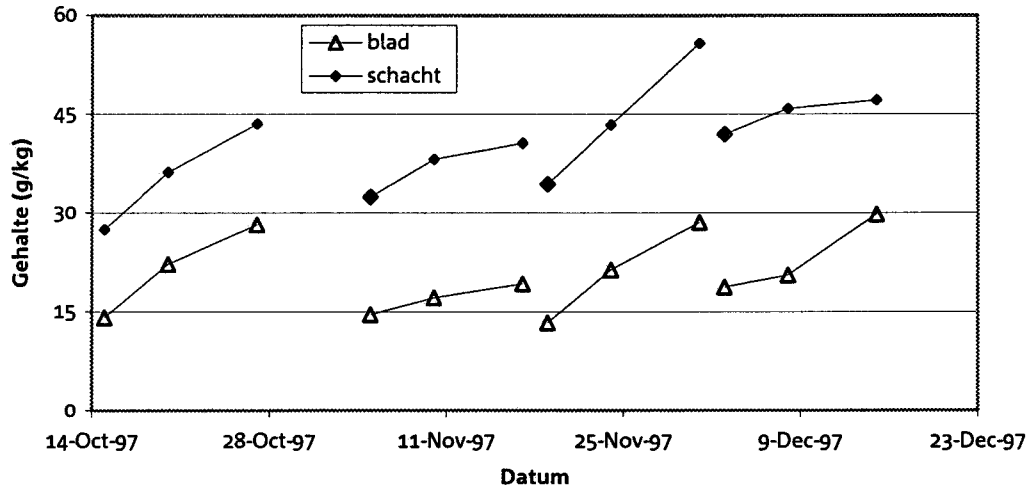
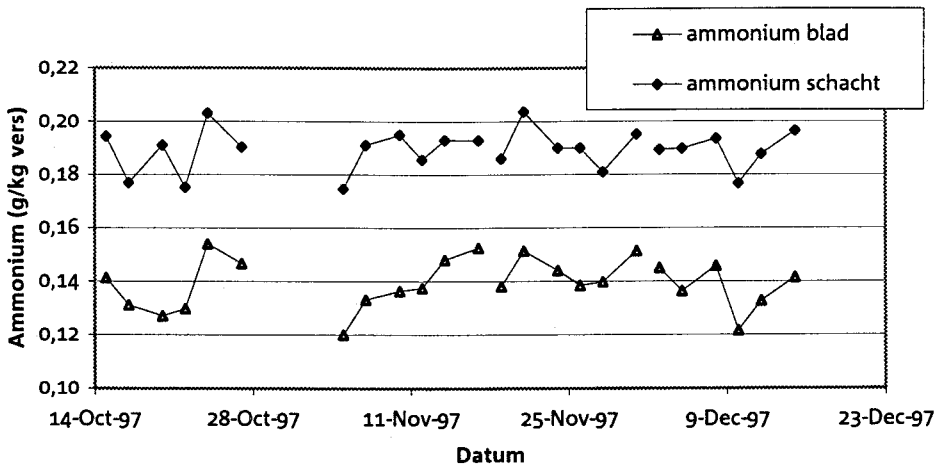


Fig. 7.10 Het verloop van het gehalte aan vrije aminozuren in blad en schacht gedurende de naoogstfase volgend op vier oogsttijdstippen.

Aminozuren

Het gehalte aan vrije aminozuren (som van alle) was hoger in de schacht dan in het blad (Fig. 7.10). Gedurende de naoogstfase was er sprake van een sterke toename van het totale gehalte aan vrije aminozuren in zowel schacht als blad. De toename in absolute hoeveelheden was met name een gevolg van een toename van asparagine en glutamine, maar enkele andere aminozuren gaven een sterke relatieve stijging te zien. De toename aan vrije aminozuren zal het gevolg zijn van de afbraak van oplosbaar eiwit in met name het blad (Fig. 7.8) en het transport van deze aminozuren naar de schacht. Het laatste heeft een toename van de totale hoeveelheid stikstof in de schacht tot gevolg gehad (Fig. 7.8).

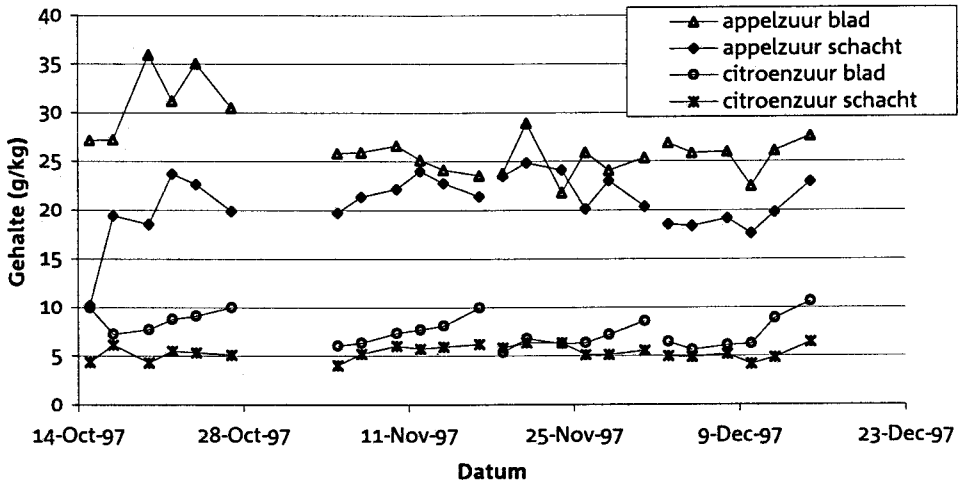
Het totale gehalte aan vrije aminozuren in de schacht op het moment van de oogst nam sterk toe naarmate later werd geoogst (Fig. 7.10). Het gehalte aan alanine, arginine, glutamine, lysine, serine, threonine, en tryptophan vertoonde een relatie met het oogsttijdstip overeenkomstig het totale gehalte aan aminozuren.



Figuur. 7.11 Het verloop van het ammoniumgehalte in blad en schacht gedurende de naoogstfase na vier opeenvolgende oogsttijdstippen.

Ammonium

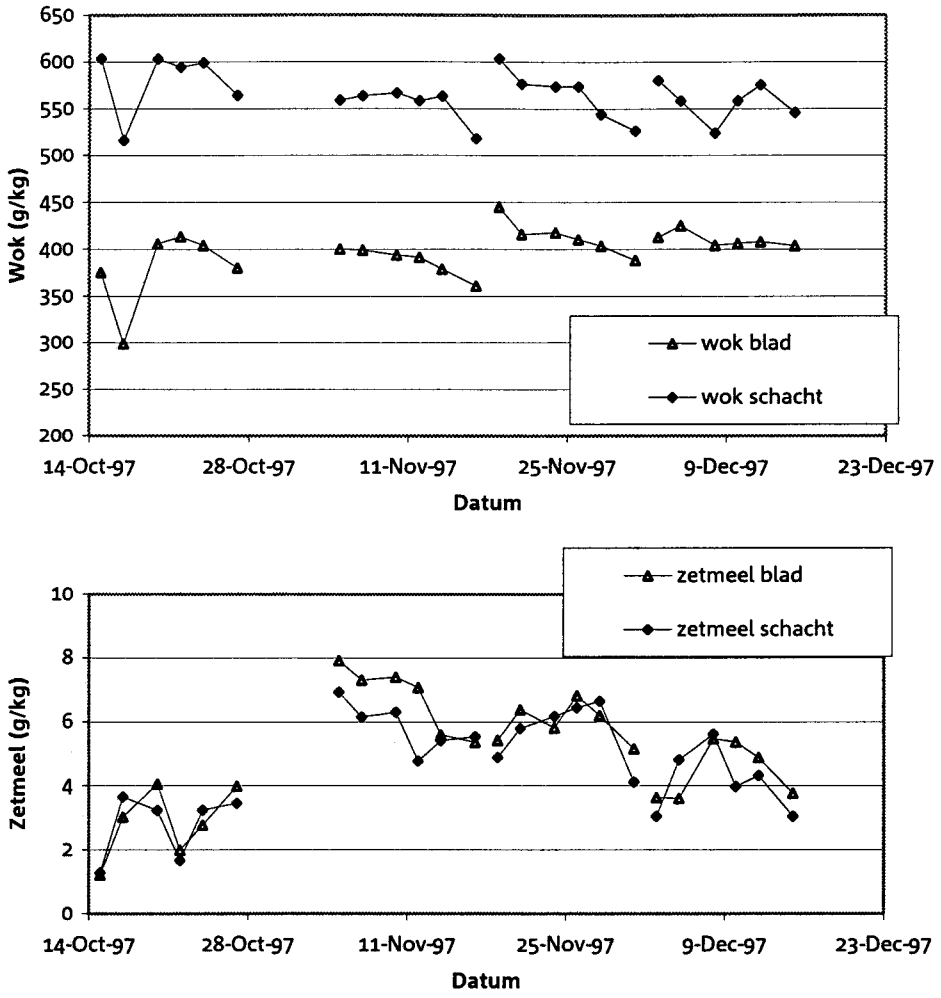
Het ammoniumgehalte was in de schacht telkens hoger dan in het blad (Fig. 7.11). Tijdens de naoogst periode varieerde het ammoniumgehalte tamelijk, zonder dat er een zekere tendens kon worden waargenomen. Ook ten aanzien van het effect van oogsttijdstip op het ammoniumgehalte was er geen duidelijke trend waarneembaar.



Figuur 7.12 Het verloop van het gehalte aan organische zuren (citroenzuur + appelzuur) in blad en schacht tijdens de naoogst na vier opeenvolgende oogsttijdstippen.

Organische zuren

Van de organische zuren zijn alleen de twee belangrijkste te weten citroen- en appelzuur beschouwd. Het gehalte van deze beide organische zuren was telkens hoger in het blad dan in de schacht (Fig. 7.12). Alleen het citroenzuurgehalte in het blad vertoonde tijdens de naoogstfase op elk oogsttijdstip een consequente stijging (Fig. 7.12). Opvallend is wel de sterke stijging van het appelzuurgehalte gedurende het eerste deel van de naoogstfase op het eerste oogstmoment. Het gehalte aan organische zuren bij het begin van de naoogstfase vertoonde in de schacht noch in het blad een eenduidige afhankelijkheid van het oogsttijdstip.



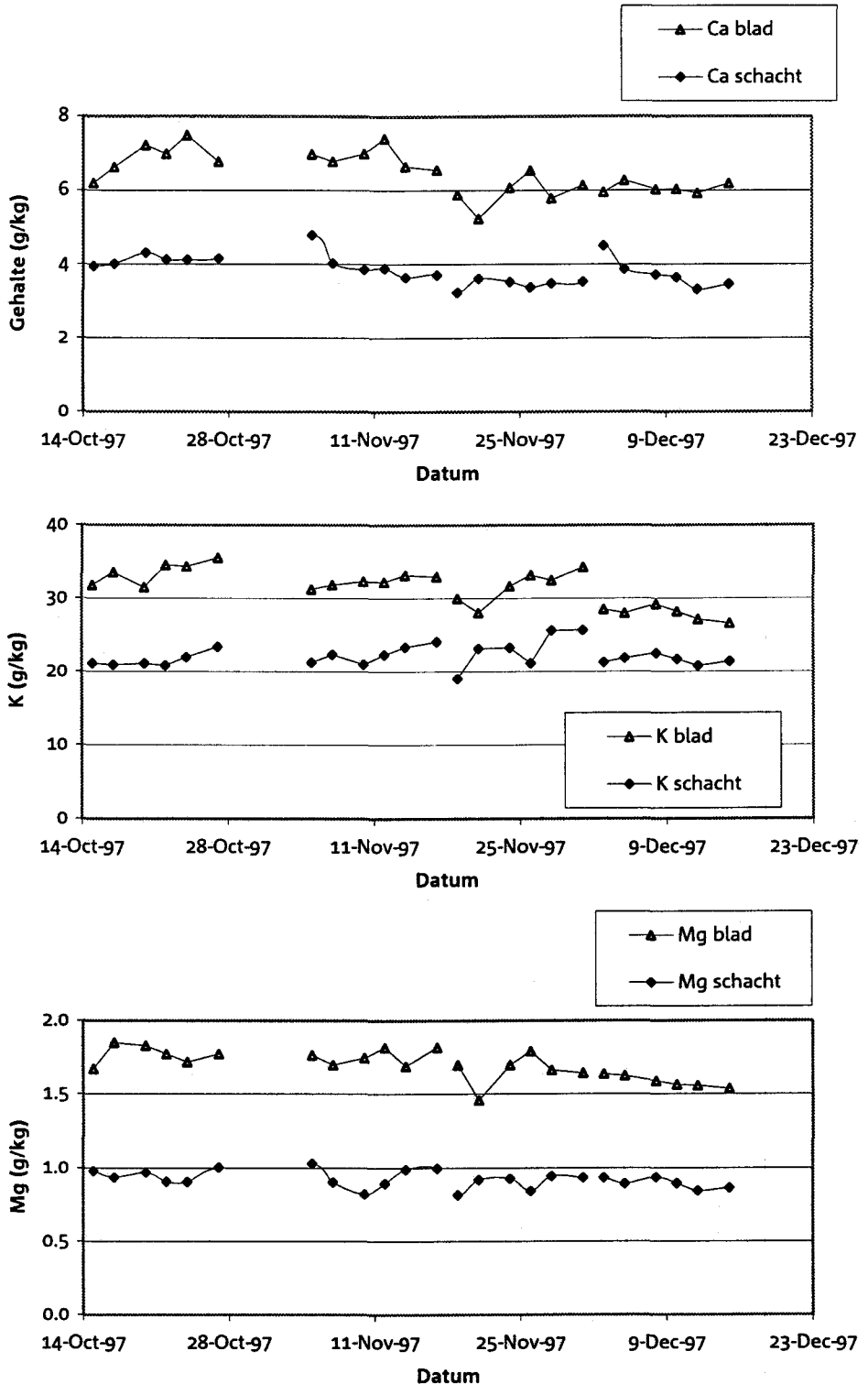
Figuur 7.13 Het verloop van het gehalte aan water oplosbare koolhydraten (boven) en aan zetmeel (onder) in blad en schacht tijdens de naoogstfase na vier opeenvolgende oogsttijdstippen.

Water oplosbare koolhydraten

Het gehalte aan water oplosbare koolhydraten was hoger in de schacht dan in het blad. Met name in de schacht maakten de oplosbare koolhydraten meer dan 50% van de totale drogestof uit (Fig. 7.13). Alleen tegen het einde van de naoogstperiode trad er op alle oogsttijdstippen een daling van het gehalte aan water oplosbare koolhydraten op (Fig. 7.13). Met name was dit het geval in de schacht. Het niveau aan oplosbare koolhydraten was voor al de vier oogsttijdstippen vrijwel hetzelfde (Fig. 7.13), zodat er geen effect van het oogstijdstip op het gehalte aan het begin van de naoogstperiode werd waargenomen.

Zetmeel

Het zetmeelgehalte was laag en er was weinig verschil tussen blad en schacht (Fig. 7.13). Het verloop tijdens de naoogstperiode verschilde in afhankelijkheid van het oogsttijdstip. Bij het tweede oogsttijdstip was er sprake van een constante daling, terwijl er bij de andere drie eerst sprake was van een stijging, zowel in het blad als de schacht, gevolgd door een daling (Fig. 7.13). Het zetmeelgehalte was bij de eerste oogst laag, maar op het tweede oogsttijdstip aanzienlijk hoger, waarna er weer een duidelijk daling optrad naarmate er later werd geoogst.



Figuur 7.14 Veranderingen in het gehalte aan calcium, kalium en magnesium in blad en schacht tijdens de naoogstfase voor vier opeenvolgende oogsttijdstippen.

Magnesium, kalium, en calciumgehalte

Het magnesiumgehalte was hoger in het blad dan in de schacht en vertoonde slechts een kleine variatie gedurende de naoogstfase (Fig. 7.14). Ook het niveau verschilde weinig voor de vier oogsttijdstippen, maar het gehalte was met name bij de laatste oogst lager (Fig. 7.14). Ook het

kaliumgehalte varieerde weinig tijdens de naoogstfase en het gehalte was hoger in het blad dan in de schacht. Het kaliumgehalte in het blad was lager naarmate er later werd geoogst (Fig. 7.14).
Het calciumgehalte varieerde eveneens weinig tijdens de naoogstfase (Fig. 7.14) en ook dit gehalte was hoger in het blad dan in de schacht. Het gemiddelde niveau lag bij de eerste twee oogstmomenten hoger dan bij de laatste twee, met name wat betreft het gehalte in het blad (Fig. 7.14).
De variatie in gehalte van de boven genoemde mineralen in beide organen kan het gevolg zijn van transport van het ene naar het andere orgaan of doordat een deel van de droge stof is gemetaboliseerd. Geen van beide lijkt waarschijnlijk, waardoor de variaties meest toevalsvariaties zijn.

7.3 Conclusies

- De houdbaarheid werd met name bepaald door moment waarop delen van het blad geel verkleurden; het optreden van rot vond later plaats. De snelheid van verkleuring werd niet beïnvloed door het oogstijdstip, wel het tijdstip waarop de eerste verkleuring werd waargenomen. Dit was vroeger naarmate er later werd geoogst.
- De houdbaarheid nam sterk af naarmate later werd geoogst. De hoogste houdbaarheid werd bereikt, voordat het hoogste plantgewicht werd geoogst.
- Het oogsttijdstip had een meest eenduidig effect op het kaliumgehalte in het blad, het oplosbaar eiwitgehalte van de gehele plant, het totale gehalte aan vrije aminozuren in de schacht en het drogestofgehalte van het blad. De eerste twee namen af naarmate er later werd geoogst en de andere twee namen toe bij een latere oogst. Voor de CO_2 en ethyleen productiesnelheid was er een tendens aanwezig van afname bij latere oogst. Ten aanzien van de overige fysiologische- en chemische parameters kon geen eenduidige relatie worden gevonden met het oogsttijdstip.
- Tijdens de naoogstfase namen de CO_2- en ethyleenproductiesnelheid sterk af gedurende de eerste 6 dagen, evenals de kwantumefficiëntie van het oudste blad. Van de chemische parameters nam het oplosbaar eiwit in het blad consequent af en het totaal eiwit in de schacht consequent toe gedurende de naoogstfase. De verhouding tussen het totaal stikstofgehalte in het blad en de schacht nam af naarmate later werd geoogst, evenals de verhouding tussen het oplosbaar eiwit in het blad en het totaal stikstofgehalte in de schacht. Van de organische zuren nam het gehalte aan citroenzuur in de schacht toe naarmate langer werd bewaard. Ten aanzien van het totaal gehalte aan vrije aminozuren was er sprake van een sterke toename in blad en schacht tijdens de naoogstfase. Het gehalte aan water oplosbare suikers, zetmeel en chlorofyl veranderden weinig gedurende de naoogst, evenmin als het gehalte van de mineralen kalium, calcium en magnesium.
- De naoogstfase wordt dus gekenmerkt door een snelle afname van de kwantumefficiëntie van het oudste nog aanwezige blad, een daling van CO2- en ethyleenproductie en O2 consumptie, een daling van het oplosbaar eiwitgehalte in het blad tengevolge van afbraak gevolgd door transport van stikstof naar de schacht en een stijging van het citroenzuurgehalte in het blad.
- Van deze parameters komen de kwantum efficiëntie, het oplosbaar eiwit, organische zuren en CO_2 productie ook voor als verklarende variabelen in het houdbaarheidsmodel (Tab. 5.3). Van de variabelen voorkomend in het houdbaarheidsmodel (Tab. 5.3) hebben alleen oplosbaar eiwit, drogestofgehalte en kaliumgehalte een relatie met de houdbaarheid als gevolg van het oogsttijdstip (Tab. 5.3, Fig. 7.2).

- De herverdeling van stikstof, ten gunste van de schacht, gedurende het laatste deel van het groeiseizoen (afname oplosbaar eiwit in het blad, toename totale hoeveelheid stikstof in de schacht en een toename van het gehalte aan vrije aminozuren) en de lager wordende CO_2 productiesnelheid wijzen in de richting van een 'in rust' gaan van de plant. Reserve stoffen (b.v. stikstof) worden opgeslagen in de schacht en de plant wordt metabolisch minder actief, ter voorbereiding van de bloei in het volgende voorjaar. Dit proces lijkt negatief uit te werken op de houdbaarheid en de kenmerken hiervan zouden mogelijk een indicatie kunnen zijn ten aanzien van het optimale oogsttijdstip, met betrekking tot de houdbaarheid.

8 Consequenties van het onderzoek

In de voorgaande hoofdstukken zijn de resultaten van het uitgevoerde onderzoek weergegeven. In het nu volgende hoofdstuk zal aandacht worden besteed aan de consequenties welke aan de resultaten van het onderzoek kunnen worden verbonden. Het zal zich hierbij toespitsen op drie aspecten, te weten de mogelijkheden een houdbaarheidsvoorspellende toetst te ontwikkelen, de mogelijkheden door gerichte teeltmaatregelen de houdbaarheid te beïnvloeden en tenslotte zullen enkele aanbevelingen voor verder onderzoek worden gegeven.

8.1 Toetsontwikkeling

- Het onderzoek heeft geen eenduidige indicatie opgeleverd voor de ontwikkeling van een toets op korte termijn.
- Componenten van het stikstof metabolisme lijken het meest perspectief te bieden voor de ontwikkeling van een toets.
- De variatie binnen een herkomst is een belangrijke belemmering voor de ontwikkeling van een toets, zolang niet bekend is waardoor deze variatie wordt veroorzaakt.
- De relatie tussen oogsttijdstip, houdbaarheid en remobilisatie van stikstof kan worden gebruikt voor de bepaling van het optimaal oogsttijdstip.

8.2 Teeltmaatregelen

- Een belangrijke teeltmaatregel ten aanzien van houdbaarheid is het oogstmoment.
- De minerale samenstelling (kalium, calcium en magnesium) is van invloed gebleken op de houdbaarheid, maar niet zo overtuigend dat op basis hiervan gericht zou kunnen worden bemest.
- De kwantumefficiëntie is een meer algemeen kenmerk van vitaliteit van de plant en de oorzaken van afwijkingen zijn dan ook moeilijk aan te geven. Om de vitaliteit zo groot mogelijk te houden moet de periode tussen oogst en aanvoer zo kort mogelijk worden gehouden.

8.3 Nader onderzoek

- Het onderzoek heeft laten zien dat de range in houdbaarheid ten gevolge van het oogsttijdstip vrijwel samenvalt met de range zoals waargenomen over het gehele seizoen uitgaande van een groot aantal verschillende herkomsten. Dit geeft het belang van het oogsttijdstip aan. Toekomstig onderzoek moet zich dan ook hierop richten en wel op de volgende drie aspecten:
  1. Is het effect van oogsttijdstip afhankelijk van de teeltperiode?
  2. Hoe kan het optimaal oogsttijdstip ten aanzien van houdbaarheid worden bepaald?
  3. Interactie met rassen (variatie in groeisnelheid) en klimaatsomstandigheden.

  Een methode om het optimaal oogsttijdstip te kunnen vaststellen zou gebaseerd kunnen worden op kenmerken met betrekking tot de stikstofhuishouding (afbraak van eiwitten, transport van aminozuren). Deze vertoont een relatie met de houdbaarheid zoals naar voren is gekomen uit zowel de analyse van verschillende herkomsten als uit de analyse naar

de relatie tussen oogsttijdstip en houdbaarheid.
Onderzoek naar de interactie van oogsttijdstip met andere teeltfactoren (ras, N-, K-, Ca-, Mg-bemesting), teelt- en klimaatomstandigheden, evenals handling van het product tot het moment dat het 'op de markt' komt is hierbij van belang. Met name ook omdat variatie in houdbaarheid, zoals die op de veiling wordt aangetroffen niet uitsluitend een gevolg is van een niet-optimaal oogsttijdstip. Het is aanbevelenswaardig een deel van dit onderzoek 'on farm' uit te voeren.
Een ander interessant aspect in deze is de invloed van genetische verschillen (rassen) in houdbaarheid en in hoeverre die verschillen overeenkomen met verschillen in de aspecten van de stikstofhuishouding. Van hieruit zou dan mogelijk een toets kunnen worden ontwikkeld voor de screening van rassen ten aanzien van verschillen in houdbaarheid.

- In de projectdoelstelling is aangegeven dat prei als pilot-gewas zou dienen. Nu blijkt dat in prei vergeling van het blad de houdbaarheidsbepalende factor te zijn. Dit betekent dat resultaten overdraagbaar zijn naar andere gewassen waar vergeling de houdbaarheid beperkt (broccoli, spruitkool, sla etc.). Onderzoek naar de mate van overdraagbaarheid is daarom gewenst. Het onderzoek zou zich hierbij moeten richten op aspecten van kwantum efficiëntie en stikstofhuishouding in relatie tot vergeling.
- Bij de opzet van het huidige onderzoek werd uitgegaan van een strikte scheiding tussen producent en handel, waarvoor een toets ontwikkeld moet worden om de verschillende herkomsten te onderscheiden ten aanzien van de houdbaarheid. Inmiddels zijn er grote veranderingen in gang gezet, producent en handel dragen steeds meer een gezamenlijke verantwoording voor o.a. houdbaarheid (ketenstrategie). Dan komt de vraag naar voren in hoe verre het mogelijk is de producent te vragen die informatie met het product mee te geven, welke het mogelijk maakt om op basis daarvan een uitspraak over de meest waarschijnlijke houdbaarheid te doen. Belangrijk is hierbij de ontwikkeling van een systeem, waarbij de teler een terugkoppeling krijgt ten aanzien van de gebleken houdbaarheid, zodat hij genomen maatregelen kan evalueren. Onderzoek moet er op gericht zijn te analyseren wat dan wel de essentiële informatie is in deze. Het laatste sluit daarbij nauw aan bij het eerst genoemde punt.
- Op meer strategisch niveau zou onderzoek geïnitieerd moeten worden naar de genetische markers voor de betrokken processen.

Bijlage I
Details methodieken

Sub-bemonstering van de verschillende herkomsten
De verdeling van elk monster voor de verschillende bepalingen vond plaats door de 40-45 planten naast elkaar te leggen en hieruit aselect twee sub-monsters te halen. Telkens werden 20 planten bestemd voor de houdbaarheidsbepaling, waarbij aan 8 van deze 20 planten eveneens de chlorofylfluorescentie werd gemeten. Voor de chemische bepalingen werden 12-15 planten genomen. Voor de meting van ademhaling en ethyleenproductie werd het zelfde monster gebruikt als voor de bepaling van de houdbaarheid. De fysiologische bepalingen en de houdbaarheidsbepaling werd door ATO-DLO uitgevoerd en de chemische bepalingen door AB-DLO.

Berekening houdbaarheid en kleur- en rotverloop
Voor de houdbaarheid van de veilingmonsters werden 20 planten individueel genummerd en vanaf inzet dagelijks beoordeeld op kleur en rot. Bij licht geelverkleuring en/of rotverschijnselen (categorie 1 voor rot en/of kleur volgens de schaal hieronder weergeven werd voor de betreffende preiplant de houdbaarheid als geëindigd beschouwd. De houdbaarheid van het monster werd bepaald door het aantal dagen tussen de dag van inzet en de dag waarop categorie 1 voor rot of kleur werd bereikt van de afzonderlijke planten, op te tellen en te delen door het aantal planten (20).

Het verloop van de houdbaarheidsbepalende parameters kleur en rot werd visueel beoordeeld tijdens de naoogstfase van de monsters afkomstig uit het praktijkperceel . De monsters (20 planten per monster, werden op de verschillende tijdstippen, overeenkomend met de tijstippen voor de andere bepalingen, beoordeeld op het voorkomen van verkleuringen en rotontwikkeling. Dit gebeurde in een 4-puntsschaal: 0 = geen, 1 = een beetje, 2 = matig en 3 = sterke verkleuring dan wel rotontwikkeling voor alle individuele planten van het monster. Voor de verschillende tijdstippen werd daarna het gemiddelde berekend. Daarnaast werden van 3 dezelfde monsters gedurende de gehele bewaarperiode dagelijks dezelfde kenmerken beoordeeld, op de wijze zoals deze werd uitgevoerd voor de veilingmonsters.

Teeltgegevens praktijkperceel
De prei voor het onderzoek is afkomstig uit een praktijkperceel in de Heurne (Gld). Er is een perceel gekozen waarvan de prei bestemd was voor een oogst begin november. Vooraf is een zo gelijkmatig mogelijk stuk van ongeveer 200 m^2 uitgezocht en verdeeld in 4 stukken van 50 m^2 voor de vier oogsttijdstippen. Het geteelde ras was Upton (F1-hybride) en is geplant op 18 Juni 1997.

Grondsoort	Dekzand
Bodemanalyse Bemonsterde laag:	0 – 25 cm
Datum monstername:	11-11-1996
Pw	90 (hoog)
K-HCl	40 (vrij hoog)
MgO-NaCl	210 (zeer hoog)
Ph-KCl	5,9 (goed)
Gloeiverlies	3,5
N_{min} (10-5-97)	186 kg N/ha
Bemesting	
15-5-97	Mestvarkensdrijfmest (40 m^3/ha)
17-7-97	Blending 75 kg N + 75 kg K + 5 kg Mg / ha
30-8-97	KAS 400 kg/ha (108 kg N/ha)
6-10-97	Urean (12 kg/ha)
17-10-97	Urean (12 kg/ha)

Onkruidbestrijding
Er is drie keer een chemische onkruidbestrijding uitgevoerd (10/7, 28/7, en 4/8). Als aanvulling is op 17/7 geschoffeld.

Ziektebestrijding
In de periode 18/7 – 17/10 zijn er diverse bespuitingen uitgevoerd tegen trips, roest en bladvlekkenziekte.

Monsterbehandeling t.b.v. het verloop van de chemische en fysiologische parameters
Voor de analyse van het verloop van houdbaarheid en houdbaarheidsbepalende parameters tijdens het laatste deel van de groeiperiode en tijdens de naoogstfase werden planten voor het eerste en tweede oogsttijdstip handmatig geoogst en voor de andere twee oogsttijdstippen werd machinaal geoogst. Het schonen en veilingklaar maken gebeurde op de praktijk manier. Per keer werd ongeveer 50 m^2 geoogst.
De geoogste hoeveelheid werd verdeeld in 24 monsters à 20 planten waarvan at random de bestemming werd bepaald. Hiervan waren 21 monsters bestemd voor de analyse op 0, 1, 3, 6, 8,10 en 13 dagen na de start van het experiment. Op de betreffende tijdstippen werden telkens drie monsters genomen. Van deze monsters werd eerst de ademhalings-activiteit en ethyleenproductiesnelheid bepaald en werd elke plant afzonderlijk gescoord voor kleur en rot, daarna werd aan 2 van de 3 monsters de kwantumefficiency PSII (CF) bepaald (8 planten per monster). Aan het eind werden de monsters verder behandeld voor de chemische analyse. Drie monsters werden bestemd voor een dagelijkse score op kleur en rot tot aan het einde van elk experiment.

Bepaling fysiologische parameters

Ademhaling
De ademhalingsactiviteit werd bepaald door het monster van 20 planten bij 10 C gedurende een etmaal in een metalen doorstroomcontainer op te sluiten en te doorstromen met lucht (flow 500 ml/minuut). Vervolgens werd de luchtstroom stilgezet gedurende enkele uren (4-6

uur). Bij het begin en aan het einde van deze periode werden zuurstof- en koolzuurgehalten gemeten. Uit de toe- en afname van deze gassen werd de ademhalingsactiviteit berekend. De concentraties koolzuur en zuurstof konden direct van de gasmonitoren van het doorstroomsysteem worden afgelezen. Het doorstroomsysteem bevond zich in de zelfde geconditioneerde ruimte als waarin de houdbaarheid werd bepaald.

Ethyleenproductie
Op dezelfde momenten van aanvang en stilstand van het doorstromen van de containers voor de bepaling van ademhalingsactiviteit, werden gasmonsters genomen met injectiespuiten. Deze gasmonsters worden op een Chrompack gaschromatograaf geanalyseerd op aanwezigheid van ethyleen. Uit het opgetreden verschil in concentratie werd de ethyleenproductie berekend.

Kwantum efficiëntie (CF)
Voor deze meting werden 8 planten gebruikt, afkomstig uit het monster waaraan de houdbaarheid werd bepaald. De CF werd gemeten met behulp van de PAM-2000 Fluorometer van Walz, Effeltrich in Duitsland. Voor de meting werden de monsters bewaard bij 10°C in het donker en twee uur voor de meting werden de planten in een ruimte (20°C en 60% R.V. bij een lichtintensiteit van 12 mol.m-2.sec-1) gelegd om op te warmen en te adapteren aan het heersende lichtniveau. Na deze adaptatieperiode werd het buitenste blad van de preiplant zo in de bladklem geschoven, dat de plek van meting zich ongeveer 5 cm onder het snijvlak bevond. Bij de start van de meting werd de lichtintensiteit op de plaats van de meting verhoogd tot circa 540 mol.m-2.sec-1 met behulp van de KL1500 van Schott Glaswerke, Wiesbaden in Duitsland. De metingen werden in gewone lucht uitgevoerd. Gedurende 5 minuten werd iedere halve minuut een verzadigde lichtpuls gegeven. De fluorescentie werd vlak voor (f(laag)) en tijdens (f(hoog)) de lichtimpuls gemeten. Met deze waarden kan met de onderstaande formule de kwantumefficiëntie, met andere woorden de efficiëntie, waarmee het opvallende licht wordt gebruikt (CF) berekend worden.

$$CF = (f(hoog) - f(laag))/f(hoog)$$

In het vervolg wordt deze bepaling eenvoudig aangeduid als de chlorofylfluorescentie.

Bepaling chemische samenstelling

Voorbewerking
De procedure voor de verwerking van het monster voor de chemische analyses was als volgt:
- tellen aantal planten
- afsnijden zichtbaar groen blad
- hetgeen overblijft scheiden in rest blad en schacht op de plaats waar de bladschijf van het buitenste volledig ontplooide blad overgaat in de bladschede
- groen blad, rest blad en schacht wegen
- groen blad fijnmaken in een cutter en hiervan een monster van 50 gram nemen voor de bepaling van het chlorofylgehalte
- rest blad en schacht fijnmaken en mengen in de cutter ; restant van het groene blad erdoor mengen
- uit het mengmonster worden de volgende monster gehaald :
  * 200 gram voor analyse drogestofgehalte, K, Ca, Mg, zetmeel, Ntca, Ntot en totaal water oplosbare suikers.
  * 200 gram voor analyse ammonium
  * 100 gram voor analyse aminozuren en de organische zuren appelzuur en citroenzuur.

Aan het materiaal werden de volgende chemische bepalingen gedaan:

Totaal stikstof gehalte (Ntot)
Bepaling volgens Dumas met een Macro_N (Foss Electric)

Kalium, calcium en magnesium gehalte (K, Ca en Mg)
Waterige extractie. Meting met AAS. Varian 10

Stikstof in oplosbaar eiwit (Ntca).
Precipitatie met 10% TCA. In het residu wordt volgens Kjeldahl het stikstofgehalte bepaald.

Water oplosbare suikers (wok)
Waterige extractie van suikers. Meting van het suikergehalte na zure hydrolyse met behulp van een Auto Analyzer gekoppeld aan een Gtpc (Bran en Lubbe). Inverse meting van de reactie van monosaccharides met ferricyanide (Fe^{3+}) tot ferrocyanide (Fe^{2+}).

Zetmeel
Na waterige extractie van de oplosbare suikers wordt het residu na autoclavering behandeld met amyloglucosidase. Het ontstane glucosegehalte wordt met de methode volgens Shaffer-Somogy.

Aminozuren (ala, arg, asn, asp, cys-cys, gln, glu, gly, his, ile, leu, lys, met, phe, pro, ser, thr, trp, tyr, val)
HPLC volgens de picotag methode in gevriesdroogd materiaal.

Organische zuren (appelzuur en citroenzuur)
HPLC met een organische zuren kolom van Chrompack in gevriesdroogd materiaal.

Ammonium
Waterige extractie in het verse product. Meting van het NH_4 gehalte met de TRAACS 800 Auto-analyzer (Bran en Lubbe)

Chlorofyl
Extractie in 80% aceton uit vers materiaal . Methode volgens Arnon.

Bijlage II
Projectbeschrijving

1. Doel van het onderzoek

De kwaliteit van het product op het moment dat het bij de consument komt is de resultante van de kwaliteit op het moment van de oogst en het kwaliteitsverloop tijdens de naoogstfase. De snelheid waarmee de kwaliteit verandert tijdens deze fase bepaalt de houdbaarheid van het geoogste product. In het kader van integrale ketenzorg is het van belang te beschikken over informatie met betrekking tot de kwaliteit c.q. de houdbaarheid op het moment dat het product overgaat van de producent naar het handelskanaal.
De kwaliteit van het product en de houdbaarheid daarvan zijn in belangrijke mate gerelateerd aan de gewasgroei in de voorafgaande periode. Vooral bladgewassen, welke niet tot de traditionele "bewaargroenten" behoren, geven problemen met betrekking tot de houdbaarheid.
Doel van dit project is

a) aan te geven welke fysiologische parameters de houdbaarheid karakteriseren,
b) de fysiologische parameters te analyseren ten aanzien van hun voorspellende waarde aangaande de houdbaarheid bij aanvang van de naoogstfase,

Het gewas prei zal hierbij als 'modelgewas' worden gebruikt, in hoofdzaak omdat bij dit gewas de meeste problemen ten aanzien van de houdbaarheid worden geconstateerd.

2. Probleemstelling

Uit de reguliere (CBT) houdbaarheidscontroles van prei blijkt dat er een grote variatie is ten aanzien van de houdbaarheid. De oorzaken van deze verschillen zijn veelal niet direct aan te wijzen en evenmin kan bij het begin van de naoogstfase voldoende worden voorspeld wat de houdbaarheid van het product zal zijn. Voor beide aspecten is het noodzakelijk te beschikken over planteigenschappen als kwaliteitscriterium, waarop tijdens de teelt gestuurd kan worden en waarmee aan het begin van de naoogstfase kan worden aangetoond in welke mate het product houdbaar is en welke bewaarbehandeling optimaal is.
In het geval van prei bestaat het oogstbaar product hoofdzakelijk uit blad. In tegenstelling tot een vrucht, waar kan worden gesproken over een zekere mate van rijpheid bij de oogst, is het te oogsten product bij prei veelal nog in een fase van groei. Fysiologische en biochemische processen welke spelen tijdens de rijping van een vrucht kunnen daarom niet direct worden toegepast op een bladgewas als prei. De fysiologische processen welke een belangrijke rol spelen tijdens de naoogstfase van prei en de houdbaarheid beïnvloeden zullen veelal betrekking hebben op veroudering, welke ingang zijn gezet of versneld zijn door het oogsten (verwijderen wortels en een gedeelte van het blad). Welke veranderingen hierbij de belangrijkste zijn, is niet bekend en zullen dus moeten worden geïdentificeerd.
Houdbaarheid wordt veelal visueel vastgesteld, waarbij na een zekere tijdsduur wordt bezien in hoeverre het product nog voldoet aan gestelde kwaliteitseisen. Zolang de planteigenschappen, welke de houdbaarheid bepalen niet zijn gekarakteriseerd, kan niet worden aangegeven waarop tijdens de teelt moet worden gestuurd en is het evenmin mogelijk de houdbaarheid op het moment van de oogst te voorspellen of de optimale bewaarcondities expliciet te definiëren. De hiervoor benodigde toets kan pas worden ontwikkeld, zodra voldoende inzicht bestaat met betrekking tot de karakterisering van houdbaarheid.

3. Beoogde invloed

De grote verschillen in houdbaarheid tussen verschillende partijen maakt de kans groot dat de bepalende karakteristiek wordt geïdentificeerd. De resultaten kunnen de aanzet zijn tot het formuleren van adviezen aan de teler over hoe het gewas te behandelen, zodat kwaliteit en houdbaarheid binnen gestelde randvoorwaarden kan worden gemaximaliseerd.
Op basis van verkregen resultaten zullen voorstellen worden gedaan voor de ontwikkeling van een toets, waarmee de houdbaarheid op het moment van de overgang van producent naar de handel kan worden voorspeld, en waarmee het mogelijk is kwaliteitsgaranties voor prei te geven.

4. Werkwijze

Het onderzoek zal worden uitgevoerd door de vier participanten gezamenlijk, waarbij het zwaartepunt zal liggen bij de activiteiten van AB-DLO en ATO-DLO.
In de uitvoering van het project zullen de volgende 3 fases te onderscheiden zijn

A. Identificatie van plantkenmerken (incl. fysiologische en biochemische processen)

- Literatuur onderzoek zal worden uitgevoerd naar de relatie houdbaarheid van bladgewassen en plantkenmerken.
- Tevens moet eerst worden vastgesteld, welke visuele kenmerken (kleur, ontwikkeling van rot, hergroei etc) kwaliteitsbepalend zijn voor prei, waarbij de verschillende stadia in een schaal moeten worden weergegeven. De uiterste houdbaarheid kan dan worden gedefinieerd als de periode tot het moment waarop de kwaliteit als geheel nog juist acceptabel is.
- De relatie tussen houdbaarheid en de plantkenmerken zal worden vastgesteld door op een aantal momenten, verspreid over het gehele seizoen, van de veilingen prei van een aantal herkomsten te betrekken. Hiervoor wordt uitgegaan van prei die voldoet aan de eisen voor kwaliteit I. De toetsing van de houdbaarheid zal onder strikt geconditioneerde omstandigheden plaats vinden.
  Aan het product zal een aantal metingen bij het begin van de houdbaarheidsbepaling worden uitgevoerd. Allereerst zullen een aantal toestandsgrootheden worden bepaald bij het begin van de naoogstfase, waarbij onderscheid gemaakt zal worden tussen de niet veranderlijke grootheden zoals gehaltes aan stikstof, kalium, magnesium en calcium en de grootheden welke waarschijnlijk tijdens de naoogstfase zullen veranderen, zoals gehaltes c.q. hoeveelheden aan suikers/ zetmeel, organische zuren, eiwitten/ aminozuren, chlorofyl, water en karakteristieken van de chlorofylfluorescentie. Eveneens wordt de ademhalings- en ethyleenproductiesnelheid bepaald. Genoemde factoren worden gecorreleerd aan de houdbaarheid als geheel en aan afzonderlijke houdbaarheidscomponenten van de verschillende partijen. Aan het eind van deze fase zullen de kenmerken met het meeste perspectief worden meegenomen naar de volgende fase.

B. Validatie van geselecteerde kenmerken.

Uit fase A is naar voren gekomen, welk plantkenmerk het best gecorreleerd is aan de houdbaarheid en kan dienen als karakteristiek voor de houdbaarheid.

- In deze fase zal validatie plaats vinden van de geselecteerde karakteristieken t.a.v. de mogelijkheid hiermee vooraf een uitspraak te kunnen doen m.b.t. de houdbaarheid. Hiertoe zullen opnieuw monsters vanaf veilingen worden betrokken op een aantal tijdstippen gedurende het seizoen. Van deze monsters wordt de houdbaarheid bepaald en de geselecteerde kenmerken gemeten.

- Oriënterend zal van de geselecteerde kenmerken worden nagegaan hoe deze veranderen enerzijds tijdens het laatste deel van de teeltperiode en anderzijds gedurende de naoogstfase. Uit een beperkt aantal praktijkpercelen zullen in de periode voorafgaande aan de oogst monsters worden genomen voor de bepaling van de grootte van de geselecteerde kenmerken, waarbij deze eveneens op een aantal tijdstippen tijdens de naoogstfase worden bepaald. Hieruit kan een indicatie worden verkregen in hoeverre de kenmerken geschikt zijn om de oogstrijpheid te bepalen.

C. Verslaglegging

Er zal op twee tijdstippen worden gerapporteerd, t.w. ongeveer halverwege de looptijd van het project en bij beëindiging

In het eindrapport zal het volgende aan de orde komen:

- welke te meten grootheden (fysiologisch/biochemisch) bij prei het best de houdbaarheid karakteriseren.
- adviezen met betrekking tot het ontwerpen van een houdbaarheidstoets
- advisering m.b.t. te starten nader onderzoek naar de beïnvloedbaarheid van de houdbaarheid middels teeltmaatregelen.

5. Literatuur

Barker, A.V., 1987. *Aminoacids and nitrogenous compounds.* In: J. Weichmann (ed). Postharvest Physiology of Vegetables, pp. 475-480.

Chon-Ton Phan, 1987. *Biochemical and physiological changes during the harvest period.* In: J. Weichmann (ed). Postharvest Physiology of Vegetables, pp. 9-22.

Hansen, H., Weichmann, J., 1987. *Carbohydrates.* In: J. Weichmann (ed). Postharvest Physiology of Vegetables, pp. 469-474.

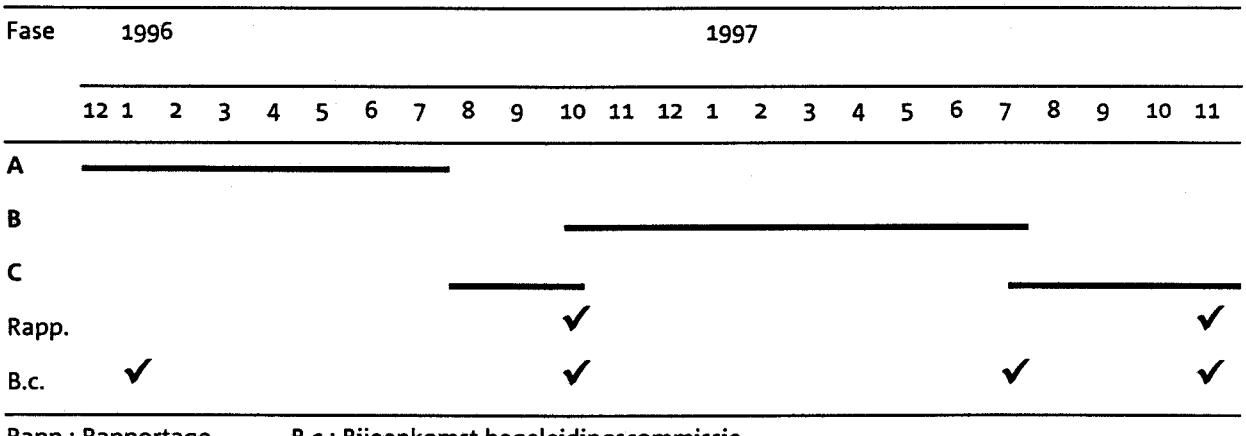
Isenberg, F.M.R., Ludford, P.M and Thomas, T.H., 1987. *Hormonal alterations during the postharvest period.* In: J. Weichmann (ed). Postharvest Physiology of Vegetables, pp. 45-94.

Kader, A.A., 1987. *Respiration and gas exchange of vegetables.*In: J. Weichmann (ed). Postharvest Physiology of Vegetables, pp. 25-43.

King, G.A and Morris, S.C., 1994. *Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli.* J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119:1000-1005.

Weichmann, J., 1987. *Minerals.* In: J. Weichmann (ed). Postharvest Physiology of Vegetables, pp. 25-43.

6. Fasering/uitvoering



Rapp.: Rapportage B.c.: Bijeenkomst begeleidingscommissie

Voor de uitvoering zal een projectteam worden geformeerd. De projectleiding zal worden geleverd door AB-DLO, en deze onderhoudt het contact met de opdrachtgevers. Bij aanvang zal een begeleidingscommissie worden samengesteld.

7. Omvang en kosten

Begroting op jaarbasis in kF (incl. 3% indexering; DLO tarieven)

	1e jaar	2e jaar	TOTAAL
Personele kosten			
onderzoeker	83,1	133,7	216,8
assistent HBO	199,2	177,8	377,0
Materieel			
aanschaffingen	10		10
exploitatie	69,2	50	119,2
TOTAAL	361,5	361,5	**723,0***

* excl. BTW

Bijdrage (kF):

PGF	180,75*
Landbouwschap	180,75*
AB-DLO	180,75
ATO-DLO	180,75

* excl. WBSO-subsidie

Bijlage III
Lijst met afkortingen

	Omschrijving
CO_2	Koolstofdioxide productie
O_2	Zuurstof productie
C_2H_4	Ethyleen productie
GV	Gewichtsverlies tijdens de houdbaarheidsbepaling
CF	Kwantum efficiëntie
blad	Bladgewicht
schacht	Schachtgewicht
totaal	Totaal plant gewicht
d.s.-geh.	Drogestofgehalte
Ntot	Totaal stikstof gehalte
N tca	Stikstof in oplosbaar eiwit fractie
wok	Water oplosbare koolhydraten gehalte
zetmeel	Zetmeel gehalte
K	Kalium gehalte
Mg	Magnesium gehalte
Ca	Calcium gehalte
ammonium	Ammonium gehalte
chlor a+b	Chlorofyl a + b (totaal gehalte chlorofyl)
Org. zuren	Organische zuren (appelzuur + citroenzuur
ala	alanine
arg	arginine
asn	asparagine
asp	asparagine zuur
cys-cys	cystine
gln	glutamine
glu	glutamine zuur
gly	glycine
his	histidine
ile	isoleucine
leu	leucine
lys	lysine
met	methionine
phe	phenylalanine
pro	proline
ser	serine
thr	threonine
trp	tryptophan
tyr	tyrosine
val	valine