

bn 282026

NAOOGSTFYSIOLOGIE

- Algemene principes
- Toepassing in de glastuinbouw

M. Miedema en C.W. Anker
CAD Kwaliteit en Bewaring

Deze brochure is uitgegeven door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. U kunt deze en andere brochures bestellen door het bedrag dat op de omslag is vermeld, over te maken op postbanknummer 293110, ten name van Proefstation Naaldwijk, Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk of via Rabobank Midden-Westland nr. 34.36.08.006 te Naaldwijk. Vermeld daarbij het gewenste brochure-nummer.

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
1. INLEIDING	1
2. DE OOGST	2
2.1. Veranderingen bij de oogst	2
2.1.1. De watervoorziening stagneert	2
2.1.2. De interne atmosfeer verandert	2
2.1.3. De fotosynthese stopt	3
2.1.4. Andere veranderingen in de stofwisseling	3
2.2. Het oogststadium	4
2.2.1. Vrucht-gewassen	4
2.2.1.1 Climacterische vruchten	4
2.2.1.2 Niet-climacterische vruchten	4
2.2.2. Bol-, knol- en wortelgewassen	5
2.2.3. Koolgewassen	5
2.2.4. Blad-, stengel- en vruchtgroenten	5
2.2.5. Snijbloemen	5
3. DE LEVENSPROCESSEN	6
3.1. Ademhaling	6
3.1.1. Het proces van de ademhaling	6
3.1.2. Gasuitwisseling	7
3.1.3. Factoren die de ademhalingsintensiteit bepalen	7
3.1.3.1 Verschillen tussen de produkten	8
3.1.3.2 De temperatuur	8
3.1.3.3 Beschadiging	8
3.1.3.4 Vochtgehalte	10
3.1.3.5 Luchtsamenstelling	10
3.1.3.6 Andere factoren	10
3.2. Hormoonhuishouding	10
3.2.1. Inleiding	10
3.2.2. Auxinen	11
3.2.3. Gibberellinen	11
3.2.4. Groeivertragers	12
3.2.5. Cytokininen	12
3.2.6. Abscisininen (ABA)	12
3.2.7. Ethyleen of etheen	12
3.3. Membraanveranderingen	14
3.4. Verdamping	15
3.4.1. Wat is verdamping	15
3.4.2. Gevolgen voor het produkt	15
3.4.3. Verschillen per produkt	15
3.4.3.1 Droge produkten	16
3.4.3.2 Vochtrijke produkten	16

3.5.	Strekking, groei en kiemrust	18
3.5.1.	Strekking	18
3.5.2.	Groei	18
3.5.3.	Kiemrust	18
4.	WIJZIGINGEN IN KWALITEIT EN SAMENSTELLING VAN PRODUCTEN	19
4.1.	Sensorische eigenschappen	19
4.1.1.	Kleur	19
4.1.2.	Smaak	20
4.1.3.	Textuur en stevigheid	20
4.2.	Koolhydraten	20
4.2.1.	Rijping	21
4.2.2.	Veroudering	22
4.3.	Stikstof-houdende verbindingen	23
4.4.	Mineralen en vitamines	24
4.4.1.	Mineralen	24
4.4.2.	Vitaminen	24
4.4.2.1	Vitamine C	25
4.4.2.2	Vitamine A	25
4.4.2.3	Vitamine B	25
5.	REGULERINGSMOGELIJKHEDEN	26
5.1.	Temperatuur	26
5.1.1.	Invloed op de stofwisselingssnelheid	26
5.1.2.	Temperatuurgrenzen	27
5.1.2.1	Bevriezing	28
5.1.2.2	Lage temperatuursbederf (LTB)	28
5.1.2.3	Mogelijkheden om LTB-schade te voorkomen	29
5.1.3.	Tijd en wijze van koelen	30
5.2.	Vocht	30
5.2.1.	Beheersing van de luchtvochtigheid	30
5.2.2.	Andere mogelijkheden om het vochtverlies te beperken	31
5.2.2.1	Coating	31
5.2.2.2	Sealen	31
5.3.	CA-bewaring	32
5.3.1.	Effecten van laag zuurstofgehalte	32
5.3.2.	Effecten van verhoogd CO ₂ -gehalte	33
5.4.	Ethyleen	34
5.4.1.	Ethyleenproduktie	34
5.4.2.	Ethyleengevoeligheid	35
5.4.3.	Bescherming tegen ethyleen	35
5.5.	Licht	36
6.	TOEPASSING IN DE GLASTUINBOUW	38
6.1.	Glasgroente	38
6.1.1.	Kwaliteitskenmerken	38

6.1.1.1	Inwendige kwaliteit	38
6.1.1.2	Uitwendige kwaliteit	38
6.1.2.	Oorzaken van kwaliteitsachteruitgang	39
6.1.2.1	Waterhuishouding	39
6.1.2.2	Temperatuur	39
6.1.2.3	Ethyleenschade	42
6.1.2.4	Plantensappen en chemische omzettingen	44
6.1.2.5	Behandeling-schade	45
6.1.2.6	Parasieten	46
6.2.	Snijbloemen	46
6.2.1.	Kwaliteitskenmerken	46
6.2.1.1	Inwendige kwaliteit	46
6.2.1.2	Uitwendige kwaliteit	48
6.2.2.	Oorzaken van kwaliteitsachteruitgang	49
6.2.2.1	Waterhuishouding	49
6.2.2.2	Temperatuur en luchtvochtigheid	51
6.2.2.3	Ethyleen	52
6.2.2.4	Snijrijpheidsstadium en het voeden van de bloem	56
6.2.2.5	Bladvergeling	57
6.2.2.6	Parasieten	58
6.2.2.7	Behandeling-schade	58
6.3.	Potplanten	58
6.3.1.	Kwaliteitskenmerken	58
6.3.1.1	Uitwendige kwaliteit	59
6.3.1.2	Inwendige kwaliteit	59
6.3.2.	Oorzaken van kwaliteitsachteruitgang	60
6.3.2.1	Waterhuishouding	60
6.3.2.2	Temperatuur	61
6.3.2.3	Ethyleenschade en groeiregulatoren	63
6.3.2.4	Licht	64
6.3.2.5	Parasieten	65
	Bronvermelding	66

1. INLEIDING

Land- en tuinbouw hebben zich in het verleden zeer sterk op de teelt van gewassen gericht. De belangstelling voor het produkt na de oogst was veel geringer. Zelfs wanneer dat produkt nog onder de hoede van de teler was tijdens de opslagfase. Ook bij voorlichters is de kennis van de teelt zelf vaak beter ontwikkeld dan de kennis van bewaring en behandeling van produkten na de oogst.

De laatste jaren groeit het besef, dat de zorg voor het produkt verder moet reiken dan het moment van aflevering (veiling, handel). In feite vindt de echte beoordeling van de geschiktheid van het produkt plaats bij de eindverbruiker, de consument of soms de verwerkende industrie. Wanneer de consument bedenkingen heeft bij bepaalde eigenschappen van een produkt, zoals houdbaarheid en smaak, dan wordt de concurrentiepositie van dat produkt op termijn zeker geschaad.

We zullen moeten streven naar een systeem van kwaliteitsgarantie in het lange traject van teelt (van zaai tot oogst) en distributie tot aan de eindverbruiker.

Vanuit deze achtergrond is de brochure Naoogstfysiologie geschreven. De bedoeling ervan is bij voorlichters en bij belangstellende telers en bij de handel de kennis van het omgaan met produkten na de oogst te vergroten en te verdiepen. Daarmee kan veroudering en slijtage van het produkt worden vertraagd en geremd. In deze brochure wordt gepoogd om vanuit de processen in het levende organisme een verklaring te geven voor de beste wijze van omgaan met het produkt. De kennis van deze materie, de naoogstfysiologie, is echter nog beperkt en niet geheel samenhangend. Het beeld dat geschetst wordt is een simpele weergave van een zeer gecompliceerde materie. Deze versimpeling is wellicht wetenschappelijk niet altijd verantwoord, ze is echter nodig om enige achtergrondkennis te geven, waarmee gewerkt kan worden.

De hoofdstukken 2 t/m 5 zijn van algemene aard, het laatste hoofdstuk gaat specifiek in op de produkten uit de glastuinbouw.

2. DE OOGST

2.1. Veranderingen bij de oogst

Gedurende de groei en ontwikkeling is de plant één geheel en reageert als zodanig op zijn omgeving. Bij de oogst wordt een deel van de plant verwijderd, en dit oogstprodukt moet nu fysiologisch op eigen benen staan. Vruchten, zaden, bollen en knollen zijn daartoe goed in staat; deze organen zijn fysiologisch rijp. In de tuinbouw oogsten we vaak delen van planten, zoals bladeren, scheuten, bloemen, die allerminst fysiologisch rijp zijn. De gevolgen voor het geoogste produkt zijn ingrijpend en verschillen sterk per produkt.

Een aantal aspecten wordt hier genoemd.

2.1.1. De watervoorziening stagneert

Een levende plant heeft een ingewikkeld systeem van waterbeheer. Door verdamping of transpiratie verliest de plant vocht. Hierdoor ontstaat een zuigspanning, waarmee via de wortels water wordt onttrokken aan grond of substraat. Deze zuigspanning of waterpotentiaal is negatief, waardoor de plant onder onderdruk verkeert. Daarnaast houdt de plant water vast door osmose. Hierdoor treedt turgor of celspanning op.

In een geoogst plantendeel ontstaat door verdamping een tekort aan water dat niet wordt aangevuld. Dit leidt gauw tot vermindering van de turgor in het weefsel; niet-houtige delen worden min of meer slap. In sommige gevallen is dat gunstig, omdat minder breuk optreedt als de turgor lager is. Het verlies aan vocht is evenwel het belangrijkste facet bij de oogst. Eén van de gevolgen van het verlies aan turgor is, dat de verdamping afneemt. Hiermee raakt ook het systeem van temperatuurbelasting in de war (verdamping geeft afkoeling). Als bij warm weer geoogst wordt, kan dit leiden tot een stijging van de temperatuur. In het geoogste deel kan dit biologische reacties, die erg temperatuur afhankelijk zijn, verstoren met verdere fysiologische afbraak als gevolg. In ons klimaat is dit van minder belang. Een ander gevolg kan zijn dat de oppervlakkig gelegen cellen bij de daling van turgor afsterven en invalspoort worden voor pathogenen. Vooral bij gewassen zonder gesloten epidermis, zoals de peen, kan dit gebeuren. De bovengrondse organen en ook bij de aardappel is er een oppervlaktestructuur met goed aaneengesloten cellen en een kurk- of waslaag die schimmelinfecties weert.

2.1.2. De interne atmosfeer verandert

Bladeren en vruchten bestaan voor een gedeelte uit sponsachtig weefsel met grote ruimten tussen de cellen. De gassamenstelling in bijvoorbeeld het vruchtvlees van een appel wijkt veelal sterk af van die van de omringende lucht. Met name het CO_2 -gehalte is hoog, meestal tussen 3-6% en soms kan het zelfs stijgen tot 20 à 30%. Het O_2 -gehalte is meestal veel lager dan in de buitenlucht. Door het hoge koolzuurgehalte wordt de ademhaling afgeremd.

Bij de oogst ontstaat een breuk in het gesloten systeem. Via het wondvlak vindt gasuitwisseling plaats: de interne atmosfeer veran-

dert in de richting van de buitenlucht. Hierdoor ontstaat een toename van de ademhaling. Ook andere processen, die zuurstof nodig hebben, worden versterkt, zoals de oxidatie van fenolen. Het belangrijkste is dat deze stress-situatie leidt tot intensivering van de ademhaling. In de interne atmosfeer komt meestal nogal wat ethyleen voor. Door de hoge CO_2 -concentratie is het niet werkzaam. Bij de oogst verdwijnt ook het ethyleen voor een belangrijk deel, maar na de wondheling wordt het opnieuw gevormd. Het werkt dan wel, en kan leiden tot snellere rijping als het interne CO_2 -gehalte in mindere mate op het oude peil terug is gekomen.

Het praktisch belang van deze mogelijke effecten is afhankelijk van de relatieve oppervlakte van het breuk- of snijvlak bij de oogst. Deze is vooral groot bij bladgroenten als spinazie. Toch is ook in vruchten als appel en mango met een dun steeltje geconstateerd dat er aanzienlijke veranderingen in de gassamenstelling binnen de vrucht optreden bij de oogst. Ondergrondse organen zoals aardappelknollen hebben een veel minder luchtafsluitende huid dan een bovengronds orgaan, zoals een appel. Dit is ook minder nodig. Een knol kan een lage O_2 -spanning handhaven, omdat in de omgevende grond weinig zuurstof aanwezig is. Er is dus geen gradiënt van betekenis tussen de interne en externe zuurstofspanning. Wanneer een knol wordt geoogst, komt deze plotseling in een zuurstofrijke omgeving. De ademhaling neemt toe en blijft hoog tot de schil is afgehard.

2.1.3. De fotosynthese stopt

Met name in groene delen van de plant vindt assimilatie plaats. Na de oogst kan de fotosynthese in principe nog doorgaan. Bij het verzamelen van het produkt neemt de hoeveelheid ingestraald licht echter sterk af waardoor de assimilatie wordt geremd of gestopt. Er wordt dan geen CO_2 meer verbruikt voor de assimilatie. De stijging van het interne CO_2 -gehalte is dus niet alleen een gevolg van de intensivering van de ademhaling, zoals onder 2.1.2. genoemd, maar ook van het wegvallen van de fotosynthese.

2.1.4. Andere veranderingen in de stofwisseling

1. Wondreactie.

Veel plantenorganen, onder andere vruchten vormen een abscissielaaag en zijn daarmee voorbereid op de oogst. Wanneer geplukt wordt, is de wond beperkt van omvang. Als er geen abscissielaaag wordt aangelegd, ontstaat er bij de oogst een wondvlak, waarop de plant niet is voorbereid. Bij mechanische oogst en transport treedt daarnaast nogal eens beschadiging van het produkt op. Het geoogste produkt reageert op snijvlakken en verwondingen door:

- snelle afdichting door oxidatie van fenolen: dit gaat gepaard met bruinkleuring;
- afsluiting van de verstoorde houtvaten;
- verkurking (peen, aardappel);
- verhouting (onder andere sinaasappel).

2. Afbraak van chlorofyl.

Bij hogere temperaturen kan afbraak van chlorofyl een rol spelen. Normaal leidt dit niet tot kleurverlies, behalve bij onrijpe produkten als doperwten en asperges. Koeling is dan zeker noodzakelijk.

2.2. Het oogststadium

Het moment waarop een produkt wordt geoogst wordt in de praktijk in eerste instantie bepaald door de opbrengst. Pas wanneer er geen groei meer is te verwachten, wordt er geoogst.

Een tweede invalshoek is het risico van oogstverliezen. Zo treedt bij zaadgewassen, zoals graszaad en granen korreluitval op, wanneer in overrijp stadium wordt geoogst.

Een derde punt van overweging bij het vaststellen van het oogststadium is de marktwaaarde van het produkt. Als de kwaliteit gaat afnemen en dit tot uiting komt in een lagere klassenindeling op de veiling en daarmee een lagere prijs, dan bepaalt dit mede het oogststadium (bijvoorbeeld asperges, snijbloemen). Een specifiek voorbeeld van de invloed van de markt is de primeurproduktie. Hoewel opbrengst en kwaliteit nog niet optimaal zijn wordt vroeg geoogst om van hoge primeurprijzen te profiteren (bijvoorbeeld zomerfruit).

Het wordt steeds duidelijker dat voor veel produkten het oogststadium mede bepalend is voor het na-oogstgedrag. Belangrijke facetten van dat na-oogstgedrag zijn:

- de houdbaarheid (van dagprodukten);
- de bewaarbaarheid (van stapelprodukten);
- de kwaliteit op consumentenniveau (smaak, kleur, en dergelijke).

Daarom zal naar verwachting de keuze van het juiste oogsttijdstip voor steeds meer produkten van groot belang worden. Er zal nog heel wat onderzoek nodig zijn om het goede oogststadium of oogsttraject voor een produkt vast te stellen. En dan is het nog nodig om dat fysiologisch stadium uit te drukken in gewassenmerken, zodat het voor de teler duidelijk en hanteerbaar wordt.

Hieronder wordt per produkt aangegeven wat er bekend is over de invloed van het oogststadium op de kwaliteit van het produkt.

2.2.1. Vruchtgewassen

2.2.1.1 Climacterische vruchten

Appels, peren, tomaten en veel andere, vooral tropische vruchten, kennen een climacterium. Dit is het overgangsstadium van onrijpe toestand naar rijpheid. Het gaat gepaard met een verhoogde ademhalingsintensiteit en een stijging van de ethyleenproduktie. Tijdens het fysiologisch proces van het climacterium treden grote veranderingen in de vrucht op in kleur, smaak, aroma, structuur en suikergehalte.

Fruit bestemd voor opslag, dient voor het begin van het climacterium te worden geplukt. Op deze wijze kan de rijping worden vertraagd. Te vroeg plukken gaat evenwel ten koste van de opbrengst en de uiteindelijke rijping. De optimale plukdata per ras worden nu geschat. Daarbij loopt men het risico dat bij hoge temperaturen de ontwikkelingen sneller gaan dan verwacht.

Het is nog niet mogelijk om de optimale plukdatum vast te stellen aan de hand van produktkenmerken. Onderzoek hieromtrent loopt.

Het rijpen van de tomaat vindt ook vrij snel plaats. Naast smaakverandering zijn de voornaamste verschijnselen een kleurovergang van groen naar rood en afbraak van celwanden waardoor de stevigheid afneemt. Bij het op gang komen van de rijping is het enzym polygalacturonase betrokken. Thans wordt getracht via genetische manipulatie dit enzym buiten werking te stellen. Hiermee zou bereikt worden dat de rijping langzamer verloopt, zodat minder onrijp zou behoeven te worden geplukt. Dit kan de consumptiekwali-teit ten goede komen.

2.2.1.2 Niet-climacterische vruchten

Bij de niet-climacterische vruchten verloopt de rijping veel geleidelijker. Er is dus meer ruimte voor oogst en transport; voorbeelden zijn komkommer en citrusfruit. Een uitzondering vormt de aardbei. De rijping verloopt snel, zodat de oogstperiode sterk begrensd is. Te rijp oogsten beperkt het uitstalleven te veel.

2.2.2. Bol-, knol- en wortelgewassen

De oogst van gewassen als aardappelen, witlofwortelen en uien wordt in de praktijk door de kalender en het weer bepaald. Veelal zijn de gewassen niet rijp, wat waarneembaar is aan de mate van afsterven van het loof. Het optimale oogststadium is bij de meeste gewassen niet bekend. Relaties met kwaliteit zijn soms bekend (consumptieaardappelen) of worden vermoed (oonder andere witlofwortelen).

2.2.3. Koolgewassen

De resultaten met bewaring van Chinese kool zijn zeer wisselend. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de mate van rijping bij de oogst. Deze is echter nog niet vast te stellen aan de hand van uiterlijke kenmerken.

2.2.4. Blad-, stengel- en vruchtgroenten

Witlofkroppen worden nogal eens in te rijp stadium geoogst, omdat de opbrengst dan hoger is. De kwaliteit van het lof loopt dan echter sneller terug na de oogst.

2.2.5. Snijbloemen

Het snijstadium is van grote invloed op de uitbloei. De relaties liggen per soort en veelal per ras verschillend. Het is gelukkig mogelijk een gewenst knopstadium vrij goed te omschrijven.

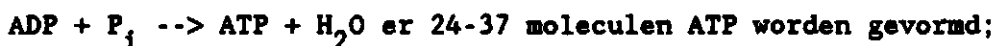
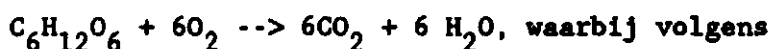
3. DE LEVENSPROCESSEN

3.1. Ademhaling

3.1.1. Het proces van de ademhaling

Geoogste produkten leven nog en hebben daarom een stofwisseling. Om de interne stofwisseling in stand te houden is energie nodig. Deze wordt verkregen door verbranding of oxidatie van aanwezige reservestoffen; dit is de ademhaling. In feite verloopt dit proces hetzelfde als in de intacte plant, maar dan wordt de ademhaling vaak gecompenseerd door de fotosynthese.

Ademhaling vindt in alle cellen plaats en gaat continu door. Alleen de intensiteit van de ademhaling is niet altijd hetzelfde. Het proces van ademhaling, dus de afbraak van reservestoffen, verloopt in een aantal stappen, die door enzymen worden aangestuurd. Uitgaande van glucose en fructose als brandstof is een samenvatting van al die stappen te geven in de volgende vergelijking:



of in woorden: glucose/fructose + zuurstof + adenosinedifosfaat + anorganisch fosfaat -----> koolzuurgas + water + adenosinetrifosfaat.

Het ATP (adenosinetrifosfaat) slaat een deel van de vrijkomende energie op: ATP is betrokken bij veel chemische reacties in de plant en functioneert als energiedonor, waarbij het zelf wordt gereduceerd tot ADP (adenosinedifosfaat) of AMP (adenosinemonofosfaat). Via de ademhaling wordt het ADP weer geregenereerd tot ATP. Men kan simpelweg zeggen dat het doel van de ademhaling is om de ATP voorziening op peil te houden. Als in een cel of weefsel de ATP in het minimum komt dan wordt de ademhaling geïntensiveerd. Zodra de plant (of een onderdeel) extra energie nodig heeft bijvoorbeeld om wonden te sluiten, om weerstand te bieden aan een hoge omgevingstemperatuur of om celmembranen intact te houden, dan gaat de ademhalingsintensiteit omhoog. Het is vergelijkbaar met de menselijke ademhaling. Als bij inspanning meer zuurstof uit het bloed wordt verbruikt voor de cellulaire ademhaling, dan wordt door versnelde longbeweging voor aanvulling gezorgd.

Het energierendement van de ademhaling is maximaal 40%. Dus tenminste 60% van de energie komt als warmte vrij en gaat verloren. Naast suikers kunnen ook vetten en eiwitten worden verbrand. Ook hier vindt omzetting van ADP tot ATP plaats. De potentiële energie-opbrengst is voor suiker 16-17 kJ per gram, eiwit 17 kJ per gram en voor vet 37-40 kJ per gram.

Kenmerkend voor de ademhaling is dat op celniveau zuurstof nodig is. CO_2 en water komen vrij. Als onvoldoende zuurstof aanwezig is treedt anaerobe ademhaling op. Suikers worden dan afgebroken tot alcohol en CO_2 waarbij de produktie van ATP laag is. Dit kan leiden tot afsterving van cellen en weefsels. De zuurstofconcentratie die nodig is, varieert per weefsel en met de temperatuur, maar ligt veelal rond de 1%.

De zuurstofbinding bij ademhaling in een cel wordt gestuurd door enzymen, de oxidasen. In deze groep enzymen is er verschil in affiniteit tot zuurstof. Een enzym met een hoge affiniteit zoals het cytochroom-c-oxidase, kan de ademhaling activeren bij hele lage zuurstofconcentraties, die nauwelijks te meten zijn. Andere enzymen hebben veel hogere O_2 -concentraties nodig. Een groot deel van de ademhalingsactiviteit vindt plaats in de mitochondriën waar het cytochroomstelsel is gelocaliseerd.

Ademhaling speelt een hoofdrol in het naooft-leven van plantaardige produkten:

- Verbruik van suikers leidt tot verlies van reserves in het weefsel en veelal verlies aan smaak (vooral zoetheid) en voedingswaarde voor de consument. Bij lange bewaring treden aanzienlijke bewaarverliezen op.
- Een voldoende zuurstofconcentratie in de omgeving is nodig om de aërobe ademhaling in stand te houden. Dit is een voorwaarde bij produktbehandelingen zoals het aanbrengen van coatings en het verpakken in folie. Anderzijds kan door reductie van de O_2 -concentratie de ademhalingsnelheid en daarmee de snelheid van afleving worden vertraagd.
- De produktie van koolzuurgas leidt tot verhoging van de concentratie in en rondom het produkt. Afhankelijk van het produkt kan dit zowel gunstig of ongunstig zijn.
- De warmteproduktie is aanzienlijk. Zonder maatregelen leidt dit tot een stijging van de temperatuur en vochtverlies van het produkt.

3.1.2. Gasuitwisseling

De ademhaling vindt plaats op celniveau. Veelal worden de cellen omringd door intercellulaire ruimtes die met gas gevuld zijn. De cellen onttrekken zuurstof aan deze ruimtes en leveren CO_2 en andere vluchtige stoffen via diffusie door de celwand. Tussen het plantenweefsel en de omringende lucht zit de epidermis met soms een waslaag. Afhankelijk van bouw en dikte van de opperhuid treedt in meerdere of mindere mate gasuitwisseling op; maar het vindt bij bladgewassen voornamelijk plaats door de huidmondjes of door lenticellen. Gasuitwisseling is een natuurkundig proces, gebaseerd op concentratieverschillen. De mate van gasdiffusie is afhankelijk van de permeabiliteit van de huid en vooral van de hoeveelheid en de openingstoestand van huidmondjes of lenticellen. De diffusiesnelheid van CO_2 en O_2 , die overigens niet dezelfde is, door de huid van de verschillende produkten is inmiddels veelal wel bekend. Deze blijkt mede af te hangen van de rijpheidsgraad en de temperatuur.

3.1.3. Factoren die de ademhalingsintensiteit bepalen

De ademhalingsnelheid van produkten varieert zeer sterk, afhankelijk van produkt en rijpheid. Daarnaast kan door uitwendige factoren de ademhalingsnelheid sterk worden gereguleerd. Met name de temperatuur is van grote invloed.

3.1.3.1 Verschillen tussen produkten

Uit tabel 1 blijkt dat er grote verschillen in ademhalingsintensiteit zijn tussen produkten.

Tabel 1: Ademhalingssnelheid van produkten bij 5°C (gemeten aan CO₂ produktie).

Ademhalingsintensiteit bij 5°C (ml CO ₂ /kg/uur)	Klassering	Produkten
< 5	erg laag	aardappel, ui, appel, peer, radijs, tomaat
5 - 10	laag	kool, sla, zaden, komkommer, peen
10 - 20	matig	bloenkool, prei, boon
20 - 30	hoog	spinazie, spruiten, waterkers
> 30	zeer hoog	asperge, paddestoel, broccoli

In grote lijnen blijkt dat de bewaarbare produkten erg laag scoren. Dit geldt voor de bol-, knol- en wortelgewassen en ook voor fruit. Overigens komen binnen een produkt nog aanzienlijke verschillen voor, afhankelijk van ras, rijpheid en klimaatomstandigheden tijdens de groei. De produkten met een hoge respiratiesnelheid zijn geoogst in een actieve groeifase. Meestal loopt de ademhaling na de oogst vrij snel terug bij deze produkten. Uitputting van koolhydraten speelt daarbij vaak een rol. Produkten met een matige tot lage ademhalingsintensiteit lopen na de oogst meestal ook terug, maar veel langzamer. Een uitzondering hierop vormen de climacterische vruchten (zie 2.2.1.1) wanneer ze in de pré-climacterische fase zijn geoogst.

3.1.3.2 De temperatuur

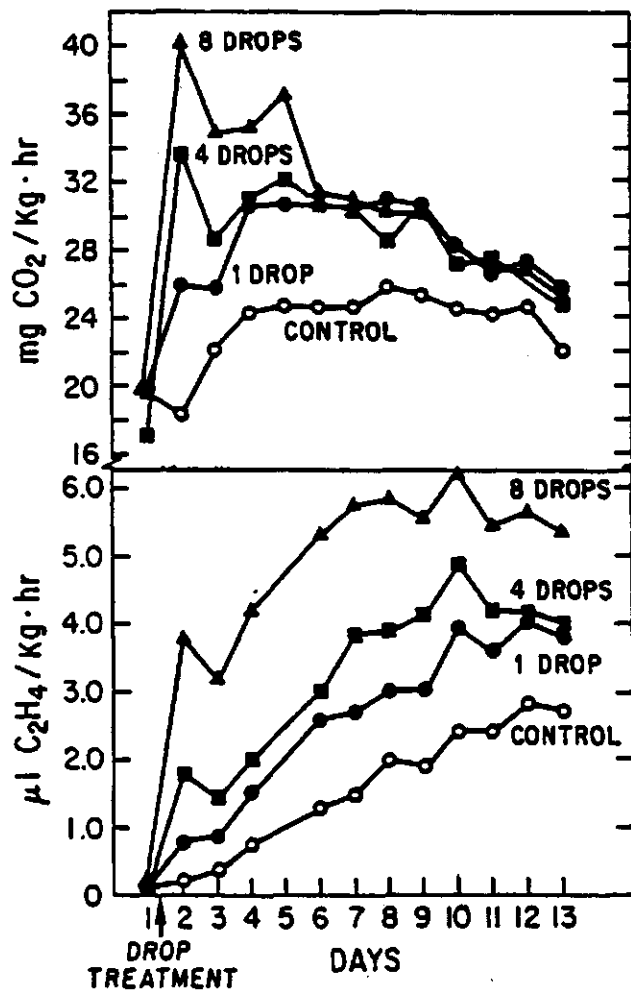
Globaal verdubbelt tot verdrievoudigt de ademhalingsintensiteit bij een temperatuurverhoging van 10°C. Gecombineerd met het type produkt oefent de temperatuur de sterkste invloed uit. Dit blijkt uit tabel 2, waarin de CO₂-produkten als maat voor de ademhaling is gemeten en weergegeven voor een zestal produkten. De aardappel blijkt een afwijkend beeld te vertonen.

3.1.3.3 Beschadiging

Zoals in hoofdstuk 2.1. al werd genoemd, geeft beschadiging van weefsel aanleiding tot verhoogde fysiologische activiteit, zoals blijkt uit een snellere ademhaling. Zo leidde bijvoorbeeld de val van aardappelen over een meter op een houten vloer tot 30-50% verhoging van de ademhaling gedurende enkele dagen. Eenzelfde effect bij tomaten zie figuur 1. Ook LTB-schade leidt, na verhoging van de temperatuur, tot zeer hoge ademhalingsintensiteit.

Tabel 2: Invloed van de temperatuur op de ademhalingsintensiteit in ml CO₂ per kg per uur.

Produkt	Temperatuur in °C				
	0	5	10	15	20
asperge	28	44	63	105	127
spruiten	17	30	50	75	90
peen	13	17	19	24	33
broccoli	77	120	170	275	425
aardappel	6	3	4	5	6
tomaat	2	3	6	11	16



Figuur 1: Effect van kneuzing op ademhaling en ethyleenproduktie bij tomaten, die beschadigd zijn in het rijpgroene stadium gerijpt bij 20°C (MacLeod e.a. 1976).

3.1.3.4 Vochtgehalte

In zaden (van graan onder andere) is het lage vochtgehalte in sterke mate bepalend voor de ademhalingsintensiteit. 1% meer vocht geeft veelal een verdubbeling van de ademhaling. Bij vochtrijke groenten is het tegengestelde het geval. Bij vochtdeficit neemt de ademhaling veelal toe, tot het moment waarop verdroging plaatsvindt (veelal 5% vochtverlies); dan valt de ademhalingsintensiteit terug.

3.1.3.5 Luchtsamenstelling

Via regulering van het CO_2 - en vooral het O_2 -gehalte van de lucht kan de diffusie van de cel naar de buitenlucht sterk worden beïnvloed. Hierdoor is remming van de ademhaling mogelijk. Ethyleenproduktie of -toevoeging leidt tot een verhoging van de ademhalingsintensiteit. We komen hier later uitvoerig op terug.

3.1.3.6 Andere factoren

Rasverschillen en culturomstandigheden (bemesting, klimaat) blijken soms duidelijk van invloed. De effecten zijn niet erg sterk, maar het is wel gevaarlijk om een waarde voor een produkt (bij een bepaalde temperatuur) als vaststaand aan te nemen. Er is een aanzienlijke variatie. Ook biologische stress, zoals ziekte-aantasting, verhoogt de ademhaling van het aangetaste weefsel.

3.2. Hormonenhuishouding

3.2.1. Inleiding

In de plant komen verschillende stoffen voor die in lage concentraties de groei en ontwikkeling beïnvloeden. Deze stoffen noemt men fytohormonen, groeiregulators of groeistoffen. De naam groeistoffen is niet zo goed gekozen omdat er stoffen zijn die de groei bevorderen en stoffen die de groei remmen. Deze stoffen regelen dus de groei. Het is daarom beter te spreken van groeiregulators. De belangrijkste groeiregulators in een plant zijn:

- auxinen;
- gibberellinen;
- cytokininen;
- abscisinezuur;
- ethyleen.

Een groeiregulator heeft vaak meerdere en zeer verschillende effecten tot gevolg. De werking van een groeiregulator wordt bepaald door de plaats waar hij zich in de plant bevindt en de ontwikkelingsfase of leeftijd van de planten. De gevoeligheid van de regulator is afhankelijk van de aanwezigheid van specifieke receptoren; deze kunnen in membranen gesitueerd zijn. De groeiregulators beïnvloeden de aanmaak en de werking van de enzymen, die in fysiologische processen zo'n grote rol spelen. Naast de concentratie van de groeiregulator is ook de concentratie van de andere groeiregulators bepalend voor de werking. De groeiregulators beïnvloeden namelijk elkaars werking. We spreken daarom van een groeiregulators- of hormonenbalans. Deze balans bepaalt de groei, de ontwikkeling van de plant en de verouderingssnelheid van het geoogste produkt. Zo kunnen auxinen, gibberellinen en cytokininen de veroudering remmen en abscisinen en ethyleen de veroudering bevorderen.

Naast de natuurlijke groeiregulators is er een aantal synthetische stoffen, de kunstmatige regulators. Met beide kan van buitenaf de groei en ontwikkeling van planten beïnvloed worden. De kunstmatige regulators zijn meestal moeilijker af te breken door de plantenweefsels en hebben daardoor een langere of sterkere werking dan de natuurlijke regulators, de hormonen.

In de volgende paragraaf komen de diverse groeiregulators aan bod; de nadruk zal daarbij liggen op hun rol in de na-oogstfysiologie. Voor zover bekend hebben de groeiregulators in de na-oogstfase van producten dezelfde rol en functie als tijdens de groei en ontwikkeling.

3.2.2. Auxinen

De langst bekende groep van de groeiregulators is die van auxinen. De auxinen spelen een belangrijke rol bij de groei van planten. Ze bevorderen de celstrekking. Daarnaast beïnvloeden ze ook de celdeling en celdifferentiatie. Denk hierbij aan het gebruik van auxinen, het zogenoemde "stekpoeder", bij het stekken van chrysanten en Pelargonium voor een snellere beworteling. Daarvoor wordt meestal in plaats van het natuurlijk auxine indolazijnzuur (IAA) het stabielere indolboterzuur (IBA) gebruikt. Het 2,4-dichloor phenoxyazijnzuur (2-4-D) is zo persistent dat het als herbicide wordt gebruikt; de planten groeien zich stuk. Auxine (IAA) wordt vooral in de groeitoppen (meristemen) van bovengrondse delen gevormd. Het transport binnen de plant vindt plaats van boven naar beneden, van de groeitoppen naar de wortels. Dit kan van cel tot cel plaatsvinden, maar ook vanuit de bladeren via de zeefvaten.

Auxinen lijken een rol te spelen bij het uitstellen van de veroudering van onder andere bloembladjes. De gevoeligheid van cellen voor het verouderingshormoon ethyleen (zie paragraaf 3.2.7.) wordt door auxinen en ook door cytokininen verminderd. Verder gaat auxine de veroudering van bladeren en bladval tegen. Hoe gaat dit in zijn werk? De basis van een bladsteel bevat een zogenoemde abscissie zone. Als een plant in ongunstige omstandigheden verkeert bijvoorbeeld kou, droogte, ethyleenrijke ruimte, dan kunnen de cellen in deze abscissiezone zich van elkaar gaan scheiden. Hierdoor laat het blad los en valt af. Elk jong gezond blad produceert echter auxine, dat via de bladsteel naar de overige delen van de plant wordt vervoerd. Juist deze auxine-stroom zorgt ervoor dat de cellen in de abscissiezone minder gevoelig voor ethyleen zijn. De cellen zullen zich hierdoor minder snel scheiden, waardoor bladval tegengegaan wordt. Bespuitingen van planten met auxinen bleken ook bladval tegen te gaan.

3.2.3. Gibberellinen

De groep gibberellinen bestaat uit een groot aantal nauw verwante stoffen; ze worden aangeduid als GA_1 , GA_2 enzovoort. Ze worden gevormd in snel groeiende organen en ze stimuleren vooral de celdeling en ook de celstrekking. Ook breken ze de rust van knoppen en zaden.

Evenals auxinen heeft giberelline een groeibevorderende en een ouderdomsremmende werking.

In de naoogstfysiologie zijn gunstige ervaringen bekend bij enkele snijbloemen. Bladvergeling kan worden vertraagd door gibberellinen aan het vaaswater toe te voegen (*Euphorbia*, lelie, *Alstroemeria*).

3.2.4. Groeivertragers

Een aantal kunstmatige regulatoren remt de groei, soms ook de ontwikkeling, zonder schadelijke neveneffecten. Ze doen dit meestal door de vorming van gibberelline in de plant te remmen. Zulke groeivertragers, zoals chloormequat (CCC), daminozine, alar, B9, worden gebruikt als halmverkorters bij granen en om potplanten op maat te houden.

3.2.5. Cytokinen

Deze stoffen worden gevormd in de worteltoppen en worden via de houtvaten naar de bovengrondse delen vervoerd. Ze hebben in hoofdlijnen dezelfde functie in de plant als de auxinen en de gibberellinen:

- bevordering van celdeling en -strekking;
- vertraging van de veroudering.

De toepassingsmogelijkheden zijn beperkt, omdat de stoffen toxicologisch verdacht zijn. Bij anjer is een positief effect op de houdbaarheid van de bloem geconstateerd.

3.2.6. Abscisenen

Abscisinezuur, het meest bekende abscisine, is één van de tegenhangers van de hiervoor genoemde fytohormonen.

- het heeft een groeiremmende werking en bevordert het in rust gaan van knoppen en zaden;
- het bevordert het afstoten van bladeren, bloemen en vruchten (abscissielaag);
- het werkt mee aan een versnelde veroudering van bladeren en knollen;
- het bevordert het sluiten van huidmondjes waardoor er minder verdamping plaatsvindt.

Bij rozen is experimenteel vastgesteld dat de houdbaarheid door toevoeging van ABA wordt verlengd; dit berust op een vermindering van de verdamping door de groene bladeren. Praktische toepassingen van ABA zijn er nog niet.

3.2.7. Ethyleen of etheen (C_2H_4)

Ethyleen is in tegenstelling tot de andere fytohormonen, die veelal organische zuren zijn, een gasvormige stof, die door alle plantendelen geproduceerd wordt. Door het gasvormig karakter blijft slechts een gering gedeelte in de plant zelf, het merendeel wordt via diffusie aan de lucht afgegeven. Dit kan de hormonenhuishouding van planten in de omgeving sterk beïnvloeden.

Ethyleen staat bekend als het verouderingshormoon. Het speelt binnen de naoogstfysiologie verreweg de belangrijkste rol. Het bevordert namelijk de rijping en veroudering van weefsels. Daarnaast remt het de groei van jonge cellen. In de buitenlucht zit een heel kleine hoeveelheid ethyleen (0,003-0,005 ppm). In uitlaatgassen kunnen echter veel en veel hogere concentraties voorkomen (500

ppm).

Alle tuinbouwprodukten produceren ethyleen. De produktie van ethyleen kan per gewas sterk variëren. Zo produceren rijpende tomaten, appels en peren zeer veel ethyleen en bladgroente en snijbloemen weinig. Onder stresssituaties, zoals vochttekort, lichtgebrek, schudden, verwondingen, hoge temperaturen, kan de ethyleenproduktie zeer hoog oplopen (zie figuur 1, opgenomen bij 3.1.3.3). Niet alleen groente, fruit of bloemen produceren ethyleen, ook bepaalde schimmels en bacteriën produceren het.

Ethyleen is een van de eindprodukten van een biochemische reactieketen, waarbij het aminozuur methionine in enkele stappen wordt omgezet. Het tussenprodukt, waaruit het ethyleen wordt gevormd, is het ACC (aminocyclopropaan-carbonzuur). Deze reactieketen wordt door enzymen gestuurd, zodat de plant zijn eigen ethyleenproduktie bepaalt. Er wordt erg veel onderzoek op dat terrein verricht, met de bedoeling om de ethyleenproduktie te kunnen beïnvloeden.

Een voorbeeld van een gedeeltelijk succes op dit terrein is de toepassing van AOA als houdbaarheidsverbeterend middel bij snijbloemen. De achtergrond hiervan is het volgende.

De voorloper (precursor) van ethyleen, het ACC, wordt gevormd onder invloed van het enzym ACC-synthase. Bekend is geworden, dat een tweetal verbindingen, waaronder AOA (amino-oxy-azijnzuur) een remmende invloed heeft op de werking van dat enzym. Indirect zorgt AOA dus voor de remming van de ethyleenproduktie. AOA wordt momenteel in de praktijk nog nauwelijks toegepast.

Dit is wel het geval met zilverthiosulfaat (STS). Dit berust echter op een heel ander principe. Zilver vermindert de gevoeligheid van de plant voor ethyleen. Niet de produktie van ethyleen, maar wel het effect, veroorzaakt door ethyleen, wordt beperkt door STS. Het wordt als voorbehandelingsmiddel bij anjers vrij algemeen toegepast.

Onder bepaalde omstandigheden valt het evenwicht in de ethyleenproduktie weg. De produktie wordt dan gestimuleerd door ethyleen, dat van buitenaf in de plant dringt en door de eigen produktie. We spreken dan van autokatalytische ethyleenproduktie. Het aanwezige ethyleen stimuleert de vorming van de enzymen, die normaal de produktie regelen.

Dit doet zich onder andere voor bij de verwelking van verschillende soorten bloemen, zoals bijvoorbeeld de anjer. Ook bij vruchten, zoals tomaten en appels, treedt een piek op in de ethyleenproduktie en wel aan het begin van het climacterium. Deze sterke stijging brengt het rijpings- en verouderingsproces op gang. Als verouderingshormoon kan ethyleen bij veel produkten leiden tot kwaliteitsverlies. Om er een paar te noemen:

- versnelde vruchtrijping ;
- versnelde veroudering bij bloemen;
- bloem- en bladval bij potplanten;
- versnelde veroudering en vergeling bij bladgroente en komkommer;
- versnelde rijping van aubergines, waarbij de kelk loslaat;
- gespikkelde bruinverkleuring bij ijsbergsla.

3.3. Membraanveranderingen

Het wordt meer en meer duidelijk dat bij de veroudering van oogst materiaal ook verandering en afbraak van de celmembranen een rol kunnen spelen.

Om uit te leggen wat membranen zijn, moeten we het weefsel op cel-niveau nader bekijken. Een plantecel, als klein onderdeel van een plantaardig produkt, bestaat uit een wand en de inhoud van de cel, de protoplast; hierin ligt de celkern omringd door cytoplasma. Het cytoplasma is vloeibaar, het bevat 85-95% water.

In het cytoplasma komen verschillende organellen (kleine orgaantjes) voor, zoals:

- mitochondria, omvang 1-5 micrometer, in grote aantallen (500-1000 per cel) voor de ademhaling;
- plastiden, omvang 5-20 micrometer, in grote aantallen (50-200) voor fotosynthese en kleur;
- vacuolen in aantal en grootte sterk variërend (aantal 1-1000);
- andere kleinere structuren zoals de ribosomen, betrokken bij de eiwitsynthese (circa 25 nm). (nm = nanometer = 10^{-9} m, micrometer = 10^{-6} m).

Al deze organellen spelen een rol in leven en groei van het organisme. We willen benadrukken dat alle genoemde onderdelen van de cel zijn omgeven of gescheiden door membranen. Dat zijn wandjes ter dikte van 10 nm, die zijn opgebouwd uit onder andere lipiden, eiwitten en glycolipiden. Lipiden zijn vetstoffen; als ze ook suiker bevatten spreken we van glycolipiden. Wat de samenstelling van de membranen betreft, is er een grote variatie. Het voorkomen van bepaalde lipiden (zoals fosfolipiden en gelactolipiden) is bepalend voor de membraaneigenschappen op het gebied van doorlatendheid, energieoverdracht en enzymwerking.

Het functioneren van de cel is sterk afhankelijk van de ruimtelijke structuur; de membranen fungeren als scheidingswanden, die de enzymsystemen van de verschillende organellen en van het cytoplasma scheiden van elkaar en van hun substraten. Aantasting van de membranen ontregelt het functioneren van de cel.

De structuur, ook van membranen, is niet permanent of statisch. In levende organismen vindt voortdurend afbraak plaats, die wordt gecompenseerd door opbouw of synthese. Als het evenwicht verbroken wordt en de opbouw achterwege blijft bij de afbraak, treedt geleidelijk degradatie en functieverlies op. Bij veroudering van oogstprodukten kan de synthese van grote moleculen (zoals in membranen) stagneren bij gebrek aan energie of een tekort aan de stofwisselingsprodukten die voor de synthese nodig zijn.

Gezien de belangrijke rol van de membranen in het verouderingsproces is de aandacht van het onderzoek sterk geconcentreerd op de synthese en afbraak van deze membranen. De kennis over de lipiden in de biomembranen neemt snel toe. Over de rol van de eiwitten is minder bekend. Het accent ligt in het onderzoek dan ook op de lipiden en de stofwisseling van de daarin voorkomende onverzadigde vetzuren. Elke fysische of chemische verandering van de biomembranen heeft gevolgen voor de eigenschappen op het gebied van doorlatendheid, mogelijkheid tot energieoverdracht en enzymactiviteiten. De veroudering van organen wordt dus enerzijds door de groeiregulatoren-huishouding bepaald en anderzijds door het functioneren van de membranen. In bloembladcellen kunnen membranen snel doorlatend worden (verwelking) maar in vruchtcellen kunnen ze tot aan

het overrijpe stadium intact blijven (appel, tomaat).

3.4. Verdamping

3.4.1. Wat is verdamping

Boven een vrij wateroppervlak is waterdamp aanwezig; in een gegeven situatie stelt zich een evenwicht in; de lucht is verzadigd. Als de evenwichtsdampspanning verstoord wordt, zal er water verdampen of er gaat waterdamp over in water en wel in de vorm van condensatie of regen.

De mate van verdamping op zeker moment hangt af van het verschil in dampspanning of wel het dampdrukverschil of dampspanningsdeficit van de lucht.

De dampspanning wordt weergegeven in pascals (Pa) of kiloPascals (kPa). De normale atmosferische druk is 1 atmosfeer = 1,013 bar = 101,325 kPa = 760 mm kwikdruk.

Wanneer de waterdamp in de lucht 1% van het luchtvolume in beslag neemt, dan is de waterdampspanning dus 0,01 atm of 1,013 kPa of 10,13 mbar (1 mbar = 10 kPa).

De mate van vochtigheid van lucht wordt veelal aangegeven in RV, de relatieve luchtvochtigheid. De RV geeft de hoeveelheid vocht aan als percentage van de hoeveelheid die de lucht maximaal kan bevatten. Het geeft wel een indruk van de mate van vochtigheid, maar is niet bruikbaar voor berekeningen. Berekeningen omtrent verdamping moeten dus worden gebaseerd op het dampdrukverschil, gemeten in pascals. Het Mollierdiagram is hierbij te gebruiken.

3.4.2. Gevolgen voor het produkt

Verdamping is het verlies van water. Grote verdamping is één van de hoofdoorzaken van het achteruitgaan van geoogste produkten. In feite is verdamping geen levensproces van de plant in engere zin; het is een zaak van fysisch evenwicht van het water in de plant en het water in de omgeving.

Wel is er een groot verschil tussen de oogstprodukten voor wat betreft de gevoeligheid voor verdamping. Dit hangt vooral samen met de oppervlaktestructuur. Waterverlies leidt tot verwelking, verlies van stevigheid en knapperigheid en tot verdroging tenslotte. Het vochtverlies, waarbij produkten ongeschikt worden voor de handel, ligt gemiddeld op ongeveer 7% en varieert tussen 2% en 10%. We noemen een paar uitersten: druiven van 1-2%; bladgewassen zoals sla en spinazie 3%; wortelgewassen met loof (zoals bospeen), aardbeien en konkommers circa 5%; uien en kool circa 10% en snijbloemen 10-15%. Anderzijds kan het vochtverlies tijdens bewaring ook te laag zijn. Met name bij appels ontstaan dan risico's voor kwaliteitsverlies (inwendig bruin).

3.4.3. Verschillen per produkt

Ook bij het verdampen van water uit produkten gaat het om het verschil tussen de waterdampdruk van het produkt met die van de omgeving, dus lucht. De natuurlijke waterdampdruk in een plant hangt af van de temperatuur en van de vochtsamenstelling in de plant. Er is namelijk niet sprake van zuiver water, maar van water met een zekere concentratie aan chemische stoffen, zoals zout of suiker.

Hierdoor ontstaat een osmotische waarde, die de verdamping enigszins tegengaat. Dit is echter maar in beperkte mate. Het wordt sterk overtroffen in effect door de temperatuur. Een wijziging in temperatuur van een halve graad heeft meer effect op de waterdampdruk dan het hele osmotisch effect. Het is daarom altijd belangrijk om zowel de luchttemperatuur te meten als de oppervlaktetemperatuur van het produkt.

De aard van het produkt bepaalt in sterke mate de verdamping. Het is zinvol, onderscheid te maken tussen droge en vochtrijke produkten.

3.4.3.1 Droge produkten

Zaden van gewassen drogen tijdens de rijping en hebben bij de oogst vaak een vochtgehalte tussen 10 en 20%. Het water dat restteert is vrij sterk adsorptief gebonden aan het produkt. Veelal daalt de waterpotentiaal tot 75% van die van vrij water: het produkt is dan in evenwicht met lucht van 75% RV. Bij deze vochtspanning zijn de meeste zaden zoals granen houdbaar en niet meer gevoelig voor schimmelvorming. Het bijbehorende vochtgehalte komt ongeveer overeen met de handelseisen omtrent maximumvochtgehalte. Het vochtgehalte waarbij evenwicht is met lucht van 75% RV is voor enkele zaadsoorten als volgt:

- zachte tarwe	: 15 %;	- erwten	: 15,9%;
- gerst	: 14,4%;	- lijnzaad (vlas):	10,3%.
- haver	: 13,4%;		

Ook stuifmeel (pollen) is een droog produkt. Het is te bewaren bij een vochtgehalte van 8-13%, bijvoorbeeld voor veredelingsdoeleinden.

3.4.3.2 Vochtrijke produkten

Afgezien van zaden hebben vrijwel alle plantaardige produkten een hoog vochtgehalte en wel variërend van ongeveer 70-95%. In principe zijn deze produkten in evenwicht met omringende lucht van 99-100% RV. Omdat deze verzadigde luchtomstandigheden niet vaak voorkomen, vindt dus vrijwel altijd verdamping plaats. De snelheid waarmee naar het evenwicht wordt toegewerkt, dus de mate van verdamping, hangt vooral af van twee factoren. Dit zijn de aard van het oppervlak en de verhouding tussen oppervlak en volume.

Naast deze twee factoren is ook de interne structuur van een produkt van invloed op de verdampingssnelheid. Deze bepaalt de snelheid van aanvoer van water naar het verdampend oppervlak. Met name bollen (met een aantal rokken) en ook kool hebben een structuur die het transport van vocht belemmert.

De verdampingssnelheid wordt weergegeven in mg per cm^2 per mbar drukverschil per uur. Tussen hoogste en laagste zit een factor van ongeveer 500.

* De aard van het oppervlak

Te onderscheiden zijn:

- waterdoordrenkte wanden van levende cellen. Dit zijn bijvoorbeeld intercellulaire ruimten achter huidmondjes, maar ook geschildte aardappelen; snelheid van verdamping 3,3-3,9. Als de celwanden iets verkurkt zijn, zoals bij verse wortelen, daalt de verdampingssnelheid al sterk (0,6-1);
- levende cellen, bedekt met een wasachtige cuticula van verschillende dikte. Deze komen bijvoorbeeld voor in bladeren, stengels

en vruchten. Hier zijn verdampingssnelheden gemeten, variërend van 0,015-0,35 (komkommer 0,17; spinaziebladen 0,1; tomaten 0,04; onrijpe appels 0,015);

- een verkurkte laag van dode cellen. In afgerijpte aardappelen is de laag 5-15 cellen dik. De verdampingssnelheid is erg laag, namelijk 0,007.

De invloed van huidmondjes is niet groot, omdat ze vrijwel altijd gesloten zijn bij oogstprodukten. Ook de lenticellen spelen geen grote rol omdat ze relatief weinig voorkomen. De verdamping vindt dus plaats via de cuticula; beschadiging en scheurtjes van de cuticula (onder andere bij tomaten) bevorderen het vochtverlies.

*** De verhouding tussen oppervlak en volume**

De oppervlak/volumeverhouding wordt weergegeven in cm^2 per cm^3 . Deze is het hoogst bij losse eetbare bladeren en fijne zaden en wel tussen 50 en 100. Als de intercellulaire oppervlakten van bladeren, die achter de huidmondjes liggen, ook worden meegerekend, komt men tot waarden ver boven de 100.

De meeste granen liggen tussen 15 en 20; fijne klein fruitsoorten zoals bessen tussen 5 en 10; aardbeien en rabarber tussen 2 en 5; groot fruit, bol-, knol- en wortelgewassen en komkommer tussen 0,5 en 1,5. Het laagst zijn bewaarkool en cocosnoot met 0,2-0,5. Dus ook hier een verschil tussen hoogste en laagste van een factor van ongeveer 500.

Specifieke vochtafgifte

Het totaal van al deze effecten wordt weergegeven in het begrip specifieke vochtafgifte. Onder deze produkteigenschap wordt verstaan het vochtverlies uit een produkt per massa, tijd en waterdampdrukdeficit, in $\text{kg/kg} \times \text{Pa} \times \text{sec}$. In tabel 3 is de specifieke vochtafgifte van een aantal produkten globaal weergegeven.

Tabel 3: Specifieke vochtafgifte van een aantal produkten; 10^{-10} kg water per kg produkt $\times \text{Pa} \times \text{S}$.

Groep	Produkten
< 1	aardappel, appel, knolselderij, meloen, rode kool, tomaat, winterwortel
1-5	komkommer, overige koolsoorten, braam, bes, paprika, spruiten, witlof
5-10	aardbei, framboos, andijvie, prei, rabarber, waspeen
> 10	sla, radijs, champignons, spinazie, peterselie, bloemen

In het algemeen zien we dus dat de ronde produkten, met een lage verhouding tussen oppervlak en inhoud, in de groep vallen met een lage specifieke vochtafgifte. Een uitzondering is de champignon; de oorzaak ligt in een vrij doorlatende opperhuid.

Ingrijpen in de mate van verdamping moeten gezocht worden in het regelen van de vochtspanning in de lucht rondom het produkt. Mogelijkheden zijn zowel de verlaging van de temperatuur, als het omhullen van een produkt door bijvoorbeeld te sealen. We komen hier later op terug.

3.5. Strekking, groei en kiemrust

3.5.1 Strekking

Sommige geoogste produkten ontwikkelen zich nog verder en krijgen een ander uiterlijk. Het meest duidelijk is dat bij sommige snijbloemen; na de oogst vindt de knopontplooiing plaats. Produkten als witlof en asperge kunnen lengtegroei vertonen en champignons steelgroei. Bij de verpakking moet daarmee rekening worden gehouden; zeker asperges groeien gemakkelijk krom bij onvoldoende ruimte. Deze ontwikkeling blijkt overwegend te berusten op celstrekking. Celdeling komt niet of nauwelijks voor, zelfs niet bij snijbloemen.

De celstrekking kan alleen plaatsvinden als voldoende vocht aanwezig is. Voor opname van vocht moet de osmotische potentiaal voldoende zijn. Waarschijnlijk is de voorraad koolhydraten in de bloemknop van snijbloemen bepalend voor de uitbloei. Bij rauw snijden moet nog meer strekking plaatsvinden, waardoor het risico van geremde uitbloei toeneemt, als het koolhydraatgehalte laag is.

3.5.2. Groei

Veel oogstprodukten zijn organen, bedoeld voor de reproductie. Ergens is een groeipunt aanwezig, dat onder bepaalde omstandigheden actief wordt en het begin is van een nieuwe generatie. Zaden zoals granen bevatten een levend embryo, omgeven door reservestoffen. Bij fruitsoorten zijn de zaden commercieel gezien ondergeschikt en niet van betekenis; het gaat hier om het vruchtvlees.

Knoppen op of in vegetatieve organen kunnen uitlopen. Dit vindt plaats bij bollen (bloembollen, ui), knollen (aardappel, radijs), wortels (witlof, peen, suikerbiet) en bladgroenten (andijvie, Chinese kool, prei).

3.5.3. Kiemrust

Veelal is in de eerste periode na de oogst sprake van kiemrust: de balans van enzymen en groeiregulators is ongunstig voor celdeling; wijziging van deze balans wordt veelal geremd door een lage temperatuur. Bij veel zaden verbroekt de koude weliswaar de hormonale kiemrust, maar verhindert of vertraagt het eigenlijke kiemproces. Hiermee kan dus de kiemrust worden verlengd. Naast de temperatuur hebben andere uitwendige factoren ook invloed (zij het in veel geringere mate) op de kiemrust en wel:

- vocht, bijvoorbeeld droge zaden kiemen pas na wateropname;
- beschadiging, bijvoorbeeld het snijden van pootaardappelen stimuleert het uitlopen;
- samenstelling atmosfeer. Met CA-bewaring is de kiemrust te verlengen. De optimale gehalten aan CO₂ en/of O₂ zijn per produkt verschillend.

4. WIJZIGINGEN IN KWALITEIT EN SAMENSTELLING VAN PRODUCTEN

4.1. Sensorische eigenschappen

Na de oogst treden bij veroudering veranderingen op die sensorisch, dat wil zeggen met de zintuigen, waarneembaar zijn. Het totaal van zintuigelijk waarneembare eigenschappen van een produkt wordt de sensorische kwaliteit genoemd. Het is geen objectief gegeven; niet elke consument heeft dezelfde kwaliteitsperceptie. Via marktonderzoek kan een beeld worden verkregen van de kwaliteitsperceptie van groepen van consumenten. Als verschillen worden vastgesteld tussen landen of regio's of sociale groepen binnen regio's, dan kan op zo'n specifiek marktsegment worden ingespeeld.

Dit type marktonderzoek staat voor wat betreft land- en tuinbouwprodukten nog in de kinderschoenen.

We beperken ons hier verder tot een globale beschrijving van de voornaamste sensorische eigenschappen, uiterlijke kleur, geur en smaak, en stevigheid of textuur. Wijzigingen in de na-oogstfase op dit terrein zijn het gevolg van de in het vorige hoofdstuk beschreven levensprocessen.

4.1.1. Kleur

De belangrijkste kleurstoffen in plantenweefsels zijn:

- chlorofyl - groen;
- anthocyanen - roodachtig en blauw;
- flavonoiden - geel;
- tanninen - geel of bruin of kleurloos;
- carotenoiden - geel en oranje tot rood.

Veranderingen in kleur doen zich vooral voor bij de rijping. Ze zijn in het algemeen het resultaat van verlies aan chlorofyl enerzijds en vorming van carotenoiden en anthocyanen anderzijds. Per produkt en soms zelfs per ras van een produkt is er een specifieke kleurverandering tijdens de rijping, gebaseerd op een specifieke combinatie van deze processen.

Chlorofyl-afbraak wordt sterk beïnvloed door omgevingsfactoren, als licht, temperatuur en vocht. Zo versnelt licht de chlorofyl-afbraak in rijpende tomaten, maar leidt tot chlorofyl-vorming in aardappelknollen (groen worden). Ethyleen versnelt de afbraak van chlorofyl, gibberelline gaat het tegen.

De biosynthese van carotenoiden gaat vrijwel altijd samen met de afbraak van chlorofyl. Toch staan de processen chemisch los van elkaar. Carotenoiden zijn zeer ingewikkelde grote moleculen met circa 40 koolstof-atomen. Een voorbeeld is lycopene dat bij tomaat de rode kleur geeft.

De synthese kan plaats vinden in het donker, maar niet zonder zuurstof. Er is een optimum-temperatuur traject per stof en produkt. De lycopenevorming bij tomaat is optimaal tussen 16 en 21°C. Anthocyanen en flavonoiden zitten vooral in de buitenste cellen van vruchten en wel in het celsap. De belangrijkste soorten hebben namen, die van sierplanten zijn afgeleid, zoals pelargonidine. Deze stoffen zijn dan ook belangrijke componenten bij de bloei van snijbloemen. Ze zijn ook in sterke mate verantwoordelijk voor de kleur van rijpe vruchten. De synthese van anthocyanen en flavonoi-

den is licht-afhankelijk; met name het rode deel van het spectrum (circa 650 nm) is actief; verder is de temperatuur van invloed: het paars worden van rode kool vindt alleen plaats bij bewaring beneden 10°C.

4.1.2. Smaak

Elk produkt heeft zijn eigen karakteristieke smaak. Deze is enerzijds genetisch bepaald, anderzijds door de mate van voorziening met koolhydraten tijdens de ontwikkeling. Bij sommige produkten is bekend dat één stof in belangrijke mate bepalend is voor de smaak: dit geldt voor komkommer en uien. Bij andere produkten, zoals de tomaat is er een ingewikkeld patroon van smaakstoffen.

Bij veroudering en afleving van produkten kunnen smaakveranderingen optreden. Door de ademhaling worden suikers en organische zuren verbruikt. Soms is juist de omzetting van zetmeel in suikers belangrijk; vooral bij bewaring bij lage temperatuur kan dit leiden tot een zoetere smaak (kool, aardappelen). Tenslotte worden bij aanwezigheid van ethyleen tal van stoffen gevormd, die de smaak doen afwijken, bijvoorbeeld bitterstoffen.

Ook bij rijping treden veranderingen in smaak op, door wijziging in het gehalte aan suikers en organische zuren en door afbraak van (wrange) tanninen (zie 4.2.).

4.1.3. Textuur en stevigheid

De consument beoordeelt de textuur van een produkt met een aantal zintuigen. Bij aanraking krijg men een idee van de stevigheid, de ogen constateren een afname van de versheid. In sommige gevallen is het mondgevoel van belang. Ook het gehoor wordt ingeschakeld bij breuk of kauwen van een produkt. Vooral voor groenten die rauw worden geconsumeerd is de textuur van groot belang. Ze loopt parallel met de versheid. Gebleken is dat de stevigheid van een produkt ook samenhangt met de houdbaarheid. Meting van de stevigheid onder andere bij tomaten geeft een goede indruk van de houdbaarheid en daarmee voor de geschiktheid om een relatief lang handelskanaal te passeren. Objectieve en reproduceerbare meetmethoden voor stevigheid zijn in ontwikkeling.

4.2. Koolhydraten

Onder koolhydraten worden verstaan de suikers, het zetmeel en de cellulose, dus de produkten die bij de fotosynthese gevormd zijn. Bij de suikers zijn verschillende groepen te onderscheiden:

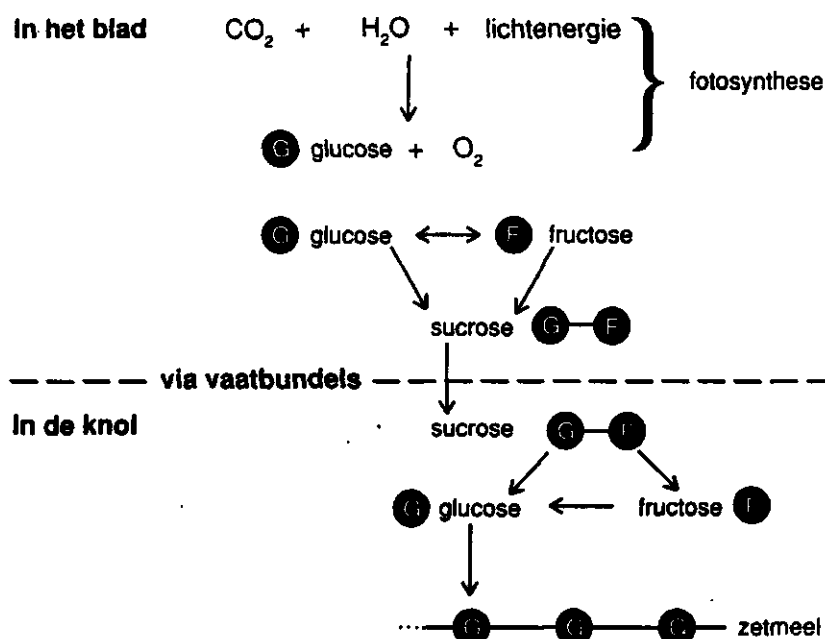
- met 6 C-atomen: glucose en fructose;
- met 12 C-atomen: saccharose en maltose.

De suikers glucose en fructose zijn reducerend. Dat wil zeggen dat ze een aldehyde-groep hebben die bij hoge temperatuur kan reageren met een aminozuur, de zogenaamde Maillard-reactie. Bij de verwerking van aardappelen leidt dit tot een donkere kleur en een bittere smaak van chips en frites. Daarom heeft de industrie grenzen gesteld aan het gehalte van deze suikers in de grondstof.

Maltose of moutsuiker komt beschikbaar bij zetmeelaafbraak, zoals bij de kieming van graan. Het mouten van gerst als fase van de bierbereiding is hierop gebaseerd.

Saccharose (glucose + fructose) is goed oplosbaar: het transport

van koolhydraten in de plant vindt dan ook voornamelijk plaats in de vorm van saccharose. In de opslagorganen wordt het veelal omgezet tot zetmeel. In de suikerbiet, en ook in suikerriet, vindt de opslag plaats in de vorm van saccharose. Het bovenstaande wordt in beeld gebracht in het volgende schema.



Figuur 2: Vorming, transport en opslag van koolhydraten.

Zetmeel bestaat uit lange ketens van glucosemoleculen (200-1000). Twee soorten zetmeel komen algemeen voor, namelijk het amylose en het amylopectine, en wel meestal in een vaste verhouding van ruim drie gewichtseenheden amylose tot 1 gewichtseenheid amylopectine. Afwijkingen van deze verhoudingen komen voor, zoals hybride maisrassen met 50% amylose en glazige mais met 80% amylopectine. Via genetische manipulatie is een aardappel met 100% amylose in ontwikkeling.

4.2.1. Rijping

Omzetting van zetmeel in suikers vindt ook plaats bij de rijping van fruit. Dit is heel duidelijk bij de banaan. Tijdens een geforceerde rijping na aankomst uit de produktielanden wordt in korte tijd vrijwel alle zetmeel omgezet in suikers. Andere vruchten, zoals de ananas, meloen en druif slaan de koolhydraten niet op in de vorm van zetmeel; tijdens de rijping zetten ze organische zuren in suikers om en worden van zuur zoet. De meeste vruchten, zoals appel en tomaat, nemen een tussenpositie in. Het suikergehalte neemt tijdens rijping wat toe en het zetmeelgehalte daalt; hierop is de jodiumtest gebaseerd. Deze test geeft een indruk van het zetmeelgehalte, en daarmee van de mate van rijping van appels.

Tabel 4: Het zoet worden van bananen tijdens kunstmatige rijping. Zetmeel en suikergehalten zijn uitgedrukt in grammen per 100 gr vrucht.

Ras	Kunstmatige rijping in dagen					
	0	3	5	7	9	11
Gros Michel						
Zetmeel	20,65	12,85	6,00	2,93	1,73	1,21
Totaal oplosbare suikers	0,86	7,66	13,76	16,85	16,87	17,91
Lady Finger						
Zetmeel	27,16	15,01	7,03	4,13	1,66	2,26
Totaal oplosbare suikers	2,04	12,38	21,62	19,57	19,93	21,04

De aard van de suikers die in rijpe vruchten voorkomen, varieert nogal. In veel vruchten zit ongeveer evenveel saccharose als reducerende suikers. Ananas, meloen en banaan bevatten relatief veel saccharose. De druif en de tomaat daarentegen hebben alle suiker aanwezig in de vorm van de reducerende suikers glucose en fructose.

Voor de smaak en het aroma is het voorkomen van organische zuren als appelzuur en citroenzuur van groot belang.

4.2.2. Veroudering

De ademhaling (3.1.) in de naogstfase doet een aanslag op de koolhydratenvoorraad in het produkt. In principe zou dat moeten leiden tot een verlaging van het gehalte aan koolhydraten. Meestal wordt dat niet waargenomen, omdat door verdamping ook water verdwijnt. Het gevolg is, dat het produkt slinkt en in gewicht afneemt, terwijl de samenstelling van het produkt ongeveer hetzelfde blijft. Vooral bij langere bewaring is het zaak de verliezen aan produkt te beperken door de ademhaling te remmen.

Bij de kort-houdbare produkten speelt dat ook een rol. Het gaat daar niet om beperking van verliezen, maar om het verlengen van de houdbaarheid. Dus ook hier is beperking van de ademhalingsintensiteit zinvol.

Snijbloemen kunnen een tekort hebben aan koolhydraten, waardoor de knopontwikkeling onvolledig verloopt en/of de bloeiperiode wordt verkort. Saccharose-toevoeging is dan zinvol; toegevoegd aan het vaaswater wordt het via de steel naar de bloem getransporteerd. Dit vindt uitgebreid toepassing in de praktijk, in alle schakels van de bloemenketen. Een bezwaar van suiker is evenwel dat de bacteriegroei in het vaaswater ook wordt gestimuleerd, en daarmee het risico van verstopping van de houtvaten in de bloemstengel.

4.3. Stikstof-houdende verbindingen

De belangrijkste stikstofhoudende verbindingen in de plant zijn de eiwitten en het nitraat, daarnaast komen veel stoffen voor die als voorlopers van het eiwit zijn te beschouwen, zoals de aminozuren. Omdat een veilige opname van nitraat door de mens aan grenzen gebonden is, krijgt het gehalte aan nitraat in oogstprodukten toenemende aandacht. Een opname per dag hoger dan de ADI, de Acceptable Daily Intake, is ongewenst. Het gehalte aan nitraat ligt vooral in bladgroenten op een vrij hoog niveau. Tussen partijen en produkten bestaan er grote verschillen in nitraatgehalte. Deze verschillen worden veroorzaakt door de omstandigheden tijdens de teelt. Vooral licht, maar ook bemesting en ras zijn de belangrijkste factoren. In ons verband gaat het om de vraag of er tijdens de na-oogstfase belangrijke veranderingen optreden in de samenstelling van de stikstofhoudende componenten. Bij de meeste produkten blijkt dat niet het geval te zijn. Tijdens lange bewaring van granen en aardappelen treden wel kleine omzettingen op, maar deze zijn niet van belang voor de voedingswaarde en de voedingsveiligheid.

Een uitzondering vormen de glyco-alkaloiden die in aardappelen voorkomen. Deze groep stoffen behoort tot de zogenaamde natuurlijke toxinen; dat zijn stoffen die van nature in voedingsmiddelen voorkomen in hoeveelheden die schadelijk zouden kunnen zijn voor de gezondheid.

De glyco-alkaloiden, waarvan solanidine en chaconine de belangrijkste zijn, zitten voornamelijk vlak onder de schil van aardappelen. Het gehalte is vooral afhankelijk van het ras.

Wanneer een knol voor de oogst aan het licht wordt blootgesteld, treedt groenkleuring op; dit gaat gepaard met een sterke verhoging van het gehalte aan glyco-alkaloiden. Ook een hoge bewaartemperatuur werkt verhogend op het gehalte. Bij bewaring op een koude donkere plaats zijn de verhoogde gehalten weer terug te brengen naar het normale niveau.

Bij veroudering kunnen in produkten met een hoge stofwisselingsactiviteit, zoals bladgroenten, aanzienlijke wijzigingen optreden in de N-houdende bestanddelen. Ten eerste komt proteolyse (afbraak) van eiwitten voor. Hierbij ontstaan vrije aminozuren, waaruit veelal asparagine en glutamine worden gevormd. In later stadium worden deze afgebroken, waarbij ammoniakgas vrijkomt. Het aantonen van de genoemde componenten is volgens de literatuur een aanwijzing dat de partij niet meer vers is. Het effect op de voedingswaarde is te verwaarlozen, tenzij van een vergaande veroudering en teruggang in kwaliteit sprake is. Een tweede verschijnsel bij bladgroenten is de reductie van nitraat tot nitriet. Aangezien nitriet voor de mens zeer schadelijk kan zijn, dient nitraatreductie zoveel mogelijk te worden voorkomen. Bij spinazie bleek enige reductie voor te komen bij bewaartemperaturen boven 10°C en verder bij langere bewaring, waarbij de achteruitgang van de kwaliteit zichtbaar was (verwelking, rot). Waarschijnlijk is de ontwikkeling van bacteriën de oorzaak. Een kortdurende bewaring onder juiste, dat wil zeggen gekoelde omstandigheden, levert dus geen risico op.

4.4. Mineralen en vitaminen

4.4.1. Mineralen

De mineralenhuishouding in geoogste plantendelen is vrij eenvoudig. Er komt namelijk niets bij en er vindt ook geen verlies plaats. Hooguit kan er sprake zijn van een interne redistributie. Zo'n herverdeling is aangetoond in bloemkool. Tijdens de bewaring bij 0°C bleek het gehalte aan kalium en magnesium in de kool hoger te worden, ten koste van de bladeren. Transport van calcium verliep in de omgekeerde richting. De relatie hiervan met kwaliteit en houdbaarheid is overigens niet duidelijk.

Veel belangrijker is of voldoende kationen in de juiste verhouding beschikbaar zijn in het geoogste produkt. Meer en meer blijkt dat de snelheid van veroudering samenhangt met het gehalte aan mineralen en de verhouding tussen bepaalde mineralen, speciaal bij climacterische vruchten.

Met name het calcium-ion speelt een belangrijke rol bij de bewaring van vruchten. De samenhang met het optreden van bijvoorbeeld stip bij appel is duidelijk: behandeling van vruchten voor of na de oogst met calciumzouten vermindert het optreden van stip. Daarentegen wordt stip in paprika en aubergine toegeschreven aan een overmaat aan calcium. Deze effecten van calcium hangen er mee samen, dat calcium de afrijping en afleving vertraagt. Bij appels verlaagt calcium de ademhalingspiek tijdens het climacterium en reduceert het de climacterische ethyleenproduktie. Bij toepassing van calciumzouten moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid van osmotische effecten die eveneens de houdbaarheid kunnen beïnvloeden. Bij de hierboven genoemde effecten gaat het om exogeen toegediend calcium, dat vooral extracellulair fysiologisch werkzaam is.

Meer inzicht in de calciumhuishouding kan bijdragen tot meer mogelijkheden tot bewaring van tuinbouwgewassen. Maar ook voor de verbreding van het inzicht in de fysiologie van de "veroudering" is het onderzoek naar de rol van calcium veelbelovend.

Concrete voorbeelden van relaties tussen Ca en bewaarbaarheid zijn:

- a. stip bij een aantal appelrassen: de verhouding K/Ca in het vruchtvlees kan worden gebruikt bij de voorspelling voor het optreden van stip en ouderdomsbederf.
- b. witlof. Er zijn aanwijzingen dat de gevoeligheid van de witlofkrop voor lage-temperatuurbederf samenhangt met een laag calciumgehalte in de witlofwortel.

4.4.2. Vitaminen

Bij de gevarieerde voeding, zoals we die kennen in West-Europa, treedt bij de mens niet vaak vitaminegebrek op. Daarom worden aan het vitaminegehalte van voedingsmiddelen geen eisen gesteld. Anderzijds wordt in de voedingsmiddelenadvisering (diëtetiek) wel rekening gehouden met de voorziening in het menu van de belangrijkste vitaminen.

In het kort zal worden vermeld in hoeverre sprake is van wijziging van het vitaminegehalte na de oogst. Alleen de produkten die een wezenlijk aandeel leveren in de voorziening van een bepaald vitamine komen daarbij aan de orde.

4.4.2.1 Vitamine C

De belangrijkste bronnen van vitamine C zijn aardappelen en citrusfruit. Produkten als boerenkool, spruiten, peterselie en paprika hebben een veel hoger vitamine C gehalte dan aardappelen, maar zijn gezien hun gering aandeel in het menu van minder belang. Vitamine C omvat twee stoffen, het ascorbinezuur ($C_6H_8O_6$) en het oxidatieprodukt dehydro-ascorbinezuur. Deze beide produkten gaan gemakkelijk in elkaar over, maar dat heeft geen betekenis voor het totaal.

Citrusfruit heeft een vrij stabiel vitamine C-gehalte. Bij opslag en vervoer is sprake van enige daling van het gehalte, maar dit bedraagt meestal minder dan tien procent. Er is een positieve correlatie tussen temperatuur en afbraak van vitamine C.

Aardappelen zijn wel gevoelig voor verlies van vitamine C. Na 10 weken opslag is dat gemiddeld 40% en na acht maanden opslag is het verlies gestegen tot omstreeks 70%. De invloed van de bewaar temperatuur is niet geheel duidelijk. De meeste onderzoekingen wijzen in de richting dat het verlies sterker is, naarmate de temperatuur lager is (in het traject van 1-15°C). Onrijp gerooid aardappelen hebben een lager vitamine C-gehalte dan rijpgerooid.

Ook bij vruchten, zoals tomaten en appels, is het vitamine C-gehalte bij onrijp oogsten aanzienlijk lager dan bij rijpe oogst.

Bladgroenten verliezen in de eerste dagen na de oogst aanzienlijke percentages van de aanwezige vitamine C (20-40%). Koeling drukt dit verliespercentage. Overigens zijn de verliezen bij het bereiden van het voedsel (koken) in het algemeen hoger dan de verliezen tijdens de behandeling van het produkt.

4.4.2.2 Vitamine A

Het begrip vitamine A omvat een groep stoffen. Het zijn isomeren van retinol en daarvan afgeleide stoffen. De stoffen hebben gemeen dat ze effectief zijn in het voorkomen van nachtblindheid. De betreffende stoffen komen in planten niet voor: wel de provitamine A, waaruit in het menselijk en dierlijk lichaam vitamine A wordt gevormd. Het betreft een groep carotenoiden, waarvan caroteen in peen het meest bekende is. Het zijn gele tot rode pigmenten, die ook voorkomen in groene delen van de plant. Overigens zijn niet alle carotenoiden in het dierlijk metabolisme (darmslijmvlies) om te zetten in vitamine A; een voorbeeld is lycopene, de rode kleurstof van tomaten.

De belangrijkste leveranciers van provitamine A zijn peen, koolraap, peterselie, spinazie en boerenkool. Geel en oranje gekleurde vruchten zijn in het algemeen rijk aan caroteen. Zoals bij vitamine C is ook bij provitamine A het gehalte bij rijpe oogst aanzienlijk hoger dan bij onrijpe pluk (onder andere tomaten).

De afbraak van caroteen in de na oogstfase blijkt gering te zijn. Ook na lange bewaring van peen is het gehalte nog nauwelijks gedaald.

4.4.2.3 Vitamine B

Van het vitamine B complex komen de stoffen thiamine (vitamine B1) en nicotinezuur voor in plantaardige produkten, en wel als co-enzymen bij de stofwisseling. Beide komen veel voor in granen (ongepelde rijst), aardappelen, peen en spinazie. Tijdens de bewaring zijn voorzover bekend geen grote verliezen aan deze stoffen te verwachten.

5. REGULERINGSMOGELIJKHEDEN

In de hoofdstukken 2 en 3 is behandeld welke processen in plantaardige produkten na de oogst plaatsvinden. Het gevolg van deze processen is, dat kwaliteitsverlies en ook bewaarverlies optreedt. Om de produkten in optimale toestand aan de consument in binnen- en buitenland te kunnen aanbieden, dienen deze processen in de produkten te worden geremd. In dit hoofdstuk komen de mogelijkheden daartoe aan de orde.

Toepassing ervan moet niet alleen door de teler gebeuren. In alle schakels van de keten van producent naar consument is een optimale behandeling van het produkt gewenst. Slechts door deze integrale ketenbeheersing wordt bereikt, dat de goede kwaliteit van een produkt, zoals die veelal bij de oogst aanwezig is, behouden blijft tot op het niveau van de consument.

De voornaamste mogelijkheden om de levensprocessen te remmen zijn:

- verlaging van de temperatuur van het produkt, dus koelen;
- beperking van de verdamping;
- remming van de ademhaling door het wijzigen van de luchtsamenstelling.

Eveneens van belang voor een aantal produkten zijn:

- beperking van de ethyleenschade;
- belichting.

Deze mogelijkheden tot beperking van veroudering en afleving zullen in dit hoofdstuk nader aan de orde komen.

5.1. Temperatuur

5.1.1. Invloed op stofwisselingssnelheid

De stofwisseling van een plant is het totaal van alle enzymatische reacties in het organisme. In feite zijn het chemische reacties, zowel opbouw als afbraak. Deze voldoen aan de wetten van de chemie, waarin geldt dat de reactiesnelheid positief is gecorreleerd met de absolute temperatuur en wel logaritmisch. Dit betekent dat de meeste reacties met een factor 2 tot 3 worden versneld wanneer de temperatuur met 10°C wordt verhoogd. Deze vuistregel geldt in het traject van $0-40^{\circ}\text{C}$. Dat is het temperatuurgebied, waarin biologische reacties zich voltrekken. Voor de fysische processen, zoals verdamping, geldt deze regel niet.

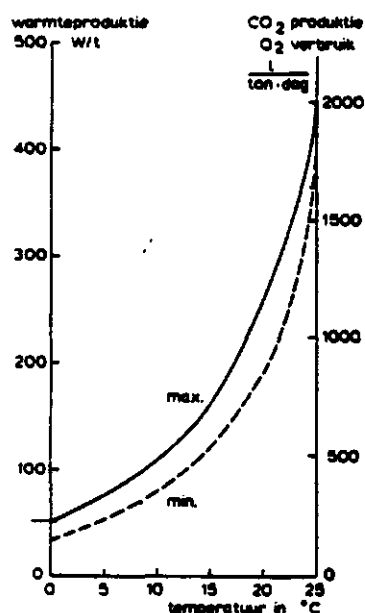
Omgekeerd kan met afkoeling dus een sterke vertraging van de stofwisseling worden bereikt. Koeling is daarmee de meest effectieve ingreep in de naoogstfase. Dit wordt geïllustreerd met de gegevens over prei die in onderstaande tabel en figuur 3 zijn opgenomen.

De warmteproductie, in afhankelijkheid van de temperatuur, is voor vrijwel alle groenten- en fruitsoorten onderzocht en staat vermeld in de produktgegevens Groenten en Fruit van het Sprenger Instituut. Van sierteeltprodukten (bloemen, potplanten en boomkwekerijprodukten) is minder bekend over de exacte warmteproductie.

Overigens zijn er uitzonderingen wat betreft de relatie tussen de temperatuur en de ademhalingssnelheid. Zo is bekend dat de aardappel zijn laagste activiteit heeft bij 5°C . In het traject van 5 naar 0°C neemt de ademhaling weer toe.

Tabel 5: De warmteproduktie van prei.

Temperatuur in °C	Effectieve warmteproduktie in Watt/ton	Totale warmteproduktie in Watt/ton
5	53- 58	72- 79
10	76- 81	104-115
15	112-128	158-173
20	174-209	240-269
25	356-418	395-520



Figuur 3: De warmteproduktie loopt parallel aan de koolzuurproduktie en is dus maatgevend voor de ademhalingsintensiteit.

5.1.2. Temperatuurgrenzen

Te hoge of te lage temperaturen leiden tot schade aan het levende plantaardige produkt. Het meest gevoelig voor extreme temperaturen zijn de membraanstructuren en de werkzaamheid van enzymen. Enzymen zijn eiwitten die bij hoge temperatuur denatureren; de kritische temperatuur is afhankelijk van het eiwit 35-60°C. Een andere vorm van hoge-temperatuurschade doet zich voor bij grove produkten; door de sterke ademhaling is het zuurstofverbruik zeer hoog. In het hart van bijvoorbeeld knollen treedt O₂-gebrek op, weefsels sterven af en worden zwart (zwarte harten bij aardappelen). In ons klimaat speelt dat geen rol; maar wel bij verwarming van produkten ten behoeve van droging (zaaizaad, uien) en ontsmetting (bloembollen).

Sterke afkoeling vindt zijn grenzen in bevriezing en voor een aantal produkten in koudeschade of lage-temperatuurbederf bij temperaturen boven 0°C.

5.1.2.1 Bevriezing

Bevriezing treedt op als de temperatuur langere tijd iets onder het vriespunt verkeert, of korte tijd bijzonder laag is, dus ver onder het vriespunt. Het vriespunt van plantaardig materiaal ligt overigens niet bij 0°C , maar enkele graden lager. Dit komt door de vriespuntsverlagende werking van allerlei stoffen die in de waterige oplossing zitten. De vriespunten variëren van gewas tot gewas veelal tussen -1 tot -3°C . Bij de koeling moet met de vriespunts-temperatuur rekening worden gehouden.

IJsvorming in een produkt hoeft niet altijd tot afsterving te leiden. Met name bij bewaarprodukten kan de temperatuur zonder schade iets onder het vriespunt dalen, mits een geleidelijke opwarming plaatsvindt en het produkt in opslag blijft. Men noemt dit extracellulaire bevriezing. Deze onderkoeling en bevriezing van de intercellulaire ruimten in het weefsel kan enige bescherming bieden voor te sterke afkoeling van de celinhoud. Verdergaande afkoeling leidt tot intra-cellulaire bevriezing, gepaard gaande met ijsvorming in het cytoplasma en het celsap, waardoor membranen beschadigd worden. Na dooi blijkt de turgor weggevallen en treedt vocht naar buiten.

5.1.2.2 Lage-temperatuursbederf (LTB)

Veel van nature tropische of sub-tropische produkten zijn niet bestand tegen lage temperaturen. Te noemen zijn de avocado, tomaat, komkommer, banaan, citrus, mango, papaya, ananas, meloen, aardappel en paprika. De kritische temperatuur varieert van 13°C voor banaan tot 8°C voor ananas en sommige citrussoorten. De appel is een voorbeeld van een produkt uit de gematigde streken, dat toch LTB gevoelig is. De oorzaken van lage temperatuurbederf zijn niet geheel duidelijk. De belangrijkste is waarschijnlijk de ophoping van schadelijke tussenprodukten van een onvolledige stofwisseling. Er zijn ook aanwijzingen dat de lipiden in de membranen bij een bepaalde temperatuur van de vloeibare vorm in de gel-vorm overgaan en daardoor zouden de membranen een belangrijk deel van hun permeabiliteit verliezen. Ook een verandering in benodigde energie om enzymsystemen aan te sturen, zou een rol spelen. Beide processen hebben ongeveer dezelfde kritische temperatuur.

Deze fysiologische schade door LTB ontwikkelt zich langzaam, vooral als de temperatuur niet ver beneden de kritische temperatuur ligt. De eerste stadia van LTB zijn reversibel; ernstiger vormen laten zich niet meer herstellen.

De symptomen van LTB zijn per produkt verschillend. Te noemen zijn:

- oppervlakkige veranderingen: ingezonken plekken en verkleuring, veelal verbruining van de schil (banaan, appel);
- interne verbruining van vruchtvlees, vaatbundels en/of zaden (citrus, appels);
- stagnatie van de rijping, vertraagde afname van zuurgehalte, verlies aan stevigheid (groene tomaten);
- versnelde veroudering;
- sterkere gevoeligheid voor parasitaire aantasting;
- veranderingen in geur en smaak;
- verlies aan kiemkracht/groei-kracht (plantgoed).

Deze symptomen zijn niet alle specifiek voor LTB. Soms zijn het algemene stress-symptomen, die ook voorkomen bij vochtstress of

zuurstofgebrek.

Tussen rassen bestaat veelal een aanzienlijk verschil in LTB-gevoeligheid. Dit geeft mogelijkheden om op LTB-gevoeligheid te veredelen. Ook het fysiologisch stadium van het oogstprodukt is van invloed op de LTB-gevoeligheid. Zo zijn tomaten in het rijp-groene stadium erg gevoelig, daarna vermindert deze, om bij volle rijpheid weer toe te nemen.

Tabel 6 geeft een indruk van de omstandigheden waarbij LTB optreedt.

Door de veelal trage ontwikkeling van LTB-schade zijn de symptomen niet altijd zichtbaar gedurende de gekoelde opslag, maar vaak pas in de handelsfase.

Tabel 6: LTB-omstandigheden voor een aantal produkten.

Produkt	Tijd (bij benadering) en temperatuuromstandigheden voor symptomen	Normale bewaar-omstandigheden
Asperge	10 dagen bij 0°C	3 wkn: 1,5-2,5°C
Stamslabonen	3 dagen onder 4,5°C	7 dagen bij 7-10°C
Komkommers	2 dagen onder 5°C	10-14 dgn: 7,5-10°C
Meloenen	15 dagen bij 0-2,5°C	15 dagen: 2,5-5°C
Paprika's	3-4 dagen bij 7,5°C	14-21 dagen: 8-10°C
Aardappelen	20 weken bij 0-1,5°C	5-8 mnd bij 5°C
Tomaten	6 dagen bij 0°C	boven 10-12°C voor rijpe groene

5.1.2.3 Mogelijkheden om LTB-schade te voorkomen

Met name in subtropische gebieden is er grote behoefte om bij opslag en transport van LTB-gevoelige produkten een lage temperatuur te hanteren. Daarom is en wordt veel onderzoek verricht naar mogelijkheden om de produktschade te beperken.

Technische maatregelen die enig perspectief bieden zijn de volgende:

- Tijdelijke temperatuursverhoging (curing). Tijdelijk opwarmen na de te koude bewaring heeft veelal een herstel van het produkt tot gevolg. Door versnelling van de stofwisseling worden potentieel schadelijke stoffen omgezet en ook treedt mogelijk herstel van schade aan membranen op. Vooral bij fruit zijn hiermee gunstige resultaten bereikt, als sprake was van lichte LTB-verschijnselen.
- Verhoging van de CO₂-concentratie. Een hoog CO₂-gehalte in de omringende lucht heeft soms een gunstig effect² (Okra). Bij andere produkten verergert het juist de LTB-schade (komkommer, asperge).

Chemische behandelingen:

- Calcium. Gebleken is dat een voldoende hoog Ca-gehalte van weefsels van belang is om symptomen van LTB schade tegen te gaan. Toevoeging van calcium aan de vrucht via bespuiting of onderdompeling heeft dan ook een gunstig effect. Vooral bij fruit is dat gebleken.

- Anti-oxydanten. Etoxyquin kan onder andere bij komkommer de LTB-schade beperken. Vermoed wordt dat deze stoffen de vrije vetzuren in de plant langer in onverzadigde toestand houden. Al deze ingrepen hebben echter slechts een beperkte invloed op het terugdringen van LTB schade. Realiseren van een lagere temperatuur zonder produktschade is in feite slechts mogelijk na een geslaagde genetische modificatie.

5.1.3. Tijd en wijze van koelen

Uit het voorgaande blijkt dat koeling een zeer effectief middel is om de stofwisselingssnelheid te beperken en daarmee de veroudering te vertragen.

In hoofdstuk 2 is behandeld, wat er bij de oogst gebeurt. Vaak treedt hier een verhoging van de temperatuur op. Als de oogst plaatsvindt bij vrij hoge temperatuur, is het duidelijk dat koeling direct na de oogst het meest effectief is. Vooral voor kwetsbare produkten met een hoge ademhalingsintensiteit is dit het geval.

Omtrent de methoden waarop kan worden gekoeld zal hier niet uitvoerig worden ingegaan.

Systemen van snelle koeling zijn:

- Vacuümkoeling. Dit systeem, dat vooral bij bladgewassen wordt toegepast, berust op het principe dat drukverlaging samengaat met kookpuntsverlaging van water. Door een sterke drukverlaging tot minder dan 0,01 bar wordt zeer snel warmte aan het produkt onttrokken door de verdamping van water.
- Doorstroomkoeling. Koude lucht wordt geforceerd door het produkt geleid. Op de groenteveilingen wordt de lucht veelal zeer intensief gekoeld en bevochtigd met ijswater. Er is dan sprake van natte-doorstroomkoeling.
- Waterkoeling. Koeling in ijswater is effectief; het wordt evenwel weinig toegepast (radijs).

5.2. Vocht

In hoofdstuk 3.4. is de verdamping behandeld. Gebleken is dat de mate van verdamping sterk afhankelijk is van het verschil in waterdampspanning in het produkt en die in de omgeving. Dit betekent dus dat het vochtverlies sterk samenhangt met het dampspanningsdeficit van de omgeving van het produkt.

Droge produkten zoals graan en zaden zijn qua dampspanning in evenwicht met lucht die voor ongeveer 75% verzadigd is met water (zie 3.4.3.1).

De meeste plantaardige produkten hebben een hoog vochtgehalte: het evenwichtsvochtgehalte van de omgeving ligt dan op 99 à 100% RV: dus alleen in volkomen met water verzadigde lucht vindt geen vochtafgifte plaats. Zo'n atmosfeer is echter bevorderlijk voor bacteriële en schimmelinfecties.

5.2.1. Beheersing van de luchtvochtigheid

Er zijn technische mogelijkheden om het vochtgehalte in een bewaar ruimte te reguleren: met de methode van koeling en de mate van ventilatie en circulatie kan invloed worden uitgeoefend op het

optreden van vochtverlies. Een probleem hierbij is dat de meting van de RV in het traject van 95 tot 100% weinig betrouwbaar is. De mate van uitdrogen hangt sterk samen met de ventilatie. Wanneer de luchtsnelheid binnen een hoeveelheid produkt verschillen vertoont, zal zich dit uiten in verschillen in uitdroging. Om een produkt homogeen te houden, is het gewenst om de bewaaromstandigheden binnen een bewaarplaats zo veel mogelijk gelijk te houden. Dus de verschillen in temperatuur, RV en luchtsnelheid zullen binnen een partij minimaal moeten zijn. Dit stelt vrij hoge eisen aan de inrichting van gekoelde bewaarplaatsen. Meerdere meetpunten in een bewaarplaats bieden de mogelijkheid verschillen te constateren en hierop te reageren.

5.2.2. Andere mogelijkheden om het vochtverlies te beperken

Als het omgevingsklimaat niet te beheersen is, kan de verdamping worden beperkt door het aanbrengen van een min of meer afsluitende laag rondom het produkt. De volgende technieken worden toegepast.

5.2.2.1 Coating

Het omhullen van vruchten met een dampremmende substantie is sinds lange tijd gebruikelijk bij citrusfruit en banaan, produkten waarvan de schil voor consumptie wordt verwijderd. Vroeger werd was gebruikt: thans bestaat de coating veelal uit een mengsel waarin polyethyleen een belangrijke plaats inneemt. De formulering en dikte van de coating moeten worden aangepast aan de eisen van het produkt.

Het aanbrengen van coatings wordt in ons land niet toegepast; bij boomkwekerijprodukten is het in onderzoek.

5.2.2.2 Sealen

Sealen is het luchtdicht afsluiten van een produkt met folie. Dit kan plaatsvinden voor eenheden van verschillende omvang: een pallet, een kist, een aantal vruchten of een enkele vrucht.

Met de ontwikkeling van het sealen is het hierbovengenoemde coaten wat uit de belangstelling geraakt. Het sealen vindt plaats door na inhulling in folie deze te sluiten in een hete-luchttunnel.

Ook zonder volledig af te sluiten, kan het gebruik van plastic een gunstige invloed hebben op het vochtverlies. Zo worden bij de witlofwortelbewaring de kisten wel eens in plastic folie gepakt.

Folies hebben niet alleen invloed op de verdamping. Afhankelijk van de eigenschappen van de folie worden ook het CO_2 -gehalte en het O_2 -gehalte binnen de folie beïnvloed door de ademhaling van het produkt. Er ontstaan zogenaamde MA-omstandigheden (Modified Atmosphere). Na verloop van tijd ontstaat in het gesealde produkt een evenwichtssituatie. Met een goede foliekeuze is het in principe mogelijk om het gewenste MA-klimaat te realiseren. Daar zowel de ademhalingssnelheid als de folie-eigenschappen temperatuurafhankelijk zijn, is een MA-klimaat momenteel nog moeilijk op het gewenste niveau te realiseren. Daarvoor is meer kennis van de folie-eigenschappen nodig, of liever nog een folie-fabrikage op maat. Dat wil zeggen met de eigenschappen van doorlatendheid van waterdamp, zuurstof en koolzuurgas, die optimaal zijn voor een bepaald produkt.

5.3. CA-bewaring

De letters CA staan voor "controlled atmosphere", dus letterlijk vertaald "beheerst klimaat". Bij CA-bewaring is sprake van een afwijkende samenstelling van de lucht in de bewaarruimte.

Naast stikstof bevat lucht ongeveer 21% O_2 en 0,03% CO_2 . Elke bewuste afwijking van het gehalte van zuurstof en/of koolzuur is dus een vorm van CA-bewaring. Wanneer een produkt in een gesloten ruimte is opgeslagen, verandert de luchtsamenstelling ten gevolge van de ademhaling. Het zuurstofgehalte neemt af en het CO_2 -gehalte neemt toe. Maar de som van beide gehalten blijft 21%. Door technische ingrepen (ammoniak-kraker, gasbrander) kan de gewenste verhouding tussen O_2 en CO_2 na inslag snel tot stand worden gebracht en later worden gehandhaafd.

Naast de gewone CA-bewaring en de MA-bewaring kennen we de gescrubde CA-bewaring. In dit systeem wordt CO_2 en/of O_2 kunstmatig verwijderd; de som van O_2 en CO_2 wordt daardoor lager dan 21% en daarmee stijgt het stikstofgehalte dus boven de 79%.

Een speciale vorm van gescrubde CA-bewaring is de ULO-bewaring. Ultra Low Oxygen wil zeggen: zeer lage zuurstofspanning. Het gaat hier om O_2 -gehaltenes van minder dan 2%. Bij geringe afwijking van de streefwaarde loopt het produkt het risico van zuurstofgebrek en anaerobe ademhaling. Daarom is het noodzakelijk dat het O_2 -gehalte zeer constant wordt gehouden. Daarvoor is automatische meet- en regelapparatuur nodig.

We gaan nu wat verder in op de effecten van wijziging van O_2 en CO_2 -gehalten op de fysiologie van het produkt.

5.3.1. Effecten van laag zuurstofgehalte

Het belangrijkste effect van een verlaagde zuurstofconcentratie is de remming van de ademhaling. Vastgesteld is dat de intensiteit kan dalen tot 50% van de normale ademhaling. De fysiologische verklaring van het effect op de ademhaling is dat de activiteit van een aantal enzymen met lage zuurstofaffiniteit afneemt. Dat is niet het geval bij het enzym dat nauw bij de ademhaling betrokken is, de cytochroomoxydase. Deze blijft ook bij lage O_2 -concentraties actief. Als het cytochroomoxydase uitvalt, stopt de ademhaling en vindt verstikking van het produkt plaats. Bij deze zogenaamde gisting wordt het pyrodruivenzuur bijvoorbeeld gereduceerd tot aceet-aldehyde, waaruit alcohol wordt gevormd. Dit gaat gepaard met een verhoogde CO_2 -produktie. Het kritische zuurstofgehalte waarbij dit gaat optreden varieert afhankelijk van het produkt van 1-2%. Het O_2 -gehalte binnen in het produkt kan daarbij gedaald zijn tot minder dan 1%; zelfs 0,2% O_2 is gemeten.

Andere effecten zijn:

- De afbraak van chlorofyl wordt vertraagd. De groene, verse kleur blijft dus beter intact.
- Textuurveranderingen (door veroudering) vinden vertraagd plaats bij appels en ook bij tomaat. Dit is bij paprika niet het geval.
- De biosynthese van ethyleen neemt af.
- Geur en smaak kunnen negatief beïnvloed worden, vooral in het traject dat tegen O_2 -gebrek aan ligt.
- De verliezen aan vitamine C en caroteen nemen af.
- Bij een laag O_2 -gehalte wordt de werking van nitraatreductase versterkt. Dit geeft voor bepaalde produkten het risico van ni-

trietvorming, zoals vastgesteld bij spinazie.

- Het effect van laag O_2 op de spruitvorming is niet eenduidig; de endogene groeiregulatoren worden beïnvloed en het effect is daarom niet voor alle produkten hetzelfde.

5.3.2. Effecten van verhoogd CO_2 -gehalte

Een hogere CO_2 -concentratie in de omringende lucht leidt tot verhoging van de CO_2 -spanning in het produkt. De volgende effecten zijn vastgesteld:

- De ademhalingsintensiteit wordt veelal geringer bij toenemende CO_2 -gehalten, tot dat er een omslagpunt komt waarbij fysiologische schade optreedt. Daarboven neemt de ademhaling weer toe. Het omslagpunt verschilt per produkt.
- De ethyleengevoeligheid neemt af en ook wordt de ethyleenproductie geremd.
- Ontwikkeling en rijping worden vertraagd (tomaten, asperges, champignons, broccoli).
- Het chlorofylgehalte blijft beter op peil; dit is vastgesteld bij asperge, (groene) broccoli, spruiten, kool en bonen.
- De verkleuring na beschadiging wordt geremd, doordat de oxydatie van fenolen veel trager plaats vindt. Van belang onder andere bij sperciebonen, die mechanisch geoogst zijn.
- De groei en ontwikkeling van veel ziekteverwekkers, zoals bacteriën en schimmels worden vertraagd.

Naast deze in principe positieve effecten vermeldt de literatuur de volgende schadelijke effecten van een verhoogd CO_2 -gehalte.

- De ademhaling neemt bij de meeste bol- en wortelgewassen toe.
- Soms treedt ongelijke rijping en verkleuring van produkten op (tomaat).
- De smaak van bloemkool en broccoli kan afwijken en na koken kan bloemkool een grijs-bruine verkleuring te zien geven.
- Het vitamine C-gehalte kan worden aangetast (asperge).
- Als gevolg van schade aan het metabolisme, veroorzaakt door (te) hoge CO_2 -concentraties kan een versnelde afleving optreden (wortelen, Chinese kool). Bij aardappelen wordt de gevoeligheid voor blauw vergroot. Interne verbruining van kool, spruiten en uien en sla zijn gevolgen van CO_2 -schade.
- Ook is vastgesteld dat de symptomen van LTB-schade soms worden verergerd (komkommer).

Deze schets van voorkomende effecten van wijzigingen van O_2 - en CO_2 -concentraties geeft wel aan dat positieve resultaten mogelijk zijn: de optimale concentraties verschillen echter per gewas. Bij fruit, met name appels, is in ons land veel onderzoek gedaan naar de optimale bewaarcondities, die per ras variëren. Ter illustratie worden in tabel 7 de praktijkadviezen voor bewaring van enkele appelrassen vermeld.

Voor de diverse groenten is het onderzoek minder systematisch uitgevoerd. Voor de meeste produkten zijn slechts globale aanwijzingen te geven over de meest gewenste luchtsamenstelling, afhankelijk van de temperatuur. Bewaring onder CA- of MA-condities maakt het mogelijk de opslagperiode te verlengen en die neiging bestaat dan ook in de praktijk. Belangrijker is evenwel de verbetering van de bewaring, zodat een produkt bij dezelfde bewaarduur met een betere kwaliteit op de markt wordt gebracht.

Tabel 7: Geadviseerde bewaarcondities bij enkele appelrassen.

Ras	Type bewaring	Temp.	CO ₂ %	O ₂ %	Globale bewaarperiode
Cox's Orange	mech.koeling	4			tot januari
	CA-scrub	4	<1	2 of 3	tot eind februari
	ULO	4	<1	1,5	tot eind februari
Golden Delicious	mech.koeling	1			eind februari
	CA	1	5-6	16-15	eind april
	CA-scrub	1	4	2 of 3	eind mei
	ULO	1-2	4	1,5	eind mei
Jonagold	mech.koeling	1			tot eind januari
	CA	1	5	16	tot begin maart
	CA-scrub	1	5-6	2 of 3	tot half mei
	ULO	1-2	5	1,5	tot half mei

5.4. Ethyleen

Onder 3.2.6. wordt ethyleen genoemd als een groeiregulator, die door alle planten wordt geproduceerd en afgescheiden. Aangezien ethyleen in bepaalde concentraties schade kan veroorzaken wordt in dit onderdeel nader ingegaan op ethyleenproductie en ethyleengevoeligheid en op de mogelijkheden om de schade van ethyleen te voorkomen of te beperken.

5.4.1. Ethyleenproductie

Met name climacterische vruchten produceren aanzienlijke hoeveelheden ethyleen en wel voornamelijk tijdens de rijpingsperiode (circa 100 microliter per kg per uur bij 20°C). Bladgroenten, citrusvruchten, wortelgroenten, snijbloemen en potplanten hebben een hele lage produktie van ongeveer 1% van de produktie van appels. Broccoli en bloemkool nemen een tussenpositie in met een produktie van 10-30 microliter per kg uur is gemeten.

Bij dalende temperatuur neemt de produktie sterk af. Zo bleek bij een type roos de produktie bij 11°C maar 25% te zijn van de produktie bij 21°C.

Onder stress-situatie (ziekteaantasting, beschadiging) neemt de produktie van ethyleen sterk toe.

CA-omstandigheden beperken de effecten van ethyleen. Enerzijds wordt de produktie lager naarmate het zuurstofgehalte lager is. Anderzijds blijkt de gevoeligheid van het produkt af te nemen bij een verhoogd CO₂-gehalte.

Naast agrarische produkten zijn er andere ethyleenproducenten waarmee rekening moet worden gehouden en wel voornamelijk het verkeer en de industrie. Met name verbrandingsmotoren in besloten ruimten kunnen hoge concentraties ethyleen veroorzaken. Ook verkeer afgestelde branders van kachels produceren veel ethyleen. Ethyleenconcentraties worden gemeten in ppm. De betrouwbaarheid van de meting met de gaschromatograaf is hoog: concentraties van 0,001 ppm zijn vast te stellen.

5.4.2. Ethyleengevoeligheid

Met name snijbloemen, maar ook tulpebollen en bloeiende potplanten blijken na blootstelling aan geringe concentraties ethyleen reeds schade te vertonen. Snijbloemen verwelken en potplanten vertonen blad- en knopval. Bij tulpebollen leidt ethyleen tot een verminderd trekresultaat door het optreden van kernrot en bloemverdroging. Bij groenten en fruit is in de praktijk nauwelijks sprake van schade door ethyleen; toch heeft onderzoek uitgewezen dat veel groenten (koolsoorten, komkommer, sla, spinazie, witlof) en ook fruitsoorten (appel, peer, banaan, pruim) een hoge gevoeligheidsfactor hebben, dat wil zeggen dat effect op kan treden bij opslag van tenminste 48 uur bij een ethyleenconcentratie van 0,1 ppm. Dat effect uit zich in versnelde rijping onder andere in het verlies aan groene kleur door de afbraak van chlorofyl. Bladval, die in sierteelt ernstige vormen aan kan nemen bij te hoge ethyleenconcentraties, treedt bij groenten nauwelijks op. Dit zou mogelijk zijn bij produkten als kool (in feite een stengel met bladeren). De oorzaak hiervan is waarschijnlijk dat in kool niet een abscisiezone of -laag aanwezig is, waarop het ethyleen kan aangrijpen.

5.4.3. Bescherming tegen ethyleen

Om schade te voorkomen moeten gevoelige produkten niet in een ethyleenrijke omgeving worden gebracht. Met name in de omgeving van rijpend fruit is voorzichtigheid geboden. Opslag van andere produkten naast fruitcellen is riskant en samenladingen bij het transport van fruit en bloemen leidt zeker tot problemen.

Bij de zeer gevoelige gewassen, zoals bepaalde snijbloemen, is ventilatie nodig, wanneer door verkeer (bijvoorbeeld in een veilingshal) de ethyleenconcentratie kan oplopen.

Het verwijderen uit de bewaarcellen van ethyleen, dat door het produkt wordt afgescheiden is een punt van uitgebreid onderzoek. Bij CA systemen, waarin de ventilatie zeer beperkt is, zou het perspectief kunnen hebben. Het scrubben van ethyleen wordt in de praktijk alleen toegepast bij de bewaring van kiwi's.

Een andere vorm van bescherming is het verlagen van de ethyleengevoeligheid van produkten. In 1976 werd ontdekt dat een bespuiting met zilvernitraat wat dit betreft, een gunstige werking heeft. Zilverionen blokkeren de receptoren in de plant, die normaal met ethyleen reageren, waardoor de plant minder gevoelig wordt voor ethyleenconcentraties in de omgeving, ongeacht of die afkomstig zijn van de plant zelf of van externe bronnen.

Hieruit is een effectieve methode ontwikkeld. In de vorm van zilverthiosulfaat (STS) wordt het zilver gemakkelijk in de plant getransporteerd, zodat het in de gehele plant werkzaam is. Een voorbehandeling met STS wordt tegenwoordig algemeen toegepast bij anjers. Ook een aantal andere snijbloemen reageert zeer positief op de behandeling. Een verbeterde houdbaarheid komt tot uiting in een aanzienlijke verlenging van het vaasleven. Tenslotte wordt gepoogd de ethyleenproductie van gewassen te remmen. Dit is in principe mogelijk door in te grijpen in de synthese van ethyleen. Bekend is dat de omzetting van ACC in ethyleen onderdrukt kan worden door sommige metaalionen. Met amino-oxy-azijnzuur (AOA) kan volgens on-

derzoek de werking van het enzym ACC-synthase worden geblokkeerd. Praktische toepassingen hebben deze middelen momenteel nog niet gevonden.

5.5. Licht

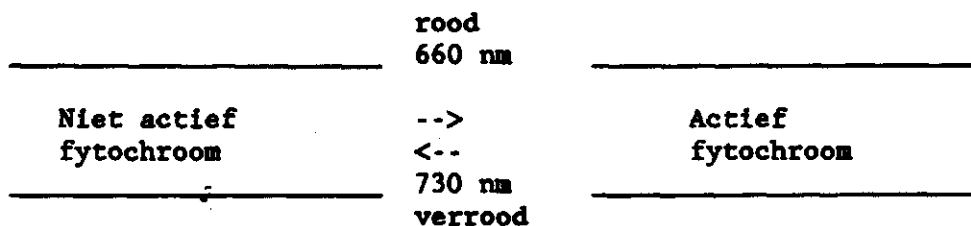
De factor licht is vooral van belang tijdens de groei van het gewas. Aan het licht wordt immers de energie ontleend, die nodig is voor de assimilatie. In de naoogstfase is aan- of afwezigheid van licht van veel minder belang.

Toch zijn er enkele zaken bekend, waarbij het licht van invloed is.

- a. Onder 4.3. is reeds genoemd dat het licht van grote invloed is op de vorming van glyco-alkaloiden in aardappelen. Met name rood licht (golflengte 650 nm) blijkt volgens de literatuur een stimulerende werking te hebben. Bewaring in lichtarme omstandigheden is dus nodig om het gehalte van glyco-alkaloiden of aan solanine, zoals in de praktijk vaak wordt gezegd, laag te houden.
- b. De anthocyaan-synthese is lichtafhankelijk. De kleuring van vruchten door anthocyaanvorming wordt beïnvloed door het rode deel van het spectrum. Vroeger werden sterappels na de pluk enige dagen aan de zon blootgesteld om de gewenste diep-rode kleur te krijgen.
- c. Bij bewaring van produkten treedt afbraak van chlorofyl op. Bij de rijping van fruit is dit niet ongunstig, doordat andere kleurcomponenten de overhand krijgen, zodat een betere grondkleur ontstaat. Met name bij bladgroenten gaat chlorofylafbraak gepaard met kleurverlies; het is een zichtbaar teken van veroudering.

Bewaring in het licht vertraagt de chlorofylafbraak. De verklaring hiervoor moet vermoedelijk gezocht worden in de invloed van licht op de werkzaamheid van fytochroom. Fytochroom is een blauwgroene eiwitverbinding, die in heel kleine hoeveelheden in planten voorkomt, onder andere in bepaalde celmembranen. De stof lijkt een sturende functie te hebben op de hormoonbalans en het functioneren van membranen.

Het fytochroom komt in twee vormen voor, een actieve en een niet-actieve. De overgang van niet-actief naar actief wordt gestuurd door lichtenergie met een golflengte van 660 nm. Het effect van kleine lichthoeveelheden is soms zeer snel, na een minuut al meetbaar; het metabolisme wordt zichtbaar beïnvloed. Omgekeerd kan donkerrood licht (730 nm) het fytochroom op non-actief zetten (figuur 4).



Figuur 4: Omkeerbaarheid fytochroomcomplex

Door het fytochroom worden tal van processen in de plant gestuurd, waaronder de fotoperiodiciteit, de vorming van chlorofyl, winterrust, kieming van zaden, hormoonproductie zoals ethyleen en GA, de celdeling en de celstrekking.

Toepassing van deze kennis wordt thans door het ATO ontwikkeld. Met lage hoeveelheden licht van de goede golflengte, zogenaamd stuurlicht, worden goede resultaten bereikt in het voorkómen van bladval van siergewassen in donkere transportomstandigheden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van licht emitterende diodes (LED's).

6. TOEPASSING IN DE GLASTUINBOUW

6.1. Glasgroenten

6.1.1. Kwaliteitskenmerken

6.1.1.1 Inwendige kwaliteit

De consument wordt steeds kritischer als het om inwendige kwaliteitsfactoren gaat. De smaak en de houdbaarheid in het bijzonder moeten aan hoge eisen voldoen. Samen met de voedingswaarde vormen deze twee inwendige kwaliteitsfactoren het positieve kwaliteitsbeeld. Het objectiveren van deze kwaliteitscriteria is niet altijd even gemakkelijk.

Een aantal produkten moet aan normen voor de inwendige kwaliteit voldoen. Bij meloen wordt het suikergehalte bepaald. Dit wordt gedaan door met een naald sap uit het binnenste gedeelte te halen en hiervan de refractiewaarde te bepalen. De smaak hangt nauw samen met het suikergehalte. Bij tomaten en komkommer moet een tuinder partijen leveren, die voldoende lang houdbaar zijn om in het "Super"-blok te kunnen blijven aanvoeren.

De bepaling van de houdbaarheid gebeurt op de veilingen door een monster van de partij onder standaardcondities weg te zetten. Wanneer het algemene oordeel na drie dagen bewaring 2 of meer punten gezakt is, dan kan de aanvoerder gedurende een bewakingsperiode niet in het "Super"-blok aanvoeren. De bepaling van de houdbaarheid gebeurt dus achteraf, nadat de partij al het handelskanaal is ingestuurd. Er wordt gezocht naar methodes om de houdbaarheid van een partij bij aanvoer op een objectieve manier te kunnen vaststellen.

Bij de tomaat lijkt de stevigheid van de vrucht een indicatie voor de houdbaarheid te geven. Hoewel andere factoren, zoals de aanwezigheid van zwelscheurtjes en goudspikkels, ook een rol spelen, wordt onderzocht of instrumentele meting van de stevigheid gebruikt kan worden voor de houdbaarheidsbepaling.

Voor de komkommer is het moeilijker een relatie te vinden tussen een factor en de houdbaarheid. De kleur van de vrucht geeft wel een indicatie, maar is op zichzelf onvoldoende om de houdbaarheid te kunnen voorspellen.

De potentiële houdbaarheid van de glasgroenten wordt bepaald door een groot aantal teeltfactoren. De omstandigheden in de afzetketen bepalen daarna hoeveel er van de houdbaarheid verloren gaat voordat de consument het produkt koopt.

De inwendige kwaliteit omvat ook een aantal negatieve aspecten. Dit betreft de van nature aanwezige stoffen (nitraat) of structuren (vezeligheid, meligheid) en door teeltmaatregelen opgehoopte stoffen (bromide). Ook zware metalen (cadmium, lood, zink, koper en kwik) kunnen zich tijdens de teelt in het produkt ophopen. De normen ten aanzien van de stoffen, die in het produkt aanwezig kunnen zijn, worden steeds strenger.

6.1.1.2 Uitwendige kwaliteit

De uitwendige kwaliteit is eenvoudiger te bepalen dan de inwendige kwaliteit. De aantrekkelijkheid van het produkt wordt sterk bepaald door de positieve eigenschappen: stevigheid, vorm, kleur,

glans en presentatie. De negatieve kant van de uitwendige kwaliteit uit zich in beschadigingen, rot, fysiogene afwijkingen, verkleuringen en residu.

De produkten moeten aan verschillende normen voldoen om in een bepaalde kwaliteitsklasse terecht te kunnen komen. Het streven is een aantal kwaliteitseigenschappen instrumenteel te gaan meten, zodat de indeling objectief kan plaatsvinden. Momenteel worden de partijen nog op het oog en met de hand ingedeeld.

6.1.2. Oorzaken van kwaliteitsachteruitgang

6.1.2.1 Waterhuishouding

Bij het overschrijden van de grens van 5% vochtverlies zullen bij veel groenten uitdrogings- of verwelkingsverschijnselen optreden. Een aantal bladprodukten kunnen zich een groter vochtverlies permitteren (tabel 8).

Tabel 8: Het toelaatbaar vochtverlies (in gewichts %) voor diverse produkten.

Produkt	Toelaatbaar vochtverlies (gew.%)
komkommer	4
prei	4
paprika	5
witlof	6
wortels	4

Vochtverlies uit zich door het verleppen van het blad van bladgroenten en het rimpelen van de schil van vrucht-, wortel- en knolgewassen. Behalve deze vorm van kwaliteitsverlies zal bij verdamping ook gewichtsverlies optreden. Gevoelige produkten zullen daarom met een bepaald overgewicht per eenheid aangevoerd moeten worden. Bij tomaten is 100 gram overgewicht per bakje van 6 kg verplicht gesteld.

Als een koud produkt in een warme omgeving wordt geplaatst, kan condensvorming optreden. Hierdoor kan het produkt (tijdelijk) een minder mooi uiterlijk krijgen (minder glans bij aardbeien). Het grootste gevaar van condensvorming is, dat de aanwezige bacterie- en schimmelsporen kunnen ontkiemen en uitgroeien.

6.1.2.2 Temperatuur

Te hoge temperaturen in de naoogstfase kunnen schade veroorzaken, doordat het aflevingsproces wordt versneld. Vandaar dat de meeste groenten zo snel mogelijk worden gekoeld (tabel 9).

Bij de tomaat ontstaan er problemen met de doorkleuring, wanneer deze vruchten opgeslagen worden bij te hoge temperatuur: tijdens de rijping worden er in de tomaat verschillende kleurstoffen gevormd: rode, oranje en gele. Boven de 28-30°C vindt geen rode pigmentvorming meer plaats, terwijl de vorming van de oranje kleurstof wordt vertraagd boven de 30°C. Hierdoor ontstaan gele tomaten, omdat de gele kleurstof wel aangemaakt wordt bij deze temperaturen.

Tabel 9: Optimale opslagomstandigheden en globale bewaarduur van glasgroenten in koelcellen bij 90-95% RV (tenzij anders aangegeven)

Produkt	Temp (°C)	Opslagduur	Opmerkingen
Andijvie	0-1	2 weken	
Aubergine	10-13	1-2 weken	zeer ethyleengevoelig
Augurk	12-13	5 dagen	
	5-6	3 dagen	weekendopslag
	1-2	6 dagen	voor industriële ver
	werking		
Bleekselderij	0-1	3-4 weken	RV 98-100%
Bloemkool	0-1	3-6 wken	RV 98-100%
Boon			
- pronk	5-6	1\2 weken	gedurende 2 dagen
- sperzie	6	1 week	is opslag bij lage
- snij	6	1 week	temp. mogelijk
- spek	6	1-2 weken	gevoelig voor ltb
Champignon	0-1	4-5 dagen	RV 98-100%
Chinese kool	0-1	4-6 weken	RV 98-100%
Courgette	8-10	1 week	
Komkommer	13	1 week	zeer ethyleengevoelig
Koolrabi			
- met loof	0-1	1 week	
- zonder loof	0-1	2-4 maanden	
Kroot			
- met loof	0-1	1-2 weken	
- zonder loof	3-4	4-6 maanden	
Paprika			
- geel/rood	7-8	1-2 weken	
- groen	9-10	1-2 weken	
Peper	0-1	2 maanden	
Radijs			
- met loof	0-1	5 dagen	
- zonder loof	0-1	2-3 weken	
Rammenas			
- wit (rettich)			
met loof	0-1	3-5 dagen	
- zwart en wit			
zonder loof	0-1	3-4 maanden	
Selderij, snij	min 1	4-6 weken	RV 98-100%
Sla	0-1	1-2 weken	
Spinazie	0-1	4-8 dagen	
Tomaat	13	10-14 dagen	
	8-10	3 dagen	weekendopslag
Tuinkers	0-1	10-14 dagen	met wortel op voe
dingsbodem			
Wortel			
- met loof	0-1	7-10 dagen	
- zonder loof	0-1	5 maanden	RV 98-100%
IJssla	0-1	ca 2 weken	

Beneden het vriespunt zullen zich in alle produkten ijskristallen kunnen vormen. De temperatuur waarbij dit begint, hangt nauw samen met het drogestofgehalte van het betreffende produkt (vriespuntsverlaging). Meestal is bevroeringsschade te zien als glazige plekken, die later gaan rotten. Bij ijsbergsla vertonen de bladeren een bobbelig uiterlijk. De opperhuid laat los en barst. Het onderliggende weefsel kan bruin worden.

Bij produkten van subtropische oorsprong kan in het temperatuurs-traject van 0-13°C lage-temperatuursbederf (LTB) optreden. Dit heeft niets te maken met ijskristallen, maar met stofwisselingsstoornissen en beschadiging van membranen (zie 5.1.2.2). Bij tomaat, komkommer, paprika en aubergine ontstaan kleine, ingezonken plekjes, die later tot rotting kunnen overgaan. Bij bonen kan bij een bewaartemperatuur lager dan 5-6°C korte, smalle, enigszins parallel lopende strepen (niet verzonken weefsel) ontstaan, die zich over de hele peul kunnen uitbreiden. Tenslotte bij Chinese kool kan bij langdurige bewaring bij lage temperatuur nerfbruin ontstaan. De duur waarbij het produkt is blootgesteld aan te lage temperaturen, is mede bepalend voor het optreden van LTB. Bij komkommer en tomaat zal een kortstondige opslag bij 10°C weinig effect hebben. Pas bij een langere bewaarduur zal LTB kunnen optreden. Terwijl temperaturen vlak boven het vriespunt al na 1 dag schade kunnen veroorzaken. LTB komt vooral tot uiting als het produkt na opslag bij te lage temperatuur weer wordt opgewarmd. Een lage temperatuur zorgt voor een tragere doorkleuring bij tomaat en paprika. Bij paprika heeft dit gevolgen voor de mate van bontheid, die bij de aanvoer aanwezig mag zijn. Dit wordt verduidelijkt door de resultaten van een onderzoek. Gedeeltelijk gekleurde rode en gele paprika's heeft men bij verschillende temperaturen door laten kleuren en het aantal dagen bepaald, waarbij de vrucht 100% geel of rood was (tabel 10).

Tabel 10: Gemiddeld aantal dagen om bonte gele en rode paprika's door te kleuren bij verschillende opslagtemperaturen

Kleurstadium	Gele paprika					Rode paprika				
	8°C	12°C	16°C	20°C	24°C	8°C	12°C	16°C	20°C	24°C
50% gekleurd	24	16	11	8	10	17	10	9	8	11
70% gekleurd	23	13	9	7	7	13	9	8	8	10
90% gekleurd	16	10	6	6	4	10	8	7	7	7

Gele paprika's kleuren bij lage temperaturen langzamer door dan rode paprika's. Bij hogere temperaturen is het precies andersom. Om het kwaliteitsverlies te beperken worden de paprika's bij een zo laag mogelijke temperatuur (circa 13°C) bewaard. Dit houdt in, dat de paprika's in de keten producent - consument nog maar weinig doorkleuren en bij aanvoer op de veiling dus grotendeels op kleur moeten zijn. Bij groene paprika's ontstaat door bewaring bij lage temperatuur juist minder bontheid.

6.1.2.3 Ethyleenschade

Ethyleen is reeds werkzaam in erg kleine concentraties (zie 5.4.). Alle groentegewassen produceren in meerdere of mindere mate zelf ethyleen, maar bepaalde produkten zijn er erg gevoelig voor. Enkele voorbeelden van kwaliteitsachteruitgang door te hoge ethyleenconcentraties zijn:

- Versnelde veroudering en vergeling bij bladgroenten (sla, spinazie), komkommer en bonen.
- Verbruining en afstoting van de kelk bij aubergine.
- Gespikkelde bruinverkleuring bij ijsbergsla ('Russet spotting').
- Bladabscissie (loslaten) bij knolgewassen en sluitkool.
- Te snelle rijping bij bijvoorbeeld tomaat.

In tabel 11 is voor een aantal groentegewassen de gevoeligheidsfactor voor ethyleen tijdens opslag aangegeven.

Een ethyleendrempelwaarde voor een produkt kan nooit worden losgezien van opslagduur en -temperatuur. In de tabel wordt uitgegaan van een opslagduur langer dan 48 uur.

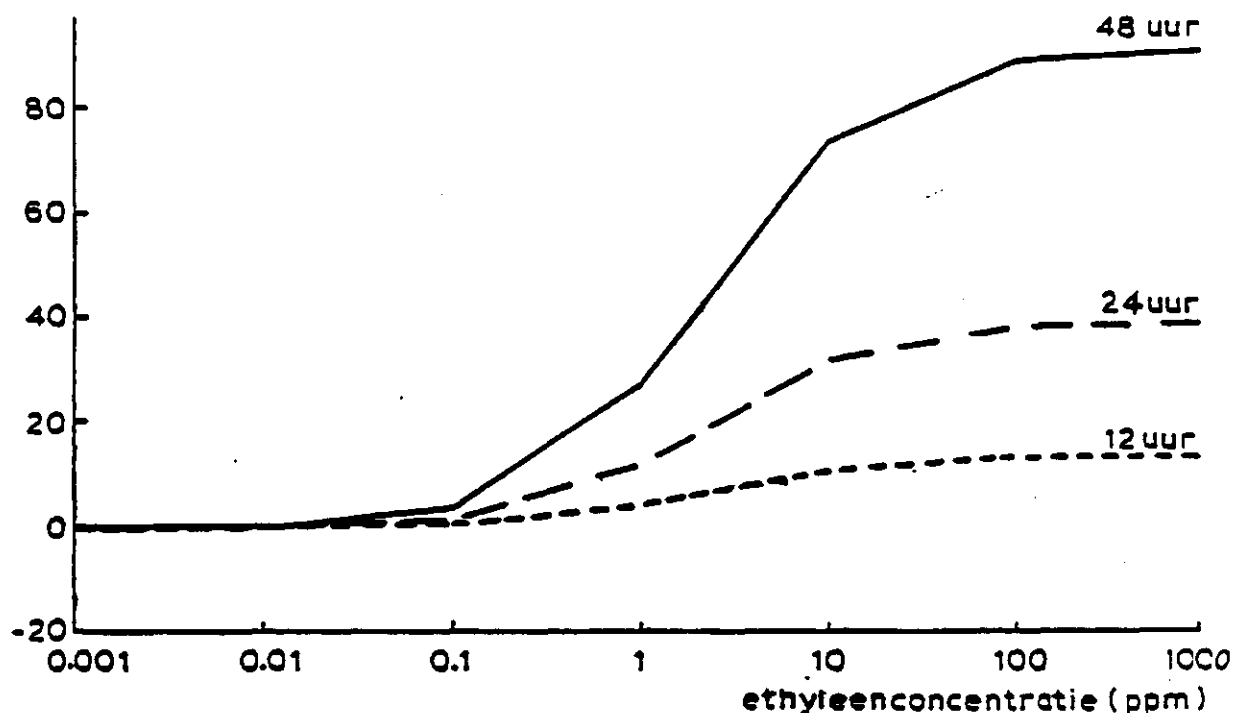
Tabel 11: Ethyleengevoeligheid van tuinbouwprodukten tijdens opslag.

Produkt	Gevoeligheidsfactor	Produkt	Gevoeligheidsfactor
Aardappel	oo	Mais	o
Andijvie	oo	Paprika	o
Asperge	oo	Prei	oo
Artisjok	o	Radijs	o
Aubergine	ooo	Rode kool	ooo
Augurk	ooo	Savoye kool	ooo
Biet	o	Schorseneren	o
Bleekselderij	oo	Sla	ooo
Bloemkool	ooo	Spinazie	ooo
Boerenkool	oo	Spitskool	ooo
Bonen	oo	Spruitkool	ooo
Broccoli	ooo	Taugeh	oo
Champignon	o	Tomaat (rood)	o
Chinese kool	ooo	Tomaat (groen)	ooo
Courgette	ooo	Ui	o
Erwten	oo	Venkel	oo
Knolselderij	oo	Witlof	ooo
Komkommer	ooo	Witte kool	ooo
Koolraap	o	Wortel	o
Koolrabi	o		

Tuinbouwprodukten kunnen qua gevoeligheid in 5 klassen worden onderverdeeld namelijk:

Code	Klasse	Bijbehorende C_2H_4 -concentratie
oooo	extreem gevoelig	0,05 ppm
ooo	hoog gevoelig	0,1 ppm
oo	matig gevoelig	5 ppm
o	laag gevoelig	500 ppm

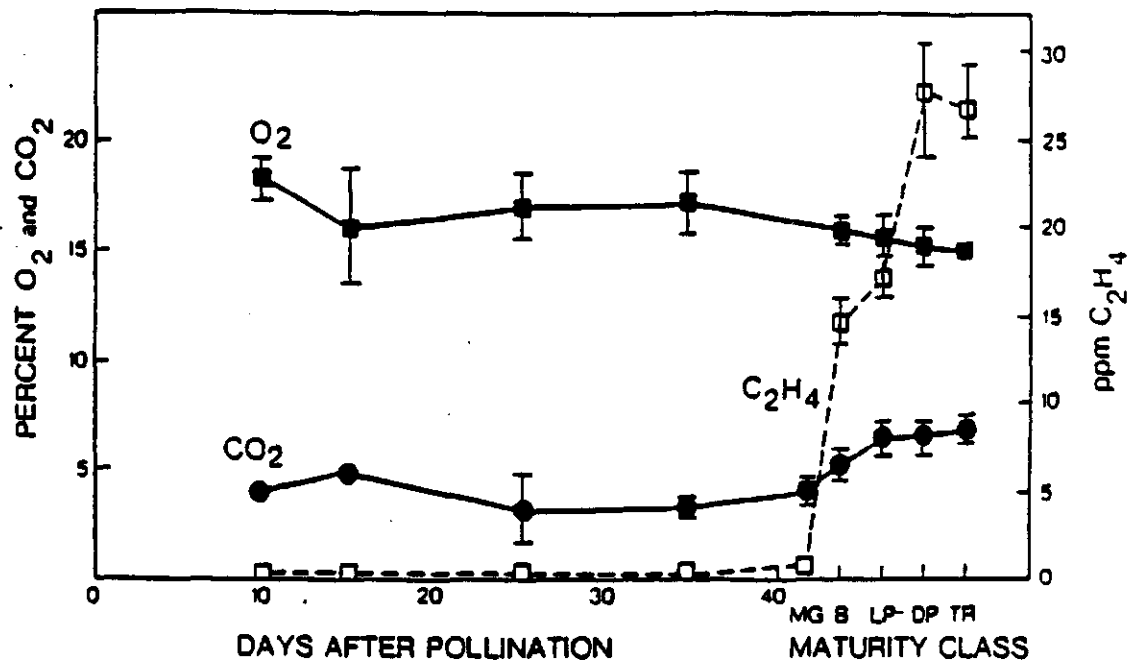
Het effect van ethyleen op de produkten is afhankelijk van de ethyleenconcentratie, de temperatuur, de atmosfeer en de blootstellingsduur. Een combinatie van de vier factoren geeft al of niet ethyleenschade. Ter illustratie: Voor komkommer is de combinatie ethyleenconcentratie-blootstellingsduur onderzocht bij een constante temperatuur (figuur 5). Na de behandeling zijn de komkommers nabewaard bij 20°C en 80% RV om het uitstalleven te bepalen.



Figuur 5: Verkorting van het uitstalleven van komkommer door verschillende ethyleenconcentraties en bewaarduren bij 20°C.

Naarmate de blootstellingsduur langer en de ethyleenconcentratie hoger is, treedt er een groter verlies in uitstalleven op. Wanneer dezelfde proef bij lagere temperaturen (10 en 15°C) wordt uitgevoerd, dan blijkt de invloed van de ethyleenconcentratie kleiner te worden.

De tomaat behoort tot de groep van climacterische vruchten. Deze groep vertoont een duidelijke ademhalingspiek en ethyleenpiek tijdens de rijping (figuur 6). De paprika behoort niet tot de climacterische vruchten.



Figuur 6: Verloop van de O₂-, CO₂- en ethyleenconcentraties in het produkt bij de ontwikkeling van de tomaat

MG - Mature Green (hardgroen)
 B - Breaker (overgang)
 LP - Light Pink (licht oranje)
 DP - Dark Pink (donker oranje)
 TR - Table Ripe (eetbaar)

Wanneer de rijping begint, stijgt de ethyleenconcentratie sterk. Ook de ademhalingsintensiteit neemt toe, wat te zien is aan een dalende O₂-concentratie en een stijgende CO₂-concentratie. Naarmate tomaten in een onrijper stadium geoogst worden, zal het langer duren voordat ze geheel doorgekleurd zijn (tabel 12).

Tabel 12: Invloed van het kleurstadium bij de oogst op de verschillende houdbaarheidscriteria (in dagen)

Kleurstadium*	Doorkleuring	Uitstalleven	Totaalleven
2	8,1	7,1	15,5
5	5,5	7,0	12,5
8	3,5	7,0	10,5

* Kleurstadium volgens CBT-kleurenwaai.

De doorkleuring duurt langer naarmate de vruchten onrijper worden geoogst. Het uitstalleven is nagenoeg gelijk voor alle kleurstadia. De trage doorkleuring heeft natuurlijk wel invloed op het totaalleven.

6.1.2.4 Plantensappen en chemische omzettingen

Bij de oogst van bladgewassen (sla en andijvie) zullen op het snijvlak en op plaatsen waar het blad beschadigd is, plantensappen naar buiten treden. Hierin bevinden zich fenolen, die bij contact

met zuurstof enzymatisch geoxideerd worden. Dit geeft een bruin-verkleuring die voor het snijvlak als versheidsindicator gebruikt kan worden.

Bij courgette en in geringere mate bij komkommer kan zich het probleem van lekkende stelen voordoen. Over de oorzaak van dit verschijnsel is nauwelijks iets bekend. Wanneer het vocht op andere vruchten valt, kan op die plekken schimmelpuis ontstaan. De schimmel dringt zelden de vrucht binnen. Wel kan het vochtige steeltje gaan rotten.

Bij spinazie kan zich tijdens de bewaring een verandering in het nitraat/nitrietgehalte voordoen. Nitrietophoping zal plaatsvinden, als vochtige spinazie na de oogst onvoldoende wordt gekoeld.

6.1.2.5 Behandeling-schade

Tijdens het oogsten, transporteren, sorteren en verpakken of ompakken kunnen beschadigingen optreden. De behandeling-schade zal de houdbaarheid van het produkt aanmerkelijk verkorten. Wanneer ruw met het produkt wordt omgesprongen, ontstaan kneuzingen, die pas na enige tijd daadwerkelijk zichtbaar worden. Open beschadigingen zijn gemakkelijke invalspoorten voor schimmels. Door veelvuldig onderzoek heeft men de laatste jaren steeds meer inzicht verkregen in de effecten van beschadigingen als gevolg van behandeling en de consequenties voor de houdbaarheid van het produkt. Uit tabel 13 blijkt dat de hoogte waar vandaan een tomaat valt grote invloed heeft op de houdbaarheid.

Tabel 13: Invloed van vallen op een harde onderlaag van de tomaten op de houdbaarheid.

Valhoogte (cm)	Dagen houdbaar	Verkorting (%)
0	12,6	0
30	10,3	18
60	7,7	39
90	6,7	47
120	5,3	58
150	4,5	64
180	3,0	76

Via de houdbaarheidscontroles, die op veel veilingen worden uitgevoerd, kan de tuinder direct worden geconfronteerd met de consequenties van zijn handelen op de kwaliteit van zijn produkt.

Het oogsttijdstip en de manier van oogsten hebben invloed op de mate van kwaliteitsachteruitgang.

Oogsten in de vroege ochtenduren heeft verreweg de voorkeur. Ten eerste is de temperatuur dan nog niet te hoog. Koele produkten zijn minder gevoelig voor oogst- en sorteerhandelingen. Ten tweede staan de te oogsten plantendelen of gehele planten dan nog op maximale vochtspanning.

Het oogsten zelf dient met scherp gereedschap te geschieden om zodoende een gladde wond te verkrijgen, die minder vatbaar is voor

uitdroging of rotvorming.

Bij paprika moet de vrucht op het natuurlijke breukvlak gesneden worden. Wanneer paprika's worden geplukt, ontstaat op het natuurlijke breukvlak een rafelige wond. Bovendien is de kans op inscheuren van de steel op de aanhechtingsplaats erg groot. Ook het knippen van paprika's is geen goede methode. Door de knippende beweging worden de cellen in de steel kapotgeknepen, waardoor een voedingsbodem voor schimmels en bacteriën ontstaat. De enige juiste manier van oogsten is snijden.

De behandeling van het produkt tijdens de oogst- en sorteerfase dient met de nodige zorgvuldigheid te gebeuren. Onnodige beschadigingen komen de houdbaarheid niet ten goede. Grote valhoogten moeten voorkomen worden en de sorteermachine moet correct zijn afgesteld en regelmatig worden schoongemaakt. De vruchtbeschadigingen door vervuilde machines zijn op het eerste gezicht haast niet zichtbaar. Onderzoek heeft echter aangetoond dat de houdbaarheid met sprongen achteruit gaat.

6.1.2.6 Parasieten

Alle geoogste produkten uit de groenteteeltsector kunnen door micro-organismen aangetast worden. De aanwezigheid van vrij water is een belangrijke voorwaarde voor micro-organismen om te leven. Zo ontkiemen schimmelsporen niet in een droge omgeving. Is de spore echter op een goede voedingsbodem terecht gekomen en is er vocht aanwezig, dan zal deze gemakkelijk ontkiemen. Gekneusde of gewonde plekken op het produkt zijn ideale invalspoorten van waaruit de rest van het produkt wordt aangetast. Bij komkommer kunnen met name de schimmels *Mycosphaerella* en *Botrytis* het vruchtvlees aantasten via verdroogde bloemetjes en gewasresten in de doos. Van daar dat bij de oogst of het inpakken dit bloemetje verwijderd moet worden.

Botrytis cinerea kan in de naoogstfase bij veel produkten voor overlast zorgen. Wanneer de infectiedruk in de teeltruimte groot is geweest, is de kans aanwezig, dat het produkt in de naoogstfase wordt aangetast.

In de meeste gevallen zorgen schimmels voor aantasting, maar ook bacteriën kunnen de oorzaak zijn. Natrot bij Chinese kool wordt veroorzaakt door een bacterie. Een weelderig gegroeid gewas met een begin van rot bij de oogst leidt vaak tot rot in de naoogstfase.

6.2. Snijbloemen

6.2.1. Kwaliteitskenmerken

6.2.1.1 Inwendige kwaliteit

Met de inwendige kwaliteit wordt bij snijbloemen de houdbaarheid en de stressgevoeligheid, dat is de mate waarin bloemen gevoelig zijn voor de omstandigheden in de afzetketen, bedoeld. De houdbaarheid en stressgevoeligheid staan verder los van de uitwendige kwaliteit. Een bloem kan er aan de buitenkant mooi uitzien, maar het op de vaas nog geen dag uithouden. Het aantal dagen dat de bloem op de vaas "goed" blijft, wat een subjectieve beoordeling is, is tot nu toe de enige gehanteerde maatstaf om het begrip houdbaarheid te beschrijven. Door uitbloeiproeven onder standaardcondities wordt geprobeerd inhoud te geven aan het begrip houd-

baarheid. Pas achteraf kan dus iets over de houdbaarheid van een aangevoerde partij gezegd worden. Om bij de aanvoer al iets over de houdbaarheid te kunnen zeggen probeert men toetsen te ontwikkelen die bij de keur op de veilingen gebruikt kunnen worden. Bij de roos wordt onderzocht of de zetmeelproef hiervoor gebruikt kan worden. Voor een goed uitbloeiresultaat op de vaas moet bij het snijden van de roos voldoende zetmeel in de kroonbladeren aanwezig zijn. Dit is niet altijd het geval. Als de rozen te rauw worden gesneden hebben ze niet de gelegenheid gehad om voldoende zetmeel op te slaan in de kroonbladeren. Het zetmeelgehalte is ook onvoldoende als de rozen voor aanvoer op de veiling te lang of bij een te hoge temperatuur zijn bewaard. Er is dan al veel zetmeel verbruikt, hetgeen ten koste gaat van het vaasleven. Door het zetmeelgehalte in de kroonbladeren te bepalen hoopt men iets te kunnen zeggen over de houdbaarheid. Voorlopig is deze toets alleen bruikbaar om te bepalen of een roos al dan niet bewaard is geweest. De methode is eenvoudig en snel en vergt slechts één kroonblad.

Bij lelies wordt geprobeerd de houdbaarheid te bepalen via de invertase-activiteit. Invertase is het enzym dat saccharose splitst in glucose en fructose. De activiteit van dit enzym wordt in verband gebracht met de sink-werking van het orgaan waarin het voorkomt. Kwaliteitsverlagende omstandigheden (weinig licht, ethyleen) geven een daling van de invertase-activiteit te zien. Omgekeerd zou een hoge invertase-activiteit wellicht een maat voor goede kwaliteit kunnen zijn. Ook hier zal nog veel onderzoek nodig zijn voordat de toets in de praktijk te gebruiken is.

Tijdens de teelt wordt de basis voor de inwendige kwaliteit gelegd. Opjagen van het gewas, of dat nu door temperatuur of door bemesting gebeurt, heeft een zwak produkt tot gevolg. De lichtomstandigheden zijn bepalend voor de hoeveelheid assimilaten die de plant aanmaakt. Deze assimilaten heeft de bloem nodig om op de vaas goed open te komen. Een te kort aan assimilaten heeft een onvolledige bloei tot gevolg. Ook de lengte van het handelskanaal en de omstandigheden tijdens de afzet spelen een belangrijke rol. Deze factoren zijn bepalend voor de snelheid waarmee de reservevoorraad wordt verbruikt.

Een mogelijkheid om de inwendige kwaliteit te beïnvloeden is het voorbehandelen. Geoogste bloemen worden behandeld met als doel de houdbaarheid en de sierwaarde op een zo hoog mogelijk peil te brengen. Hiertoe worden de bloemen na de oogst op water of op water met een voorbehandelingsmiddel geplaatst.

Voorbehandelen heeft een aantal doelen:

- De bloemen volledig op vochtspanning brengen door ze voor te wateren.
- Zorgen voor een optimale wateropname door bacteriegroei tegen te gaan of door de wateropname te bevorderen.
- Voeden van de bloemen met saccharose, vergroten van de voedselvoorraad.
- Vertragen van de bladvergelting door het laten opnemen van regulatoren.
- Beschermen van de bloemen tegen ethyleen met behulp van zilverthiosulfaat.

6.2.1.2 Uitwendige kwaliteit

De eigenschappen van de bloem die de uitwendige kwaliteit bepalen zijn de criteria waarop de bloemen beoordeeld worden door de kweker, de keurmeester, de handelaar, de bloemist en tenslotte de consument. Wanneer een kweker zijn bloemen aan de veiling levert, worden ze op grond van een uiterlijke beoordeling in bepaalde kwaliteitsklassen ingedeeld. Dit gebeurt op basis van kwaliteitsvoorschriften, sorteringsvoorschriften en verpakkingsvoorschriften. De laatste twee zijn betrekkelijk eenduidig vanwege hun kwantitatieve karakter. De kwaliteitsvoorschriften zijn echter moeilijker hanterbaar vanwege de subjectieve aspecten in het begrip kwaliteit. Vooral om duidelijkheid te verschaffen aan de handel over de kwaliteit van de aangevoerde partijen, zijn de veilingen er steeds meer toe overgegaan om objectieve sorteringscriteria op te stellen. In tabel 14 staan per gewas de kenmerken waarop de verschillende veilingen de produkten indelen.

Tabel 14: Sorteringsaanwijzingen bij snijbloemen op verschillende veilingen.

Gewicht	Kenmerk
Aster cricoides	gemiddeld takgewicht
Chrysant	gemiddeld takgewicht
Freesia	gemiddeld takgewicht
Gerbera	steellengte en bloemdiameter
Gypsophylla	bundelgewicht (niet verplicht)
Lelie	aantal knoppen
Roos	steellengte
Trosanjer	aantal knoppen
Tulp	gemiddeld takgewicht met een minimaal
bundelgewicht	

De belangrijkste uitwendige kwaliteitskenmerken zijn:

* aantal bloemen	* bladvorm	* uniformiteit
* bloemgrootte	* bloenvorm	* bladkleur
* steelstevigheid	* bloemkleur	
* steellengte	* mate van gezondheid	

Het is praktisch moeilijk uitvoerbaar om al deze kwaliteitsbepalende factoren bij aanvoer aan te geven. Wel kunnen die factoren aangegeven worden die meetbaar zijn en het meest bepalend zijn voor de kwaliteit. Vandaar dat de veilingen in veel gevallen gekozen hebben voor het gewicht als sorteringsaanwijzing. Dit kenmerk is snel en objectief meetbaar en controleerbaar. Echter het gewicht is geen direct kwaliteitskenmerk, maar een afgeleid kenmerk. Men gaat er hierbij vanuit dat het gewicht een relatie heeft met het aantal bloemen, de lengte, de stevigheid enzovoort (de sierwaarde). Van belang is dat het gewicht verder niets zegt over de inwendige kwaliteit. Bij de roos zegt de steellengte niet alleen wat over de lengte van de steel, maar ook over de grootte van de bloemknop en de dikte van de steel. Ook hier is geen directe relatie met de houdbaarheid aanwezig.

Afwijkingen en ziekten bepalen mede de kwaliteit van de snijbloemen. Bij aanvoer op de veiling moeten de bloemen vrij zijn van ziekten. Bij de keur worden ze visueel hierop beoordeeld. Vanwege de export is het vrij zijn van ziekten een belangrijk punt. Een aantasting kan maatregelen oproepen van landen waar de produkten heen gaan. Vandaar dat er voor een aantal gewassen een multolerantie bestaat. Dit houdt in dat er geen enkele ziekte of plaag op de bloemen getolereerd worden. Een beoordeling op het oog kan wat betreft de ziekten onvoldoende zijn. In het geval van Botrytis kan bij de oogst nog niets te zien zijn, maar na een paar dagen ziet de handelaar, de bloemist of de consument de gevolgen van een aantasting.

Een ander negatief kwaliteitskenmerk zijn de afwijkingen die aan de bloemen kunnen voorkomen. Voorbeelden hiervan zijn platknoppen bij rozen en duimen bij freesia's. Deze afwijkingen kunnen het gevolg zijn van groeistoornissen tijdens de teelt of door lichtgebrek.

6.2.2. Oorzaken van kwaliteitsachteruitgang

6.2.2.1 Waterhuishouding

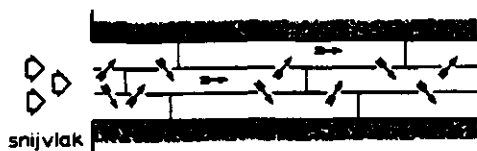
Bij de oogst wordt de watertoevoer afgesneden, terwijl de verdamping doorgaat. De bloemen gaan slap, wanneer ze niet op water gezet worden. Bij een aantal gewassen worden de bloemen direct na de oogst op water gezet, het voorwateren. Bij roos en gerbera wordt het voorwateren standaard toegepast met het doel de bloemen zich helemaal vol te laten zuigen, zodat ze volledig op spanning staan. Een aantal bloemen wordt droog vervoerd. Ook al zijn de condities ideaal, een bloem droogt altijd iets in. Bloemen kunnen een zekere mate van uitdroging verdragen, maar als de schadegrens eenmaal bereikt is, dan is er geen weg terug. Door uit te gaan van volledig volgezogen bloemen wordt de kans dat er tijdens de afzetfase schade ontstaat een stuk kleiner gemaakt. Daarnaast geldt dat hoe sneller het produkt gekoeld is des te geringer het vochtverlies van het produkt zal zijn.

Ook de omstandigheden in de rest van de keten en de verpakkingswijze hebben invloed op het vochtverlies. Met uitzondering van de freesia zullen snijbloemen een korte periode van droog vervoer goed kunnen doorstaan. Plaatst men daarna het produkt op water dan kunnen de takken weer snel water opnemen, mits de vaten niet verstopt zijn. Vaatverstopping veroorzaakt bij verschillende snijbloemen een verkorting van het vaasleven.

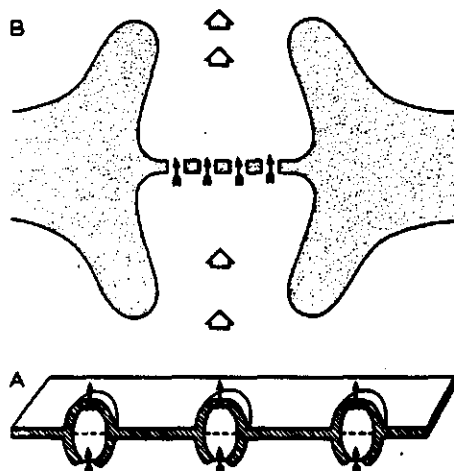
Er zijn mogelijke oorzaken van vaatverstopping:

- lucht in de vaten (luchtembolie);
- verstopping van de vaten door de plant zelf (fysiologische vaatverstopping);
- verstopping door bacteriën.

Om te begrijpen hoe vaatverstopping optreedt, zal eerst de structuur van de vaten bekeken moeten worden. De houtvaten bij de roos zijn niet open vanaf het snijvlak tot aan het blad of de bloem. Er zijn schotten aanwezig waar geen water doorheen kan. Het water kan wel via de zijwand naar het naastgelegen vat stromen (figuren 7 en 8).



Figuur 7: Overlangse doorsnede van een vaatbundel van een roos waarbij slechts drie houtvaten zijn gescheurd. De pijlen geven de waterstroom weer (uit: Van Doorn, 1985).



Figuur 8: Schema van de wand van een houtvat, sterk vergroot bij B (uit: Van Doorn, 1985).

Op de plaatsen waar water kan doorstromen is de wand erg dun en bevinden zich heel kleine openingen in de wand (figuur 8). Bij droogliggen van de bloem gaat de verdamping door, maar is er geen aanvoer van water. Het water wordt uit de vaten gezogen en lucht komt er voor in de plaats. Wanneer de bloem later op de vaas wordt gezet zal het water moeilijk kunnen passeren door de lucht die in de aangesneden vaten zit. Uit onderzoek blijkt dat de mate van verstopping varieert per gewas en per cultivar. Bij de roos, cultivar 'Sonia' blijkt na 36 uur droogliggen de wateropname sterk geremd te zijn, doordat waarschijnlijk de wanden van de vaatbundels uitgedroogd zijn. Bij de chrysant is gebleken dat bloemen die onder water zijn afgesneden een betere wateropname vertonen dan bloemen waarvan de vaten zich wel met lucht konden vullen. Verstopping door de plant zelf speelt waarschijnlijk geen belangrijke rol. Deze verstopping treedt op, doordat de plant op het snijvlak een afdichtende laag vormt of doordat gomachtige propfen in de vaatbundels ontstaan.

Bacteriën zijn de meest voorkomende oorzaak van vaatverstopping. Op het snijvlak kan zich een bacterielaag vormen. Bacteriën kunnen zich ook in de vaatbundels bevinden en een verstopping veroorzaken. Ook kunnen bacteriën slijmstoffen in het water brengen die groot genoeg zijn om de waterstroom te blokkeren. "Bent neck" bij rozen wordt veelal veroorzaakt door een te hoog bacteriegehalte gecombineerd met de aanwezigheid van te veel verdampend groen blad. Als gevolg van een verstoorde waterhuishouding knikt de nek van de rozen om. Bloemen zijn als ze aan de plant zitten aan de buitenzijde van de

steel besmet met bacteriën. Ook in het leidingwater zit al een hoeveelheid bacteriën. Ze hebben een zeer hoge groeisnelheid en worden bij het voorwateren met het water opgenomen door de bloemsteel. Het is dus van belang dat bij het voorwateren schoon water gebruikt wordt, maar ook de oogstwagens, plukkemmers en voorwaterbakken moeten schoon zijn. Om de bacteriegroei te remmen of de bacteriën te doden worden chemicaliën aan het water toegevoegd. De meeste in de praktijk toegepaste middelen zijn aluminiumsulfaat en chloorverbindingen maar ook andere bactericiden als HQC (Hydroxychinoline citraat), HQS (Hydroxychinolinesulfaat) en quaternaire ammoniumverbindingen worden toegepast. Een andere wijze van waterreiniging is het gebruik van ultraviolet licht.

Welke chemicaliën worden toegepast is afhankelijk van het gewas en het ras. Vooral roos en gerbera hebben snel last van hoge bacteriegehalten. Daarom worden op de veilingen regelmatig monsters genomen van de bloemstelen om het aantal bacteriën erin te bepalen. De exacte grens van een acceptabel aantal levende bacteriën is moeilijk te geven. Het kiemgetal zegt iets over het totaal aantal levende bacteriën, maar het zegt niets over de soort en vermenigvuldigheidssnelheid van die bacteriën. Het kiemgetal kan namelijk opgebouwd zijn uit zeer verschillende soorten bacteriën. Deze hoeven niet allemaal even schadelijk te zijn. Daarnaast zijn ook dode bacteriën schadelijk, omdat ze de houtvaten verstoppert. Op de veilingen is als grens voor het kiemgetal in de bloemstelen voor roos en gerbera op 10^6 per gram gesteld.

Aan het onderzoek naar de verbetering van de wateropname wordt de laatste tijd veel aandacht besteed. Het blijkt dat toevoegen van een uitvloeier (Agral LN) bij chrysant, bouvardia en astilbe, die droog hebben gelegen, in enkele gevallen de wateropname bevordert. Het maakt dan niet uit of de voorbehandeling met uitvloeier voor of na het droogliggen plaatsvindt.

6.2.2.2 Temperatuur en luchtvochtigheid

Geogste bloemen bevinden zich veelal in het knopstadium en moeten later op de vaas open komen. Het open komen van de knoppen wordt beïnvloed door de temperatuur. Hoge temperaturen, zeker in combinatie met voldoende beschikbaar water, kunnen de bloemknoppen snel open laten komen. Koeling is een belangrijk hulpmiddel om de houdbaarheid van snijbloemen te verbeteren. Naast het remmen van de natuurlijke veroudering en het tegengaan van de suikerconsumptie heeft koeling een remmende invloed op de bacteriegroei in de bloemstengels. Wanneer bloemen in dozen worden verpakt is een koelcel met langsstroomkoeling niet voldoende. Via geleiding moet dan de warmte uit de verpakking overgebracht worden naar de koude lucht. Het produkt komt zelf bijna niet in aanraking met de koude lucht, de afkoeling van het produkt gaat maar heel langzaam. Een betere en snellere methode is de doorstroomkoeling. Hierbij wordt koude lucht door een doos met bloemen heen getrokken. Op deze wijze is het mogelijk de temperatuur van de bloemen in 20 tot 30 minuten met 10 tot 15 graden te verlagen. Iets wat bij langsstroomkoeling met dezelfde verpakking zeker 48 uur in beslag neemt.

Voor een aantal bloemen zijn in tabel 15 de optimale bewaartemperaturen gegeven. De ideale situatie zou ontstaan als de bloemen door de hele keten heen, van producent tot consument, op de voor het produkt optimale temperatuur wordt gehouden. Een dergelijke

gesloten koelketen lijkt nog ver weg. Wanneer bloemen na gekoeld te zijn in een warmere ruimte komen, kunnen ze door condensvorming natslaan. Hierdoor kunnen schimmelsporen, met name Botrytis, die zich op de bloemen bevinden, ontkiemen en uitgroeien. Het vochtverlies van het produkt kan verkleind worden door de RV hoog te houden. Een methode om dit te bewerkstelligen is het gebruik van natte koeling. Ook de manier van verpakken heeft invloed op de verdamping. Ingehoesde bloemen geven minder vochtverlies dan bloemen die niet ingehoesd zijn, maar zijn meer kwetsbaar voor infectie.

Tabel 15: Bewaartemperaturen voor conventionele koeling.

Produkt	Temperatuur
Alstroemeria	5 - 8 °C
Jaarrondchrysant	5 - 10 °C
Freesia	2 - 5 °C
Iris	2 - 5 °C
Lelie	2 - 5 °C
Roos	2 - 5 °C
Trosanjer	5 - 8 °C
Tulp	2 - 5 °C

6.2.2.3 Ethyleen

Snijbloemen produceren in het algemeen zelf weinig ethyleen (0,1-1 microliter per kg per uur bij 20 °C). Bij de veroudering of na de bevruchting van de bloem kan de produktie echter zeer hoog oplopen (1000 maal hoger dan normaal). Maar ook andere factoren zoals vochtverlies, schudden, lichtgebrek, verwondingen en microbiële aantastingen beïnvloeden de ethyleenproduktie.

Bij langdurige bewaring of gecombineerde bewaring van bloemen met fruit en/of groenten kan de ethyleenconcentratie voor bloemen te hoog oplopen. Dit kan tot aanzienlijke schade leiden. De ethyleengevoeligheid van bloemen is van veel factoren afhankelijk. Voor een groot deel wordt deze genetisch bepaald. Een anjer is bijvoorbeeld zeer gevoelig voor ethyleen; bij 0,05 ppm kan al schade optreden, terwijl een chrysant veel minder gevoelig is voor ethyleen. Uit proeven komt steeds naar voren dat ethyleengevoelige produkten vaak ook gevoelig zijn voor stress-situaties als uitdroging, koude, beschadiging en dergelijke. Stress veroorzaakt dezelfde schadebeelden als hoge ethyleenconcentraties.

In tabel 16 is de ethyleengevoeligheid voor een aantal gewassen weergegeven. Naast de erfelijke factoren zijn er nog een aantal andere factoren, die invloed hebben op de mate waarin bloemen op ethyleen reageren. Dit zijn de ethyleenconcentratie, de blootstelingsduur, de temperatuur en de CO₂-concentratie.

Tabel 16: Ethyleengevoeligheid en schadeverschijnselen van "jaarrond" snijbloemen en trekheesters in alfabetische volgorde (Woltering en Harkema; 1980a; 1980b; 1981a).

- - Geen schade. Er was geen aantoonbaar verschil in uitbloei tussen de met ethyleen begaste bloemen en de controlepartij (0 ppm).
- o - Weinig schade. Er is weinig verschil geconstateerd tussen ethyleenbehandeling en controle. Dit verschil bestaat uit circa 10% vaaslevenverkorting of bloemen met iets afwijkende vorm, niet belangrijk storend voor de sierwaarde.
- oo - Duidelijke schade. Er is duidelijk verschil tussen ethyleenbehandeling en controlepartij. Dit verschil bestaat uit een vaaslevenverkorting van 20-50% en/of duidelijk opvallende storende afwijkingen aan de bloemen.
- ooo/oooo - Aanzienlijke schade. De met ooo aangeduide soorten vertonen grote afwijkingen in de uitbloei en/of vaaslevenverkorting van meer dan 50%. De soorten aangeduid met oooo zijn meestal bij uitslag al onaanvaardbaar of ontwikkelen zich in het geheel niet (vaaslevenverkorting van 100%).

Soort	Cultivar	Ethyleen- gevoeligheid	Schadeverschijnselen
Alstroemeria	Carmen	oo	Snelle verwelking en bij "Orchid" verkleuring van de kroonbladeren.
	Maria	oo	
	Orchid	ooo	
	Rosario	-	
Anjer (groot-bloemig)	Scania	oooo	Krimp (acute verwelking en inrollen bloemblad).
	White Sim	oooo	
	William Sim	oooo	
	Le Reve	oooo	
	Orange Triumph	oooo	
Anjer (tros)	Silvery Pink	oooo	Open bloemen krimpen, knoppen ontplooiën zich niet.
	Red Baron	oooo	
	Sunshine		
Anthurium andreanum	Avo Anneke	o	Verwelking.
	Avo Claudia	-	
	Avo Tineke		
Asparagus plumosus	-	o	Bladrui.
Cattleya	-	oooo	Verwelking.
Chrysant	Horim	-	Verhoogde schimmelaantasting aan bloemsteeltjes.
	Spider	o	
	Westland	-	

vervolg tabel 16

Soort	Cultivar	Ethyleen-gevoeligheid	Schadeverschijnselen
Cymbidium (grootbloemig)	diverse	oooo	Lipverkleuring.
Cymbidium (mini)	diverse	oooo	Lipverkleuring en snellere verwelking.
Dendrobium phalaenopsis	Lady Hamilton	oooo	Bloemverwelking en epinastie van de bloemsteeltjes.
Euphorbia fulgens	Albatros Oranje (creme)?	oooo oooo oooo	Bladvergeling en bladval; ook iets bloemval en -verdroging.
Forsythia (x) intermedia	Spectabilis	o	Snellere bloemontwikkeling.
Fresia	Aurora Ballerina Royal Blue	oo oo oo	Kortere levensduur van de open bloemen, misvormde bloemen en verdroging van de knoppen.
Gerbera jamesonii	Agnes Beatrix Veronica	o o o	Verwelking buitenste meeldraad- kransen, bij Agnes inrollen bloemblad.
Gloriosa roth- schildiana	-	o	Verwelking.
Iris	Ideaal Prof. Blaauw Symphony Witte van Vliet	ooo ooo oo ooo	Snellere verwelking en gestag- neerde bloemontploffing (knijpers).
Lelie	Arai Connect.King Enchantment Lady Killer	oo ooo oooo oooo	Snellere verwelking, knopver- verdroging en bloemmisvorming.
Narcis	Carlton Dutch Master Golden Harvest	ooo ooo ooo	Geforceerde bloemontploffing, snellere verwelking, kleinere bloemdiameter, bloemsteel buigt niet.
Nerine bowdenii	-	o	Blauwverkleuring; bloemmis- vorming.
Nerine sarniensis	Corusca Major	-	

vervolg tabel 16

Soort	Cultivar	Ethyleen-gevoeligheid	Schadeverschijnselen
Nerine manceili	-	-	
Paphiopedilum	-	oooo	Verwelking.
Phalaenopsis	-	oooo	Verwelking.
Prunus triloba	Multiplex	ooo	Knopverdroging.
Roos	Belinda	ooo	Snellere verwelking en geforceerde ontplooiing bij Belinda, Ilona en Sonia; blauwverkleuring bij Motrea.
	Diana	-	
	Ilona	oo	
	Motrea	o	
	Sonia	ooo	
Syringa vulgaris	Mad.Florent		Snellere verwelking van de bloemen, gestagneerde ontplooiing knoppen.
	Stepman	o	
	Lavalliensis	oo	
Tulp	Apeldoorn	ooo	Gestagneerde bloemontplooiing bij Apeldoorn; blauwverkleuring bij Lustige Witwe en Gander.
	Gander	o	
	Lustige Witwe	o	
Viburnum opulus	Sterile	-	

De schade veroorzaakt door ethyleen is zeer uiteenlopend. Bij anjers, Gypsophila en duizendschoon "krimpen" de bloemen. Bij Alstroemeria, Iris, narcis, roos en een aantal soorten orchideeën verwelken de bloemen zeer snel. Bloem- en knopval treedt bij lelies en veel zomerbloemen op als gevolg van ethyleen. Ook kan verkleuring van de bloem optreden. Bij de meeste cymbidiumcultivars en bij Alstroemeria "Orchid" treedt roodverkleuring op ten gevolge van ethyleen.

Om ethyleenschade te voorkomen, moet in eerste instantie voorkomen worden, dat in de lucht rondom de bloemen een hoge ethyleenconcentratie ontstaat. Dit kan onder andere door ethyleenproducerende produkten en ethyleengevoelige produkten gescheiden te bewaren en te transporteren, de lucht voldoende te ventileren met buitenlucht of de ethyleen te verwijderen met chemicaliën (kaliumpermanganaat). De ethyleenconcentratie in de bloem of plant kan echter ook door eigen ethyleenproduktie te hoog oplopen. Ventileren of scrubben heeft dan weinig effect.

Door toediening van zilver aan de bloem wordt de gevoeligheid van de bloem voor ethyleen verminderd. Het positief geladen zilverion wordt echter zeer moeilijk via de stengel vervoerd. In de vorm van het negatief geladen zilverthiosulfaat-complex (STS) wordt het wel gemakkelijk opgenomen en naar de bloem getransporteerd. Door een

voorbehandeling toe te passen met STS wordt dus de gevoeligheid voor zowel het ethyleen dat van buitenaf de bloem binnendringt, als voor het ethyleen dat de bloem zelf produceert, verminderd. De produktie van ethyleen gaat echter omhoog. Door toevoeging van groeiregulators of suikers kan de gevoeligheid voor ethyleen ook verminderd worden. De werking is echter minder sterk dan de werking van STS.

Op de veilingen worden regelmatig stengel-, knop- en/of bloemonsters genomen om te controleren of de bloemen ook daadwerkelijk met STS voorbehandeld zijn. Het betreft hier een kwalitatieve methode. Een kwantitatieve methode wordt niet toegepast. Een nadeel van STS is de belasting voor het milieu. De restoplossingen op het bedrijf moeten dan ook zorgvuldig afgevoerd worden via de veilingen. Daar het zilver schaars en niet milieu-vriendelijk is, wordt gezocht naar alternatieven. Voor anjers is er nu een mengsel van een drietal componenten, waaronder amino-oxyazijnzuur (AOA). Dit mengsel kan de werking van STS, afhankelijk van de bloemsoort en de ethyleenconcentratie, benaderen of zelfs overtreffen. Het AOA is een organische stof die de ethyleenproduktie van bloemen remt. Het beschermt de bloem dus niet tegen de gevolgen van ethyleen. De autokatalytische ethyleenproduktie wordt echter wel onderdrukt door het AOA. Dit mengsel is niet schadelijk voor het milieu en de bloemen kunnen met dit nieuwe voorbehandelingsmiddel op de veilingen aangevoerd worden. Het probleem met dit middel is dat het schade aan de bloemen kan veroorzaken en relatief duur is. Bovendien is de werking niet bij alle gewassen, die nu met STS worden voorbehandeld, voldoende. Voorlopig kan dit middel alleen bij trosanjers worden toegepast.

6.2.2.4 Snijrijpheidsstadium en het voeden van de bloem

Voor de hoeveelheid koolhydraten in de bloem is het snijrijpheidsstadium van groot belang. Meestal is het zo, dat hoe rauwer gesneden wordt, des te lager het koolhydraatgehalte in de vorm van zetmeel is. Bij rozen is gebleken dat dit per cultivar sterk kan verschillen. Bij enkele cultivars daalt het zetmeelgehalte alweer voordat het juiste snijstadium is bereikt.

Omdat het suikergehalte van bloemen op de vaas slechts afneemt, lijkt het belangrijk met een zo hoog mogelijk koolhydraatgehalte te starten en dus voldoende rijp te oogsten. Lage suikergehalten in de bloemknop kunnen niet alleen zorgen voor een onvolledige uitbloei, maar ook voor een kwalitatief slechte uitbloei, bijvoorbeeld in de vorm van voortijdige verkleuring. Bij Freesia en Lelie kan voedselgebrek de reden zijn van een korte houdbaarheid. Het opengaan van de bloemen gebeurt meestal door de groei van de bloembladeren. Bij veel soorten is deze groei aan de bovenkant sterker dan aan de onderkant. Daardoor bewegen de bloembladeren zich uit elkaar. Deze groei is een gevolg van het strekken en niet van het delen van de cellen. Voor de celstrekking zijn grote hoeveelheden water nodig, en dat kan alleen gerealiseerd worden als de cellen een voldoende hoge osmotische potentiaal hebben. Hierdoor wordt water naar de bloem gezogen en kan de bloem zich ontplooien en onder spanning blijven. Belangrijk voor de osmotische potentiaal zijn de koolhydraten. Een bloem aan de plant krijgt deze koolhydraten aangevoerd vanuit andere plantendelen, maar bij een geogoste bloem is deze aanvoer kleiner (chrysant) of afwezig

(roos).

Om te voorkomen dat tijdens de afzet de hoeveelheid koolhydraten op een te laag niveau komt, kunnen van sommige gewassen de bloemen, nadat ze zijn geoogst, in een suikeroplossing worden gezet. Ze kunnen dan een suikervoorraad aanleggen.

Bij een voorbehandeling met suikers spreekt men van een voorraadvoeding. In de praktijk wordt deze weinig toegepast. Alleen bij *Gypsophila* wordt een voorbehandeling met suikers algemeen toegepast en is het ook verplicht gesteld door de veilingen.

Bij een voorbehandeling met suikers is het belangrijk, dat uitgaan wordt van schoon water en schone emmers. Daarnaast moet ook een bactericide aan het water toegevoegd worden. Suiker is namelijk niet alleen een goede voeding voor snijbloemen maar het is ook een zeer goede voedingsbodem voor bacteriën. Voor voldoende opname is een behandelingsduur van minimaal 20 uur noodzakelijk. De bloemen mogen op een oplossing van suiker met een bactericide op de veiling aangevoerd worden. De lange voorbehandelingsduur hoeft dus geen probleem op te leveren. Om te controleren of de bloemen ook voorbehandeld zijn met een suikeroplossing wordt van het water waarop de bloemen aangevoerd worden regelmatig een monster genomen. Met behulp van een refractometer kan dan de suikerconcentratie bepaald worden. Bij *Gypsophila* moet deze concentratie 3% zijn.

In de praktijk wordt bij de oogst helaas niet altijd uitgaan van het meest optimale rijpheidsstadium met de meeste kans op een goede uitbloei. Een handelaar heeft liever een wat onrijper produkt, omdat rijpere bloemen makkelijker beschadigen in de afzetketen en er minder lang mee gehandeld kan worden. Er dient dus een compromis gevonden te worden, omdat de eisen gesteld door de handel dikwijls in strijd zijn met de eisen nodig voor een goede houdbaarheid.

6.2.2.5 Bladvergeling

Niet alleen door het verwelken van de bloem of het niet goed open komen van de knoppen wordt de sierwaarde verminderd, maar ook door het vroegtijdig vergelen van het groene blad. Voordat de bloem verwelkt is, kan namelijk al bladvergeling optreden. Dit is onder meer het geval bij *Alstroemeria*, *Lelie* en *Euphorbia fulgens*. Bij deze gewassen is waarschijnlijk de toevoer van regulatoren vanuit de wortels erg belangrijk voor de bladeren. Na het afsnijden van de bloem stopt deze toevoer en kan bladvergeling optreden. Door deze bloemen met bepaalde groeiregulatoren (bijvoorbeeld gibberellinezuur) voor te behandelen, kan de vroegtijdige bladvergeling vertraagd worden. In de praktijk wordt dit op kleine schaal toegepast bij de gewassen *Alstroemeria*, *Lelie* en *Euphorbia fulgens*. Groeistoffen mogen met het water waar de bloemen in staan naar de veiling worden gebracht. De controle op groeistoffen is moeilijk. De groeistoffen zelf zijn namelijk nog moeilijk aan te tonen. Daarom wordt vaak een "tracer" toegevoegd die wel eenvoudig is aan te tonen. Zo kan dus toch een indicatie verkregen worden over de voorbehandeling. Een "tracer" kan echter nooit de aanwezigheid van de werkzame stof in de bloem garanderen.

6.2.2.6 Parasieten

Micro-organismen kunnen om verschillende redenen de kwaliteit negatief beïnvloeden. Schimmels en bacteriën zijn de grootste boosdoeners.

Schimmels bedreigen de kwaliteit door hun zichtbare aanwezigheid op het produkt. Een aantasting kan leiden tot verkleuringen, ethyleenvorming en vroegtijdig afvallen van de kroonbladeren. Het kan zijn dat de aantasting al zichtbaar is tijdens de teelt. Het is echter ook mogelijk dat men pas na opslag of vervoer schimmelvlekken ontdekt op het blad of in de bloem. Het betreft meestal infectie door de schimmel *Botrytis*. De waargenomen plekken worden dan "pokken", "smet" of ook wel "peper" genoemd.

Voor de kieming van de schimmelsporen is de aanwezigheid van vrij water noodzakelijk. Dit vrije water zal vooral ontstaan bij hoge luchtvochtigheid en wisselende temperaturen, waardoor condensatie kan optreden. Lage temperaturen vertragen slechts de groei van *Botrytis* maar zorgen niet voor stilstand van de groei.

De beste manier om schimmelinfecties tegen te gaan is een goede hygiëne op alle plaatsen in de keten van teeltruimte tot detailist. Een effectieve bestrijdingsmethode lijkt mogelijk door de bloemen te dompelen in een fungicide. Ook het ontsmetten met behulp van luchtionisatoren lijkt perspectief te bieden. Beide methoden zijn nog in onderzoek.

Bacteriën benadelen de kwaliteit van snijbloemen door ophoping in de stengels (zie 6.2.2.1). Door hygiënisch te werken, het water regelmatig te verversen en door het gebruik van bactericiden kan de bacteriegroei onderdrukt worden.

6.2.2.7 Behandelingschade

Tijdens het oogsten, bossen, transporteren en verpakken kunnen beschadigingen aan de bloemen optreden. De behandelingschade zal de houdbaarheid en de sierwaarde van het produkt verminderen. Bij *Gerbera* kunnen problemen ontstaan wanneer bij het oogsten de armen te vol geladen worden. Het is gewenst de bloemen met kleinere hoeveelheden tegelijk in de oogstwagen te zetten, zodat de onderste bloemen op de arm niet te veel in elkaar gedrukt worden.

In het algemeen geldt dat hoe minder handelingen met de bloemen gedaan hoeven te worden, des te minder schade ze zullen ondervinden. Bij een aantal gewassen zal dan ook het direct bossen bij de oogst de voorkeur genieten boven het bossen in de schuur, mits men bekwaam personeel heeft.

6.3. Potplanten

6.3.1. Kwaliteitskenmerken

De kwaliteit van de potplant wordt voor het grootste deel tijdens de teelt bepaald. Op het moment van oogsten zijn er vele kenmerken aan een potplant, die samen de kwaliteit bepalen. Sommige kenmerken zijn zichtbaar, andere zijn niet direct aan de plant af te zien. De ene factor zal meer spelen voor de handelaar, de andere meer voor de consument.

6.3.1.1 Uitwendige kwaliteit

De uitwendige kwaliteit wordt op de veiling en door de handel voornamelijk bepaald op basis van de rijpheid en de gezondheid. Andere, meer subjectieve kenmerken waarop gelet wordt, zijn:

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| - kleur van het blad; | - geur; |
| - kleur van de bloem; | - hoogte-breedte verhouding; |
| - bloemrijkheid; | - compactheid; |
| - bloemverdeling; | - glans; |
| - stevigheid. | |

Het rijpheidsstadium bij de oogst is voor een belangrijk deel bepalend voor de verdere ontwikkeling van de plant. Voor de handelaar is het rijpheidsstadium bij bloeiende planten een belangrijk criterium. Over het algemeen heeft de handel het liefst een wat rauwe plant, omdat deze beter te hanteren is en minder snel beschadigd wordt. Voor een goede uitbloei en uitgroei bij de consument moet met name de bloeiende plant voldoende rijp zijn. Tevens hebben te rauwe bloeiende planten eerder last van knopval, bloemval en verdroging.

De gezondheid van de plant is waarschijnlijk het belangrijkste kwaliteitskenmerk. De plant behoort vrij te zijn van dierlijke en plantaardige belagers. Beschadigingen aan het gewas kunnen enerzijds de sierwaarde van het gewas verminderen. Anderzijds kunnen ze ook schadelijk zijn voor de gezondheid en dus de houdbaarheid van de plant.

Zichtbaar residu op de planten moet te allen tijde voorkomen worden. Het doet sterk afbreuk aan de kwaliteit van de plant. Bij niet-bloeiende potplanten is met bladglans het residu te camoufleren. Hierdoor kan echter wel schade aan het gewas ontstaan. Een goede afwerking van de plant kan het algemene kwaliteitsbeeld een stuk verbeteren. Hierbij kan gedacht worden aan het schoonmaken van de potten, het op juiste wijze vullen van de potten (niet te vol, niet te leeg), het opschonen van de plant door oud en geel blad weg te nemen, eventueel overvloedige luchtwortels wegnemen. Een goede, nette verpakking kan de kwaliteit van de plant optimaal tonen en kan zodoende bijdragen aan het verhogen van het algemene kwaliteitsbeeld. Dit geldt evenzo voor het bijsteken van een etiket.

Voor de handel is de uniformiteit van de partijen een belangrijk kwaliteitsaspect. Bovendien staat bij hen een regelmatige aanvoer en een continue kwaliteit hoog in het vaandel.

De kwaliteit van de partijen wordt door de handel gedeeltelijk op een zeer subjectieve manier ingeschat en wel aan de hand van de naam van de teler. Op grond van eerdere ervaringen wordt de naam van een teler gezien als indicatie of garantie voor de kwaliteit van de plant.

6.3.1.2 Inwendige kwaliteit

De houdbaarheid en de stress-bestendigheid zijn de factoren waar het bij de inwendige kwaliteit om draait. Deze factoren zijn bij de keur op de veiling niet te bepalen. Toch is vooral de houdbaarheid een belangrijk aspect, waarvan de consument laat afhangen of later weer tot een aankoop besloten wordt.

De houdbaarheid van een potplant laat zich zeer moeilijk omschrijven. Bij bloeiende potplanten gaat het hierbij om de duur van de bloei en de bloeizekerheid. Wat betreft het laatste geeft de rijp-

heid hiervoor een indicatie: een voldoende rijpe plant geeft de consument een grotere kans op een bloeirijk produkt. De stress-bestendigheid van een potplant is afhankelijk van een groot aantal teeltfactoren, maar vooral van het al of niet afgehard zijn van het produkt. Als een plant afgehard is, gaat deze met enige weerstand het afzetkanaal in. Voor een niet afgeharde plant kan de overgang van een (sub-)optimaal klimaat in de kas naar de barre omstandigheden in het handelskanaal funest zijn. Afharden betekent veelal, dat de temperatuur aan het eind van de teelt iets naar beneden wordt gebracht. De gevaren, waaraan een potplant kan blootstaan, zijn:

- hoge, lage of wisselende temperaturen;
- grote infectiedruk;
- hoge ethyleenconcentraties;
- lage lichtintensiteiten;
- ruwe behandeling;
- vochtgebrek.

6.3.2. Oorzaken van kwaliteitsachteruitgang

De kwaliteit van een potplant gaat vanaf het moment van de oogst nog slechts achteruit. De teler ziet de plant op z'n best, de consument ziet deze op z'n slechtst. Hoeveel de kwaliteit van de plant terug loopt, hangt af van de zorg waarmee het produkt vanaf de oogst wordt behandeld.

6.3.2.1 Waterhuishouding

Potplanten hebben een reservevoorraad vocht in de potgrond. Soms zijn deze reserves onvoldoende en de plant verdroogt. Bij meer dan 5% vochtverlies van de plant zelf wordt de schade zichtbaar. Een te lange opslag- of transportduur zonder voldoende verzorging kan een oorzaak zijn van vochttekort. Dit is vaak het geval, wanneer er grote voorraden zijn, doordat de verkoop niet vlot verloopt of, nog erger, wanneer de handel speculeert met het produkt.

De kwaliteit van het wortelstelsel en de potgrond zijn mede-bepalend voor het optreden van vochtstress. Het wortelstelsel moet voldoende ontwikkeld en onbeschadigd zijn. Tijdens de teelt kan op de ontwikkeling van de wortels door het watergeefregime en door de pottemperatuur invloed worden uitgeoefend.

Van planten die in de ondergrond zijn doorgeworteld, kunnen de wortels bij de oogst snel beschadigd worden. Bij erge beschadiging van de wortels kunnen de gevolgen al in het handelskanaal naar voren komen in de vorm van geel blad en afgevallen knoppen. De omstandigheden zijn voor een potplant immers verre van optimaal, zeker voor het opvangen van een dergelijke klap. Hetzelfde geldt voor het "toeven". Getoefde potplanten behoren na het samen oppotten nog een periode de gelegenheid te krijgen om weer voldoende door te wortelen in de "nieuwe" potkluit. Pas daarna mag de plant afgezet worden..

Naast de voldoende reserve aan voeding behoort in de potgrond een behoorlijk watervasthoudend vermogen aanwezig te zijn. Het type potgrond is hierbij van belang. Tegenwoordig worden veel luchtige potgronden gebruikt met een relatief laag watervasthoudend vermogen (eb en vloed). De kans dat de plant al in het handelskanaal

vocht tekort komt, is dan groot. Bovendien verlangt een dergelijke potgrond een andere behandeling van de consument dan een doorsnee potgrond.

6.3.2.2 Temperatuur

Door afwijkende temperaturen kan schade ontstaan. Kouschade kan bijvoorbeeld ontstaan door het buiten laden en lossen bij ongunstige weersomstandigheden of door opslag en transport bij een te lage temperatuur. Dit laatste kan voorkomen worden bij een gemengd transport met snijbloemen. De optimale bewaar temperatuur van snijbloemen ligt in de meeste gevallen stukken lager dan die van potplanten. Daarom wordt vaak een tussentemperatuur gekozen, die voor beide produkten een kwaliteitsachteruitgang betekent. Kouschade uit zich door glazigheid van bloem of blad en zwart- of blauwverkleuring van de stengel, groeipunt, jonge bladeren of bracteeën.

Verbrandingsschade of hoge-temperatuurschade kan tijdens de na-oogstfase ontstaan bijvoorbeeld in de buurt van kachels. Het gevolg is verdroging of verbranding van het blad, maar ook kan het resultaat blad-, bloem- of knopval zijn.

Tabel 17: Optimale bewaar temperatuur, maximale bewaarduur en classificatie op basis van de transportgeschiktheid.

Plant	Temperatuur in °C						Max. Bewaar- duur	Gevoeligheids classificatie
	5	10	15	20	25	30		
Anthurium							3	oo
Azalea							7	oo
Begonia							3	ooo
Chrysant							1	oooo
Cineraria							3	oooo
Codiaeum							14	od
Cyclaam							7	ooo
Dieffenbachia							14	ooo
Dracaena							7	oo
Euphorbia							1	oooo
Ficus							>21	oo
Guzmania							3	ooo
Hedera							>21	o
Kalanchoë							14	ooo
Nephrolepis							7	ooo
Philodendron							14	oo
Poinsettia							1	oooo
Rhaphidophora							7	oo
Saintpaulia							1	oooo
Schefflera							7	oo
Yucca							>21	o



- mogelijk voor aangegeven bewaarduur



- mogelijk spreidingsgebied voor aangegeven bewaarduur



- niet mogelijk voor aangegeven bewaarduur

o - weinig gevoelig

oo - matig gevoelig

ooo - gevoelig

oooo - zeer gevoelig

Uit tabel 17 blijkt, dat er een groot verschil bestaat in gevoeligheid voor lage temperaturen tussen de verschillende plantensoorten. Vooral planten uit de tropen of sub-tropen kunnen onherstelbare schade oplopen, wanneer ze gedurende lange tijd bij een temperatuur tussen 0 en 10°C staan. Onder deze omstandigheden zullen vooral de oudere bladeren snel vergelen en afvallen. De jongere bladeren zullen het iets langer uithouden. Uit onderzoek is gebleken, dat hier sprake is van een ontregeling van enzymatisch gestuurde opbouw- en afbraakprocessen. Bepaalde levensprocessen stagneren, omdat een aantal specifieke enzymen bij dergelijke lage temperaturen niet meer functioneren. Verder is gebleken dat afbraakprocessen over het algemeen minder temperatuurgevoelig zijn dan opbouwprocessen.

Op het ATO worden uitgebreide proeven gedaan om de optimale opslag- en transporttemperatuur te bepalen van een groot aantal potplanten. Tegelijkertijd is de maximale opslagduur bepaald. Aan de hand van deze gegevens zijn de verschillende plantensoorten in risicoklassen ingedeeld.

Uit de gegevens blijkt, dat er geen optimale opslag- of transporttemperatuur per potplant te geven is. Voor de meeste soorten is een temperatuur tussen 10 en 15°C aanvaardbaar.

Tabel 18 toont de schadebeelden die opgetreden zijn tijdens de bovenbeschreven proef.

Tabel 18: Samenvatting schadebeelden.

Plant	Kou- schade	Rot/ schimmel	Ver- kleuring	Aantasting			Knop-/ bloem-/ bladval	Ver- vor- ming	Lengte- groei
				Blad	Bloem	Groei- punt			
Anthurium	x	x	x	x	x	x		x	x
Azalea		x	x	x	x		x		
Begonia		x			x				
Chrysant		x	x	x	x				
Cineraria		x	x	x	x				x
Codiaeum	x		x	x		x	x	x	x
Cyclaam		x	x	x	x				x
Dieffenbachia	x		x	x		x			x
Dracaena	x		x	x					x
Euphorbia	x	x	x	x			x	x	
Ficus	x		x	x		x	x	x	x
Guzmania		x	x	x					
Hedera				x		x			
Kalanchoë		x	x		x		x	x	x
Nephrolepis			x	x			x		x
Philodendron	x	x	x	x		x	x		x
Rhaphidophora	x	x	x	x		x	x		x
Saintpaulia	x	x	x	x	x			x	
Schefflera		x	x	x		x	x	x	x
Yucca			x						x

6.3.2.3 Ethyleenschade en groeiregulatoren

Ethyleen speelt een belangrijke rol bij bloem-, knop- en bladval en bladvergeling bij bloeiende potplanten en bij bladval en bladvergeling bij groene planten. Bloem-, knop- en bladval kunnen ontstaan door de interactie van ethyleen met een ander plantenhormoon. Een jong, gezond blad produceert auxine, wat via de bladsteel naar de stengel vervoerd wordt. De auxinestroom door de bladsteel zorgt ervoor dat het blad aan de plant gehecht blijft. Komt het blad nu in aanraking met ethyleen, dan wordt de aanmaak van auxine en de transportsnelheid van auxine door de bladsteel geringer. Het gevolg kan zijn dat aan de basis van de bladsteel een scheidingslaag of abscissielaag ontstaat waardoor het blad afvalt. Over het algemeen zijn bloeiende planten gevoeliger voor ethyleen dan groene. Tabel 19 toont voor een aantal bloeiende potplanten de optredende schadeverschijnselen en de ethyleengevoeligheid.

Tabel 19: Ethyleengevoeligheid van bloeiende potplanten en optredende schadeverschijnselen. o = weinig gevoelig, oooo = zeer gevoelig.

	Bloem-/ knopval	Bloem- verwel- king	Knopver- droging	Blad- val	Blad- verge- ling	Schimmel- aantasting	Gevoe- ligheid
Achimenes	x						oooo
Azalea indica				x			o
Begonia Rieger	x						oo
Begonia semperflorens	x						oo
Beloperone guttata	x			x			oooo
Browallia speciosa "Major"	x			x	x		oooo
Calceolaria (x) herbeoniflora	x						oo
Campanula isophylla		x			x		ooo
Chrysanthemum morifolium						x	o
Cleordendrum thomsoniae	x				x		oooo
Cyclamen persicum		x					o
Exacum affine		x					o
Fuchsia	x			x			oooo
Hibiscus rosasinensis	x			x	x		oooo
Kalanchoe		x	x				ooo
Kohleria	x						oooo
Pachystachys lutea	x			x			oo
Pelargonium zonale	x		x		x	x	o
Primula acaulis							o
Rechstaineria cardinalis	x						oooo
Saintpaulia ionantha		x				x	o
Sinningia (Gloxinia)	x						o
Senecio cruentus (Cineraria)							o
Streptocarpus	x						oooo
Vinca minor	x						oooo

Ethyleenschade kan ontstaan door gas van buitenaf (uitlaatgassen, verkeerde branderafstelling, verfdampen, gemengde opslag met fruit) of door eigen produktie van de plant. Door beschadigingen, uitdroging, lichtgebrek of hoge bewaartemperaturen kan de ethyleenproduktie verhoogd worden. Uit onderzoek is gebleken, dat de mate van ethyleengevoeligheid een indicatie geeft van de gevoeligheid voor stress-situaties, zoals droogte, lichtgebrek en mechanische beschadiging.

De gevoeligheid voor exogeen en endogeen ethyleen kan verminderd worden door bespuitingen met zilverthiosulfaat (STS). Dit middel is in Nederland echter niet toegelaten voor gebruik bij potplanten. Ook bespuitingen met auxinen en cytokininen geven de plant een grotere weerstand tegen ongunstige omstandigheden in de handelsfase. Vooral bladval wordt hiermee voorkomen.

De uitwerking van een behandeling met groeiregulatoren is sterk afhankelijk van de plantensoort. De kennis over toepassingsmogelijkheden van groeiregulatoren is met uitzondering van de remstoffen nog gering. Veel planten worden één of meerdere keren behandeld met een groeiregulator, meestal een remmiddel (zie 3.2.4). Dit wordt gedaan om de plant een beter model te geven. Voor een juiste doorgroei van de plant bij de consument dient de groei-regulatie tijdens de teelt op de juiste wijze te gebeuren. Aan de ene kant mag niet te veel geremd worden, omdat de plant dan bij de consument niet meer tot groei te prikkelen is. Aan de andere kant mag de plant niet plotseling doorschieten en volledig uit model raken. Het is van belang, dat de groei-regulatie op de juiste tijdstippen plaatsvindt. Het model van de plant behoort niet slechts tot en met de klok gewaarborgd te zijn.

6.3.2.4 Licht

Uit het ketenonderzoek blijkt dat tijdens de afzetfase in te geringe mate in de lichtbehoefte van de planten wordt voorzien. Lichtgebrek begint al op het produktiebedrijf waar de planten direct na het rapen verpakt worden. Vervolgens krijgen ze weinig of geen licht meer. Op de veilingen, bij de handel en bij de detailist wordt de (licht-)situatie niet veel beter.

Lichtgebrek kan abscissie van plantedelen veroorzaken. Vooral bij bloeiende planten kan een deel van de bloem-, knop- en bladval in de keten hier aan te wijten zijn.

Indien planten in het donker bewaard of getransporteerd worden, vindt er geen fotosynthese plaats, maar wel ademhaling. De hoeveelheid licht waarbij de assimilatie van de plant even groot is als de dissimilatie, wordt het lichtcompensatiepunt genoemd. Fotosynthese en ademhaling houden elkaar in evenwicht en het nettoresultaat van CO_2 -opname en CO_2 -afgifte is nul, maar de energievragende stofwisselings- en transportprocessen gaan wel door. Wanneer gedurende de afzetfase de lichtintensiteit boven het lichtcompensatiepunt gehouden wordt, zal er waarschijnlijk niet snel donkerschade optreden.

Een nieuwe ontwikkeling zijn de LED-jes ofwel Licht Emiterende Diodes. Deze (rode) lichtbron zendt licht uit met een specifiek spectrum, dat in staat is het fytochroomcomplex in de plant te activeren (zie 5.5).

Een LED-je geeft weinig licht en zal dus geen of nauwelijks fotosynthese veroorzaken, maar bij een aantal gewassen is aangetoond

dat dit stuurlicht waarschijnlijk wel donkerschade kan voorkomen. Bij andere gewassen is dit (nog) niet aangetoond.

6.3.2.5. Parasieten

De aanwezigheid van parasieten doet in de eerste plaats afbreuk aan de sierwaarde van de plant, maar daarnaast kunnen ze ook indirect schade berokkenen aan de plant. Schimmels bijvoorbeeld kunnen ethyleen produceren, waardoor de plant zelf ook meer ethyleen gaat vormen. Hierdoor bestaat het gevaar dat de ethyleenconcentratie boven de drempelwaarde van de gevoeligheid van de plant komt. De kwaliteitsachteruitgang in de handelsfase door parasieten zal meestal veroorzaakt worden door een ziektekiem of dierlijke parasiet die al bij de aanvoer op de veiling aanwezig was. Dierlijke parasieten vallen vrij snel op bij de keuring. Bij de schimmels en bacteriën ligt dit anders. Tijdens de teelt of in de verwerkingsruimte kunnen door onhygiënische omstandigheden de planten makkelijk besmet raken, zonder dat dit direct te zien is. Het opruimen van plantenresten in de kas en in de verwerkingsruimte is hierbij van groot belang. Ook kan voor de aflevering een preventieve bespuiting uitgevoerd worden om de ziektekiemen (voornamelijk schimmelsporen) te doden. In de handelsfase staan de planten vaak onder ongunstige omstandigheden (langdurig in het donker, wisselende temperaturen, hoge luchtvochtigheid, weinig ventilatie) zodat schimmelsporen snel een kans krijgen. Van belang is dat de planten droog verpakt worden. Wanneer de plant nat is door dauw, beregning, bespuiting of dompeling zal deze na het inhoezen vrijwel zeker Botrytisschade oplopen.

BRONVERMELDING

Bij het samenstellen van deze brochure is vooral gebruik gemaakt van de volgende bronnen.

- WEICHMANN, J., e.a.
Postharvest physiology of vegetables
New York/Basel: Marcel Dekker Inc., 1987
- BURTON, W.G.,
Post-harvest physiology of food crops
London/New York: Longman, 1982
- SPRENGER INSTITUUT
Snijbloemen, kwaliteitsbehoud in de afzetketen
Wageningen: Sprenger Instituut, 1986
- SPRENGER INSTITUUT
Produktgegevens groente en fruit.
Wageningen: Sprenger Instituut, Mededeling nr 30
- RASTOVSKI, A., A. van Es e.a.
Storage of potatoes
Wageningen: Pudoc, 1981
- KLAPWIJK, D.
Plantenfysiologie in de glastuinbouw
Naaldwijk: Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, 1988

Het laatstgenoemde werk is zeer geschikt om de beginselen van de plantenfysiologie op te frissen.