

Samenvatting

Op verzoek van FARM PACK bv te Kapelle werd door ATO-DLO te Wageningen een orienterend onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om met toepassing van CA condities te komen tot een verlenging van de bewaarduur van gekoelde suikermais. Hiertoe werden kolven van het ras Candle opgeslagen in containers, waarin de luchtsamenstelling kan worden beheerst. Deze containers zijn geplaatst in koelcellen bij 0-1°C. De volgende luchtsamenstellingen werden getoetst op hun invloed op kwaliteitsbehoud: 1%CO₂-4%O₂, 5%CO₂-4%O₂, 10%CO₂-4%O₂, 1%CO₂-2%O₂, 5%CO₂-2%O₂, 10%CO₂-2%O₂, 10%CO₂-1%O₂. Vergeleken werd het kwaliteitsbehoud gedurende 3, 6 en 9 weken opslagduur met in lucht en in folie verpakt produkt.

De invloed van verhoogde koolzuurspanning bleek in het algemeen beter dan de invloed van de verschillende zuurstofconcentraties. Verder bleken kleurbehoud en parasitair bederf op het blad gunstig door CA condities te worden beïnvloed. Parasitair bederf op de zaden werd zeer sterk door hoge koolzuurconcentraties tegengegaan. De refractie bleek gedurende 9 weken bewaring met ruim 1% te dalen, maar werd door CA condities zeer weinig beïnvloed. Het gewichtsverlies bleek het geringst in de meest extreme CA conditie (10%CO₂-1%O₂) en het hoogst in de blanco luchtbewaring. Bij het smaakonderzoek werden geen afwijkingen gevonden. Het verpakken voor bewaren heeft als voordeel een beter kleurbehoud van het omblad, het heeft evenwel het gevaar van een toename in parasitair bederf.

Als voorlopige aanbeveling voor langdurige opslag geldt: temperatuur 0-1°C, CO₂ spanning 10%, O₂ spanning 1-2% bij een maximale bewaarduur van 6 weken in onverpakte toestand.

Inleiding

In de USA en een groot aantal Zuid Amerikaanse landen is suikermais een belangrijk onderdeel van het groentepakket, terwijl voor Europese begrippen het nog een "nieuw" produkt is. Suikermais heeft een scherpe aanvoerpiek door de nauwe tijdsgrenzen waarbinnen de oogst moet worden uitgevoerd. Overvoering van de markt gebeurt dan snel. Spreiding van de oogst en aanvoer moeten daardoor worden gezocht in het gebruik van verschillende rassen en planttijdstippen. Uiteraard kan ook worden gezocht naar de perspectieven, die bewaring kan bieden in dit probleem. Deze blijken in de praktijk beperkt te zijn tot hooguit enkele weken bij een temperatuur dicht bij 0°C.

FARM PACK b.v. in Kapelle is in Nederland een zeer belangrijke producent van suikermais. Met name de aanvoer van vers verpakt produkt aan veilingen is sterk groeiende. Hiervoor heeft FARM PACK eigen verpakkinglijnen ontwikkeld. Door de sterke specialisatie op suikermais is FARM PACK zeer geïnteresseerd in kennis omtrent bewaring teneinde de mogelijkheden van verruiming van de aanvoerperiode optimaal te kunnen benutten. Aan het ATO-DLO in Wageningen werd de vraag gesteld of er mogelijkheden zijn de bewaarperiode te verlengen met bijv. de toepassing van CA condities. Internationaal onderzoek naar effecten van CA condities blijkt beperkt te zijn uitgevoerd. Het heeft uitgemondd in de uitspraak, dat verlaagde zuurstof en verhoogde koolzuurspanning een bijdrage kunnen leveren in extra kwaliteitsbehoud ten opzichte van koeling (Saltveit 1989). Onderzoek met in Nederland geteeld produkt is volledig afwezig met uitzondering van onderzoek in dichte verpakkingen (de Maaker 1984), waarbij bleek, dat verpakken het behoud van kleur bevorderde en suikerverliezen tegenging.

ATO-DLO bood FARM PACK aan onderzoek te gaan verrichten naar de mogelijkheden van CA bewaring bij lage temperaturen, waarbij een aantal koolzuur- en zuurstofconcentraties zouden worden getoetst op het behoud van kwaliteit tijdens maximaal lange opslagtijden. Dit rapport vat het onderzoek samen van het onderzoek dat werd uitgevoerd in de periode augustus/november 1991.

Materiaal en Methoden

Produkt, oogst en verpakking

De suikermais van het ras Candle was afkomstig van Farmpack te Kapelle, het bedrijf van de opdrachtgever tot dit onderzoek. De mais werd machinaal met een Pixall machine geoogst. Hierbij komen de geoogste kolven in een voorraadvak terecht, welke direkt na de oogst naar de schuur werden gereden. Vanuit de voorraadvak werden de kolven gesorteerd. De maten 15-18 en 18-22 cm werden gebruikt voor het onderzoek en deze waren afkomstig uit een aantal oogstrijen uit het centrale gedeelte van het perceel. De kolven werden van de band gepakt en in poolfustbakken gelegd, 40 kolven per bak. Verder werden eveneens voor het onderzoek op dezelfde band kolven op dragers met folie verpakt. Hierbij werden de kolven met messen enigszins ingekort, terwijl ook een gedeelte van het blad werd verwijderd teneinde de zaden gedeeltelijk zichtbaar te maken (presentatie !). 2 kolven werden per drager verpakt. Deze verpakkingen werden ook in poolfustbakken verpakt, in een bus geplaatst en nog dezelfde dag naar het ATO-DLO in Wageningen getransporteerd.

Inslag en bewaring

Bij aankomst op het ATO werden de kratten in een gekoelde ruimte van 0-1°C geplaatst. De dag er na werden de bakken voorzien van stickers, gewogen en in CA containers in de koelcel geplaatst. Onmiddellijk werden de CA containers gesloten en op gas gebracht. In de nieuwe bewaaroutillage gebeurt dit volautomatisch en binnen 2-3 uur werden de gewenste gassamenstellingen bereikt.

Bewaarcondities: temperatuur 0-1°C

luchtsamenstellingen: 0%CO₂ - 21%O₂
 1%CO₂ - 4%O₂
 5%CO₂ - 4%O₂
 10%CO₂ - 4%O₂
 1%CO₂ - 2%O₂
 5%CO₂ - 2%O₂
 10%CO₂ - 2%O₂
 10%CO₂ - 1%O₂
 verpakt

bewaarduur: 3, 6 en 9 weken.

De kolven werden bewaard in 3 poolfustbakken per container, 40 stuks per bak. Het verpakte produkt werd in hetzelfde fust bewaard in de controle (gewone lucht) containers.

Het instandhouden van de luchtsamenstellingen wordt volautomatisch door het meet en regelsysteem verzorgd. Regelmatig worden via circulatiepompjes monsters lucht uit de containers genomen. Deze worden geanalyseerd op koolzuur- en zuurstofgehalte en op basis hiervan worden kleppen geopend of gesloten teneinde stikstof in te laten (als de zuurstofspanning te hoog blijkt), lucht in te brengen (als de zuurstofspanning te laag blijkt), koolzuur in te brengen bij te lage spanning van dit gas of de NaOH scrubber aan te zetten in geval van een te hoge CO₂ spanning. Tevens geeft het systeem na elke controlebeurt een vaste hoeveelheid stikstof af aan de container teneinde de bij het analyseren verloren gegane lucht te compenseren en te voorkomen, dat een onderdruk zich zou opbouwen. De hoeveelheid stikstof is zodanig gekozen, dat een geringe overdruk continu in de container wordt gehandhaafd.

Hoeveelheid produkt

De hoeveelheid onverpakte kolven bedroeg: 8 (container) x 2 (herhaling) x 3 (uitslag) x 40 (kolven per object) = 1920 onverpakte kolven. Van de verpakte kolven, die alleen in de luchtcontainers werden bewaard, waren er 3 x 80 = 240 kolven in 120 pakjes van 2 nodig.

Uitslag en nabewaring

Elke 3 weken na de inslag werden de containers geopend, een kist werd uitgenomen en de container werd hierna direkt weer gesloten en door het systeem op de gewenste luchtsamenstelling teruggebracht. De kratten werden vervolgens gewogen om het gewichtsverlies te kunnen vaststellen.

Tevens werden er uit de luchtcontainers bij elke uitslag 20 pakketjes van 2 verpakte kolven uitgenomen.

20 kolven werden direkt na uitslag individueel beoordeeld op een aantal kenmerken. Vervolgens werden de resterende 20 naar Farmpack gebracht. Hier werden de kolven verpakt, weer naar ATO-DLO gebracht, waar ze bij 15°C gedurende een week werden nabewaard en dan opnieuw beoordeeld. Deze procedure werd gewijzigd na de eerste uitslag, daar de temperatuur/duur te hoog/lang bleek. Gewijzigd werd de temperatuur naar 4 dagen 0-5°C plus 3 dagen 12°C.

Beoordelingen

De kolven werden individueel beoordeeld op de volgende kenmerken:

- a. de kleur van het omblad, waarbij 0 = groen, 1 = lichtgeel, 2 = matig geel en 3 = donkergeel.
- b. de mate van parasitair bederf van het omblad, waarbij 0 = geen bederf, 1 = lichte mate van bederf, 2 = matige aantasting en 3 = sterke aantasting
- c. de mate van parasitair bederf van de zaden op delfde manier als onder b.
- d. de mate van beschadiging van de zaden, waarbij 0 = geen beschadiging, 1 = lichte

beschadiging, 2 = matige beschadigingen en 3 = zware beschadiging. Het betreft hier overigens de beschadigingen als gevolg van de mechanische oogst.

e. refractie

f. het gewichtsverlies

g. de smaak

De eerste 4 kenmerken werden bepaald door middel van visuele beoordelingen door enkele produktdeskundigen. Gepoogd is ook nog de verkleuring van licht naar donkergeel en de mate van ingedeuktheid van de zaden te volgen. Dit bleek echter geen betrouwbare waarneming of deed zich niet voor en wordt dan ook verder achterwege gelaten.

Voor de bepaling van de refractie werd de volgende procedure gehanteerd. Van de 20 kolven werd uit het middengedeelte een ring van zaden uitgebroken, nadat de kolf doormidden was gebroken. Uit dit monster werd ad rendum een submonster van 20-25 zaden genomen, dat in een knoflookpersje werd gebracht. Het vocht, dat op deze manier werd uitgeknepen werd 1 op 1 verdund met gedestilleerd water. Dit mengsel werd gebracht in 5 ml injectiespuit, waarop een steriel filter (0.45 Sterile Acrodisc) werd gemonteerd. In het gefiltreerde sap werd de refractie bepaald met een handrefractometer (ATAGO N-10) in % Brix.

Het gewichtsverlies werd bepaald door middel van wegingen bij in- en uitslag van de plastic kratten.

De invloed van de bewaring op de smaak werd bepaald in enkele gespreksrondes met 7-9 produktexperts onder leiding van een sensorisch deskundige. Het produkt, dat hierbij werd gekeurd was na de CA bewaring eerst enkele dagen bewaard bij hogere temperatuur dan 0-1°C in lucht. Het produkt uit de eerste uitslag werd 1 week nabewaard bij 15°C voor het sensorisch werd gekeurd. Dit bleek een telange nabewaring en was reden de procedure te wijzigen naar 4 dagen bij 0-5°C.

Van de kolven, die aan de keurders werden aangeboden waren 2 cm onderinde en 3 cm van de punt verwijderd. Het aldus overgebleven stuk werd verder verdeeld in stukken van 4 cm.

Voor keuring werden de stukken van 4 cm 30 minuten gestoomd (het rauwe produkt gaf geen juist smaakbeeld).

Tijdschema

Oogst: 21-08-1991

Inslag: in koelcel 21-08-1991

Start CA bewaring: 22-08-1991

Uitslagen uit CA containers: 12-09-, 03-10-, 24-10-1991.

Beoordeling na nabewaren: 19-09-, 10-10-, 31-10-1991.

Resultaten

Bladkleur

De resultaten van deze beoordeling zijn gedetailleerd weergegeven in bijlage 1. Deze staafgrafieken zijn als volgt gemaakt. De kolven in de groep 1 (= licht geel verkleurd), 2 (matig naar geel verkleurd) en 3 (= sterk geel verkleurd) worden met resp. 1, 2 en 3 vermenigvuldigd. Vervolgens wordt getotaliseerd en gedeeld door het aantal kolven. Op deze manier ontstaan er gemiddelden per bewaarconditie en per uitslag. De 3 staafgrafieken geven de gemiddelden weer per bewaarconditie na 3, 6 en 9 weken CA bewaring. Eveneens weergegeven werden de kleurbeoordelingen na de nabewaring. In de statistische analyse werd gebruik gemaakt van regressieanalyse voor de kenmerken, die langs visuele weg werden vastgesteld en van variantieanalyse voor de kenmerken, die instrumenteel meetbaar waren.

De gemiddelde beoordelingen na de verschillende bewaartijden zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Invloed van CA condities op de kleur van het omblad bij suikermais na verschillende bewaartijden.

Bewaar- conditie %CO ₂ -%O ₂	Kleur na verschillende bewaartijden (weken)					
	3	3+1	6	6+1	9	9+1
0-21	0.00	1.50	0.55	2.98	3.00	3.00
1-4	0.00	1.05	0.40	1.98	2.68	3.00
5-4	0.00	0.90	0.10	1.68	2.70	3.00
10-4	0.00	0.93	0.07	1.95	1.65	3.00
1-2	0.00	1.13	0.33	1.98	3.00	3.00
5-2	0.00	0.87	0.00	1.48	2.68	3.00
10-2	0.00	0.85	0.03	1.65	1.85	3.00
10-1	0.00	0.85	0.03	1.40	1.98	2.95
Verpakt	0.00	0.81	1.23	1.55	2.40	.

De kleur is na 3 weken opslag nog groen en na een week nabewaring bij 15°C is er een aanzienlijke verschuiving naar geel. Het kleurbehoud lijkt enigszins beter bij de CA condities dan bij lucht. Dit beeld wordt door de statistische analyse bevestigd in dien zin, dat er een aantoonbaar verschil is tussen enerzijds de CA condities als groep en de luchtbewaarde mais.

De beoordeling na 6 weken opslag geeft het volgende beeld. Zowel direct na de uitslag als na de nabewaring lijkt de kleur beter te worden behouden onder CA condities met uitzondering van het verpakte produkt. Dit wordt ook door de statistische analyse bevestigd. Na een week extra bewaring zijn de verschillen toegenomen. Er ontstaan 3 groepjes. Aantoonbaar het beste behoud van de groene kleur wordt waargenomen in 10%CO₂-1%O₂ en 5%CO₂-2%O₂, hierna volgt een grote groep, waarin ook het verpakte produkt aanwezig is. Tenslotte is het kleurverlies in de blanco (luchtbewaard) het sterkst.

Wordt gelet op de afzonderlijke CA effecten, dan blijkt, dat er een vrij sterk positief effect aantoonbaar is van de koolzuurverhoging maar een gering positief effect van de zuurstofverlaging.

Tenslotte blijken interacties tussen de koolzuur- en zuurstofspanning niet aanwezig. Dat wil dus zeggen, dat het sterk positieve effect op het kleurbehoud van koolzuurverhoging niet verder wordt versterkt door de verlaging van de zuurstofconcentratie.

Na 9+1 weken blijkt, dat geen duidelijke effecten meer kunnen worden aangetoond, daar het kleurverlies dan maximaal was bij alle bewaarcondities m.a.w. het groene omblad was vrijwel volledig vergeeld. Na 9 weken zonder de extra week bij hogere temperatuur blijken vooral de hoogste koolzuurconcentraties nog kleurbehoud te hebben veroorzaakt.

Parasitair bederf blad

In de bijlage 2 zijn op dezelfde manier als voor bladkleur de resultaten gedetailleerd weergegeven. De gemiddelden per bewaarconditie zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Invloed van CA condities op parasitair bederf op het blad van suikermais na verschillende bewaartijden.

Bewaar- conditie %CO ₂ -%O ₂	Parasitair bederf* na verschillende tijden (weken)					
	3	3+1	6	6+1	9	9+1
0-21	0.10	1.00	2.98	2.75	3.00	3.00
1-4	0.05	0.75	2.50	2.20	3.00	3.00
5-4	0.08	0.50	1.20	1.50	3.00	2.73
10-4	0.08	0.15	0.78	1.05	2.28	2.53
1-2	0.08	0.53	2.08	1.93	3.00	3.00
5-2	0.05	0.35	1.08	0.98	2.88	2.35
10-2	0.03	0.55	0.85	1.25	2.73	2.25
10-1	0.00	0.23	0.73	1.83	2.50	1.95
Verpakt	0.00	0.68	1.35	1.83	2.38	.

Na 3 weken konden geen significante verschillen worden aangetoond. Dit was wel het geval na nog een extra week nabewaren bij hogere temperatuur. De objecten 5%CO₂-4%O₂, 10%CO₂-4%O₂, 5%CO₂-2%O₂ en 10%CO₂-1%O₂ bleken een aantoonbaar minder parasitair bederf op het blad te vertonen dan de overige bewaarcondities.

Na 6 weken blijkt deze tendens zich te herhalen: de blanco luchtbewaard vertoont het meeste bederf, de objecten 1%CO₂-4%O₂ en 1%CO₂-2%O₂ zijn aantoonbaar beter dan de blanco maar ook weer minder dan de overige objecten. Het verpakte produkt blijkt hier redelijk te scoren, maar de beste objecten zijn degene met veel CO₂.

Uit de statistische analyse blijkt voorts, dat de invloed van de factoren zuurstof en koolzuur en hun interactie aantoonbaar zijn. De gunstige invloed van CO₂ wordt dus door een verdere verlaging van zuurstof enigszins beïnvloed. Deze interactie wordt in onderstaande figuur 1 weergegeven.

Uit de figuur blijkt, dat bij 4% zuurstof er een sterk effect aanwezig is van een oplopende koolzuurconcentratie. Naarmate de laatste hoger is, blijkt er minder bederf. In grote lijnen is dit direct na uitslag als na 1 week extra nabewaren het geval. Bewaren in 2% zuurstof heeft een iets ander effect. 1% en 5% CO₂ bij 2% zuurstof doen hetzelfde als bij 4% zuurstof namelijk minder bederf bij de hogere CO₂ concentratie. Bij 10%CO₂ treden er echter knikken in de lijnen op, hetgeen weergeeft, dat een optimum bereikt lijkt. Echter het effect van 10% koolzuur blijft aanzienlijk beter dan lagere concentraties. Een optimaal bewaarresultaat in termen van reductie van parasitair bederf kan dus het beste worden gerealiseerd in een zo hoog mogelijke CO₂ spanning. Deze conclusie wordt gesteund door de resultaten uit de combinatie van 10%CO₂ met 1%O₂. Uit de bijlage 2 en tabel 2 blijkt hoe gering de verschillen zijn tussen 10%CO₂-4%O₂, 10%CO₂-2%O₂ en 10%CO₂-1%O₂.

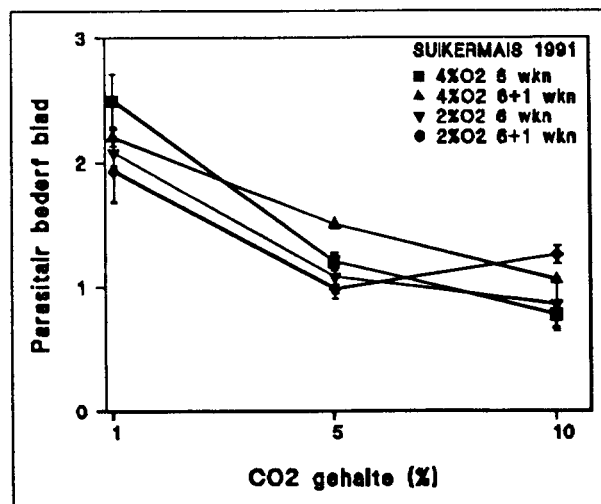


Fig 1: Invloed van de interactie tussen O₂ en CO₂ concentratie op het parasitair bederf op het blad van suikermais.

Na 9 weken opslag is de aantasting op het blad zeer hevig. Toch kunnen enkele condities van een aantal andere zich nog onderscheiden. Met name de condities 5%CO₂-2%O₂, 10%CO₂-2%O₂, 10%CO₂-1%O₂ vertonen aantoonbaar minder parasitair bederf dan een aantal andere bewaarcondities waaronder ook de luchtbewaarde kolven. Tenslotte blijkt na een week extra nabewaren opnieuw, dat een aantal combinaties met 5 en 10% koolzuur minder parasitair bederf op te leveren dan het in lucht en in laag CO₂ bewaard produkt.

Parasitair bederf van de zaden

Op soortgelijke manier als voor kleur is weergegeven de invloed van de bewaarcondities op parasitair bederf van de zaden in bijlage 3 en tabel 3.

Tabel 3: Invloed van CA condities op het parasitaire bederf van de zaden na verschillende bewaartijden.

Bewaar- conditie %CO ₂ -%O ₂	Parasitair bederf na .. weken					
	3	3+1	6	6+1	9	9+1
0-21	0.10	0.88	0.80	2.05	2.93	3.00
1-4	0.03	0.75	0.78	1.23	2.50	2.98
5-4	0.00	0.55	0.20	0.80	1.10	2.28
10-4	0.03	0.55	0.08	0.30	0.45	1.38
1-2	0.03	0.53	0.80	1.18	2.58	3.00
5-2	0.08	0.58	0.23	0.70	1.48	2.30
10-2	0.05	0.33	0.08	0.45	0.53	1.01
10-1	0.05	0.30	0.10	0.18	0.30	1.01
verpakt	0.08	1.48	1.23	1.95	2.38	.

Het parasitaire bederf op de zaden blijkt sterk te worden beïnvloed door de gebruikte CA condities. Dit wordt duidelijk gedemonstreerd in de figuren 2 en 3.

Na 3 weken is er nauwelijks sprake van bederf en zijn er echter ook nog geen significante verschillen, maar na de week extra bij hogere temperatuur is dit reeds wel het geval. De condities 10%CO₂-2%O₂ en 10%CO₂-1%O₂ blijken aantoonbaar minder bederf te vertonen dan de resterende condities. Opmerkelijk is, dat de verpakte kolven nu reeds meer bederf laten zien dan zelfs de blanco luchtbewaarde kolven.

Na 6 weken opslag blijkt de zwakste conditie te zijn de verpakte kolven. Iets minder bederf vertonen de blanco lucht en de in 1%CO₂-2%O₂ en 1%CO₂-4%O₂ bewaarde kolven. De resterende koolzuurrijke bewaarcondities met 5 of 10% CO₂ blijken het beste uit de bus te komen, daar deze groep aantoonbaar minder bederf vertoont dan de voorgaande groep (0-21, 1-2 en 1-4).

Deze tendens zet zich in de extra week nabewaring voort. Er ontstaan nu ook weer 3 groepjes: de meeste parasitair bederf wordt aangetroffen in de blanco en de verpakte kolven, aantoonbaar minder in de objecten met 1 en 5%CO₂, terwijl aantoonbaar het minste bederf wordt gevonden in de objecten met 10% koolzuur.

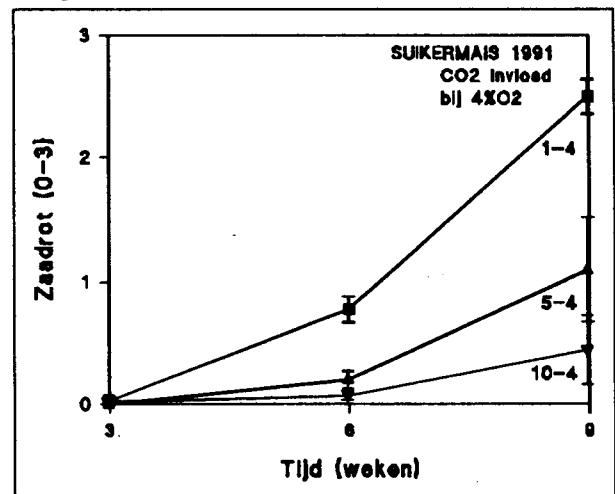


Fig 2: Invloed van tijd en koolzuurconcentratie bij 4%O₂ op het parasitaire bederf bij suikermais.

Na 9 weken opslag zijn worden soortgelijke tendensen gevonden als na 6 weken bewaring. Het meeste parasitaire bederf is te zien in de blanco en de verpakte kolven maar ook in de objecten met 1% CO₂. De resterende objecten met 5%CO₂ en 10%CO₂ zijn aantoonbaar beter.

Dit blijft gehandhaafd na de week extra opslag bij hogere temperatuur. Op dat moment verschillen alle objecten met 5% of 10%CO₂ aantoonbaar van de andere bewaarcondities.

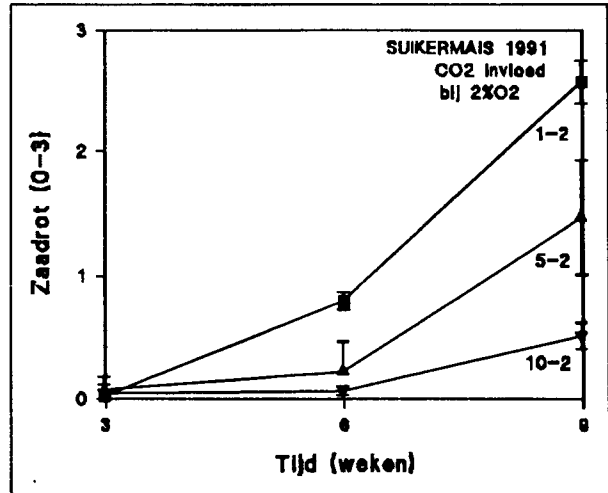


Fig 3: Invloed van bewaartijd en koolzuurconcentratie bij 2%O₂ op het parasitaire bederf van suikermais.

In de figuren 2 en 3 is samenvattend weergegeven de invloed van koolzuur op het parasitaire bederf van de zaden. De figuren spreken voor zich. De invloed van koolzuur is bijzonder groot, terwijl de figuren bijna een replica van elkaar lijken. Deze indrukken worden ook door de statistische analyse bevestigd. De resultaten van 6 weken opslag werden namelijk nog eens extra geanalyseerd op zuurstof- en koolzuurinvloed en op eventuele interacties. Er bleek een effect aantoonbaar van zuurstof op het parasitaire bederf, terwijl er sprake was van een groot aantoonbaar koolzuureffect. De interactie tussen beide was echter niet significant. Dus de sterke invloed van CO₂ op parasitair bederf wordt door verdere verlaging van de zuurstofconcentratie niet meer versterkt.

In figuur 4 wordt tenslotte dit laatste effect nog een weergegeven. De lijnen van 4 en 2% zuurstof liggen bijna op elkaar en geven zo weer, dat er van extra kwaliteitsbehoud door verlaging van 4 naar 2% zuurstof geen sprake is.

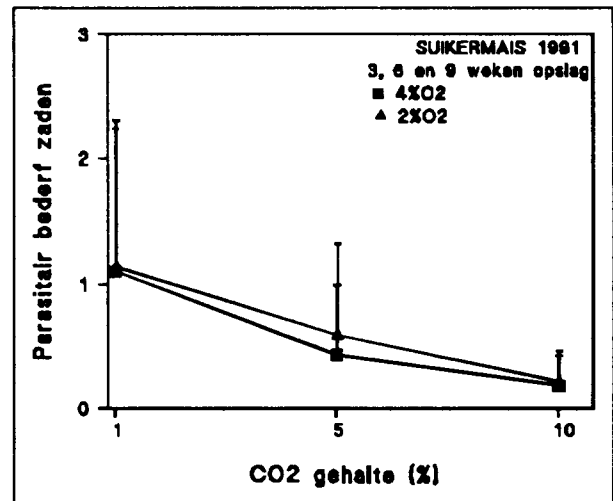


Fig 4: Invloed van de koolzuur en zuurstofconcentratie op de ontwikkeling van parasitair bederf bij suikermais.

Beschadigingen

Bij de eerste uitslag werd dit aspect meebeoordeeld. Er werd niet verwacht een verband te vinden met de aangelegde bewaarcondities en er werden op dit aspect geen statistische analyses uitgevoerd. De indruk was verkregen, dat de beschadigingen veroorzaakt zijn door de machinale oogstwijze. De beoordeling (na verwijderen van het omblad) heeft uitsluitend betrekking op de beschadiging van de zaden.

In tabel 4 is weergegeven de gemiddelde aangetroffen beschadiging per object.

Tabel 4:

Beschadiging van de zaden van suikermais, aangetroffen na 3 en 4 weken bewaring.

Bewaarconditie %CO ₂ - %O ₂	Gemiddelde beschadiging (0-3)		Gemiddeld
	3 weken	3+1 weken	
0 - 21	0.300	0.275	0.288
1 - 4	0.350	0.450	0.400
5 - 4	0.250	0.500	0.375
10 - 4	0.250	0.650	0.450
1 - 2	0.325	0.300	0.313
5 - 2	0.475	0.500	0.488
10 - 2	0.350	0.175	0.263
10 - 1	0.250	0.275	0.263
verpakt	0.075	0.125	0.100

Vrijwel alle beschadigingen lagen in de categorie 'licht'. Dit blijkt ook uit de gemiddelden over de twee bewaarperioden in tabel 4. Slechts incidenteel was er sprake van matige beschadiging. Verband met de bewaarconditie is met uitzondering van het verpakte produkt niet aanwezig. Dat het verpakte produkt iets beter is, kan te maken hebben met de selectie die voor verpakken op dit produkt wordt uitgevoerd.

Een wellicht relevanter beeld ontstaat als wordt gekeken naar het percentage gave kolven, dat op de twee beoordelingsdata werd aangetroffen. Dit is weergegeven in tabel 5.

Tabel 5: Invloed van de bewaarconditie op het percentage gave kolven na 3 en 4 weken opslag.

Bewaarconditie %CO ₂ - %O ₂	%gaaf na		
	3 weken	3+1 weken	Gemiddeld
0 - 21	70	73	72
1 - 4	65	60	68
5 - 4	75	55	65
10 - 4	75	45	60
1 - 2	70	73	72
5 - 2	68	53	61
10 - 2	65	83	74
10 - 1	75	75	75
verpakt	93	88	91

Ook hier is zoeken naar verband met de bewaarconditie niet relevant. Belangrijk is, dat alle objecten een aanzienlijke hoeveelheid kolven vertonen met beschadigingen. Gemiddeld over alle beoordelingen bleken er 29% van de kolven (meestal) een lichte beschadiging te vertonen. Dat de

verpakte kolven wat minder beschadiging vertonen is het gevolg van de intensievere controle vooraf, die samenhangt met de verwijdering van een gedeelte van het omblad voor verpakken.

Gewichtsverlies

In tabel 6 en in de bijlage 4 zijn de bepalingen naar het gewichtsverlies van de bewaarde suikermais samengevat. De bepalingen naar het gewichtsverlies van het verpakte produkt tijdens de week extra nabewaring bij hogere temperatuur werd eenmalig uitgevoerd met het produkt van de eerste uitslag. In dat geval werd het gewichtsverlies van alle afzonderlijke pakjes vastgesteld, zie bijlage 4.

Tabel 6: Invloed van de bewaarcondities op het gewichtsverlies van suikermais.

Bewaar- conditie %CO ₂ - %O ₂	Gewichtsverliezen na verschillende opslagtijden			
	3 weken	6 weken	9 weken	Gemiddeld*
0 - 21	1.70	3.25	5.53	3.49 a
1 - 4	1.40	3.51	4.79	3.24 ab
5 - 4	1.53	3.44	4.01	2.99 bc
10 - 4	1.50	3.34	4.23	3.03 bc
1 - 2	1.57	3.62	4.26	3.15 b
5 - 2	1.51	3.16	4.48	3.05 bc
10 - 2	1.54	3.11	3.94	2.86 cd
10 - 1	1.56	2.92	3.50	2.66 d

*LSD=0.2754 Gemiddelden voor eenzelfde letter zijn onderling niet significant verschillend.

Uit de variantie analyse blijkt, dat de invloed van de bewaarconditie, de bewaartijd en hun onderlinge interactie aantoonbaar zijn. Uit de laatste kolom in tabel 6 blijken er ruwweg 3 groepen te onderscheiden onder de bewaarcondities. De grootste verliezen worden gemaakt in de luchtbewaarde kolven en de kolven in 1%CO₂-4%O₂, hierna volgt een grote middengroep, terwijl de geringste verliezen worden geleden in de 10%CO₂-2%O₂ en 10%CO₂-1%O₂. Het is duidelijk, dat de in een aantal andere opzichten betere condities zich ook nu positief onderscheiden.

De interactie tussen de bewaartijd en enkele bewaarcondities is weergegeven in figuur 5.

Uit de figuur blijkt, dat er met name in de periode na 6 weken onderscheid komt in de 3 gegeven bewaarcondities. Naarmate de bewaarduur langer wordt, neemt het verschil toe ten nadele van het in lucht bewaard produkt.

M.b.t. de gewichtsverliezen na een week nabewaren van het verpakte produkt (bijlage 4) kan het volgende worden opgemerkt. De gewichtsverliezen schommelen gemiddeld tussen de 2.30 en 2.75 en enig verband met de bewaarcondities gedurende de 3 aan deze week voorafgaande CA bewaring lijkt niet aanwezig. De gewichtsverliezen zijn overigens gedurende de week nabewaren bij 15°C gering te noemen.

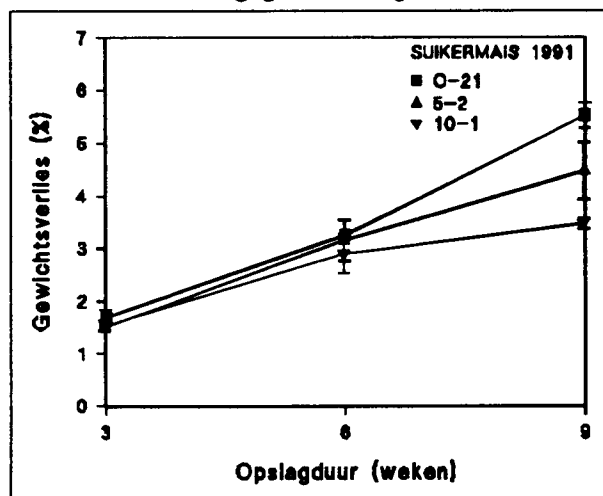


Fig 5: Invloed van de interactie tussen enkele CA condities en opslagduur op het gewichtsverlies bij suikermais.

Suikergehalte

In de bijlage 5 zijn de details weergegeven van de refractiebepalingen op de verschillende momenten tijdens de bewaring. In tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelden per uitslag.

Tabel 7: Invloed van de bewaarcondities en-tijden op de refractie bij suikermais.

Bewaar- conditie %CO ₂ - %O ₂	Refractie na verschillende bewaartijden (weken)			Gemiddeld*
	3	6	9	
0 - 21	12.100	11.750	8.625	10.825 ab
1 - 4	12.900	11.200	8.625	10.908 ab
5 - 4	12.550	12.300	10.625	11.825 a
10 - 4	12.250	12.150	11.125	11.842 a
1 - 2	12.200	12.800	10.750	11.917 a
5 - 2	12.050	11.950	9.500	11.167 ab
10 - 2	13.050	11.450	10.625	11.708 a
10 - 1	12.300	11.900	9.375	11.192 a
verpakt	10.200	11.000	8.750	9.983 b

* LSD= 1.2406 Gemiddelden voor eenzelfde letter zijn niet significant verschillend.

De variantieanalyse uitkomsten wijzen op de volgende punten. Er blijkt slechts een zeer zwak effect te zijn van de luchtsamenstellingen. Luchtbewaard, verpakt en in 1%CO₂-4%O₂ en 5%CO₂-2%O₂ bewaard produkt onderscheiden zich van de andere condities. Het verschil is echter gering namelijk minder dan 2%. Wordt gelet op de tijd, dan zijn er wel aantoonbare effecten.

Gemiddeld neemt de refractie met toenemende bewaarduur af. Interactie met bewaarcondities zijn echter niet aantoonbaar.

De achteruitgang tijdens de nabewaring bij hogere temperatuur is echter aanzienlijk. Nabewaring bij 15°C gedurende een volle week vermindert de refractie met 2.5 tot 4% (zie bijlage 5). Dat de achteruitgang na de extra week bij de uitslag na 6 weken veel minder is, moet worden geweten aan de nabewaring bij een minder hoge temperatuur namelijk 12°C gedurende een kortere tijd. Abusievelijk werden geen refractiebepalingen verricht bij de uitslag na 9+1 weken.

Tenslotte moet worden bedacht, dat in de gepresenteerde cijfers geen rekening is gehouden met de verliezen door vocht- en/of ademhalingsverliezen (opgeteld het gewichtsverlies). Als de waarnemingen zouden worden betrokken op het oorspronkelijk ingeslagen vers gewicht, dan zou het gehalte in iets meer toenemende mate gedurende de bewaring dalen. Door vochtverlies wordt het gehalte aan inhoudsstoffen meer geconcentreerd! Uiteraard staan hier tegenover de verliezen door de ademhaling, terwijl ook de omzetting van suikers naar zetmeel in bovenstaande cijfers niet gezien kan worden.

Voor praktische doeleinden is de gehanteerde presentatie de beste methode. Immers bij de distributie van het produkt zal een controle op refractie betrekking hebben op de actuele situatie.

Smaak

In de bijlage 6 zijn de gegevens van de smaaktoetsen weergegeven. Hieruit blijkt, dat de nabewaring van 1 week bij 15°C te lang is geweest. Met name onder de rubriek smaak/aroma na 3 weken opslag worden teveel negatieve opmerkingen gemaakt, die uitmonden in een soms onaanvaardbaar algemeen oordeel. De beoordelingen na 6 en 9 weken zijn gemiddeld genomen beter en resulteren voor de meest beloftevolle CA conditie met 10%CO₂ in een ruim aanvaardbaar algemeen oordeel.

Discussie

De invloed van CA condities op een aantal kwaliteitskenmerken blijkt in dit onderzoek nogal uiteenlopend. Verwacht werd naar analogie van een aantal andere produkten als prei, kool en spruitkool (Pelleboer 1984, Geeson 1980, Embrechts 1988) een vrij sterke invloed op het behoud van de groene kleur van het omblad van bewaarde suikermais. Dit effect blijkt inderdaad aanwezig, maar in een omvang die minder was dan verwacht. Dit kan te maken hebben met het een aantal zaken. Op de eerste plaats is suikermais een monocotyl in tegenstelling tot de andere gewassen. Het is niet uitgesloten, dat dit van betekenis is met betrekking tot de afbraak van chlorofyl. Verder is de bepalingwijze hier ook van belang. Vooral bij de latere bepalingen moesten veel kolven worden beoordeeld, die ook min of meer waren aangetast door schimmels. Het is niet uitgesloten, dat dit mengsel van kleuren een volledig zuivere beoordeling van de groene kleur heeft beïnvloed.

Uit tal van publicaties is bekend, dat de ontwikkeling van parasitair bederf sterk kan worden gereduceerd door verlaging van de zuurstofspanning en/of verhoging van de koolzuurconcentratie. Vaak betreft dit echter een indirect effect. Doordat de ademhaling en veroudering op een lager nivo gaan plaatsvinden door de veranderingen in luchtsamenstelling, verloopt de parasitaire aantasting ook vertraagd. In onderzoek met reïncultures is gebleken, dat voor een directe vertraging van kieming en groei van de parasitaire schimmels lage (<4%O₂) zuurstof- dan wel hoge koolzuurconcentraties nodig zijn (Wells en Uota 1970). Het ziet er dus naar uit, dat in dit onderzoek zowel direct als indirect de ontwikkeling van parasitair bederf is beïnvloed.

Het parasitaire bederf op blad en zaad gaat sterk versneld verder tijdens de nabewaring. Dit houdt een waarschuwing in tegen zeer lange bewaarperiodes. Door te lang opslaan kan het produkt nog redelijk worden gemaakt door het verwijderen van blad, maar het bederf zal zich snel voortzetten bij de hogere temperaturen die tijdens de distributie van groente en fruit gebruikelijk zijn.

In verband met parasitair bederf is voorts ook nog van belang, dat zaden van relatief veel kolven door de mechanische oogst in lichte mate zijn beschadigd. Vaak werd parasitair bederf geconstateerd op die plekken.

Gewichtsverliezen bleken regelmatig in de tijd toe te nemen. De invloed van CA condities was positief d.w.z. er was minder gewichtsverlies en het ligt erg voor de hand aan te nemen, dat dit effect indirect is. Door de uitgebreidere parasitaire aantasting ontstaat meer verdamping tot uitdrukking komend in groter gewichtsverlies. De refractie daalde in de loop van de 9 weken bewaring met ruim 1% van 12.177% naar 11.018%. Dit verlies is door andere auteurs soms in grotere mate vastgesteld (Pauling et al 1978), hetgeen een gevolg kan zijn van de iets hogere temperatuur die werd gehanteerd namelijk 1.7°C. Toenames in refractie zijn ook gevonden (Deak et al 1987). Dit wordt weer verklaard doordat het onderzoek bij een lagere vochtspanning plaatsvond, waardoor het vochtverlies toenam en dus in principe ook de refractie.

In het ATO onderzoek werd gewerkt met containers, waarin een zeer hoge vochtspanning heerst. Dit beperkt zeer het gewichtsverlies, maar bevordert wellicht de ontwikkeling van parasitair bederf. Er bleek sprake van een vrij groot verschil in de smaakbeoordelingen na 3 weken opslag en na langere bewaarduur. Dit werd veroorzaakt door een te lange nabewaring bij 15°C. Deze waarneming vormt een waarschuwing tegen de grote kwetsbaarheid van het produkt onder (ongekoelde) distributiecondities. Geruststellend voor CA bewaring is, dat zelfs na 9 weken de keurders het produkt als aanvaardbaar beoordeelden.

Aanbevelingen

- Het ware te overwegen nader onderzoek te verrichten bij iets lagere vochtspanning. Verder zou dit in combinatie kunnen gaan met verschillende temperaturen. Er is namelijk tijdens het onderzoek regelmatig kleverigheid van de zaden geconstateerd en ook een zekere voosheid van het centrale gedeelte van de kolven. Dit roept de vraag op, of 0-1°C wel de optimale temperatuur is voor suikermais.

- Het lijkt het er op, dat suikermais zeer tolerant is voor CO₂ verhogingen. Het onderzoek werd met maximaal 10%CO₂ verricht. Wellicht is nog meer winst te behalen door verdere verhoging

van het CO₂ gehalte.

- Nagegaan zou moeten worden of de hoeveelheid kolven met beschadigingen gereduceerd zou kunnen worden. Op deze manier wordt uitval door parasitair bederf tegengegaan.
- Onderzocht zou kunnen worden, hoe de suikersamenstelling wordt beïnvloed door CA condities en hoe dit precies samenhangt met de waardering door een smaakpanel.

- In het onderzoekplan, dat aan FARM PACK werd aangeboden was reeds voorzien in vervolgonderzoek op dit werk. Uit dit werk zouden aanbevelingen moeten komen voor de bewaarcondities in het vervolgonderzoek. Deze aanbevelingen zijn: temperatuur 0-1°C, een CO₂ concentratie van 10%, een zuurstofconcentratie van 1-2% en een bewaarduur van maximaal van 10 weken.

De voorlopige aanbeveling voor CA bewaring in de praktijk zijn gelijklopend met uitzondering van de bewaartijd, welke zeer waarschijnlijk niet langer kan zijn dan 6 weken.

Literatuur

Deak T., E.K. Heaton, Y.C. Young and L.R. Beuchat. Extending the Shelf Life of Fresh Sweet Corn by Shrink Wrapping, Refrigeration and Irradiation. *J. of Fd Sci.* 52, 6, 1625-1631 (1987).

Embrechts A.J.M. Onderzoek op Sprenger Instituut leert: Prei beter bewaarbaar in de CA-cel. *Groenten en Fruit* 43, 27, 52-53 (1988).

Geeson J.D. and K.M. Browne. Controlled Atmosphere of winter white cabbage. *Ann. Appl. Biol.* 95: 267-272 (1980).

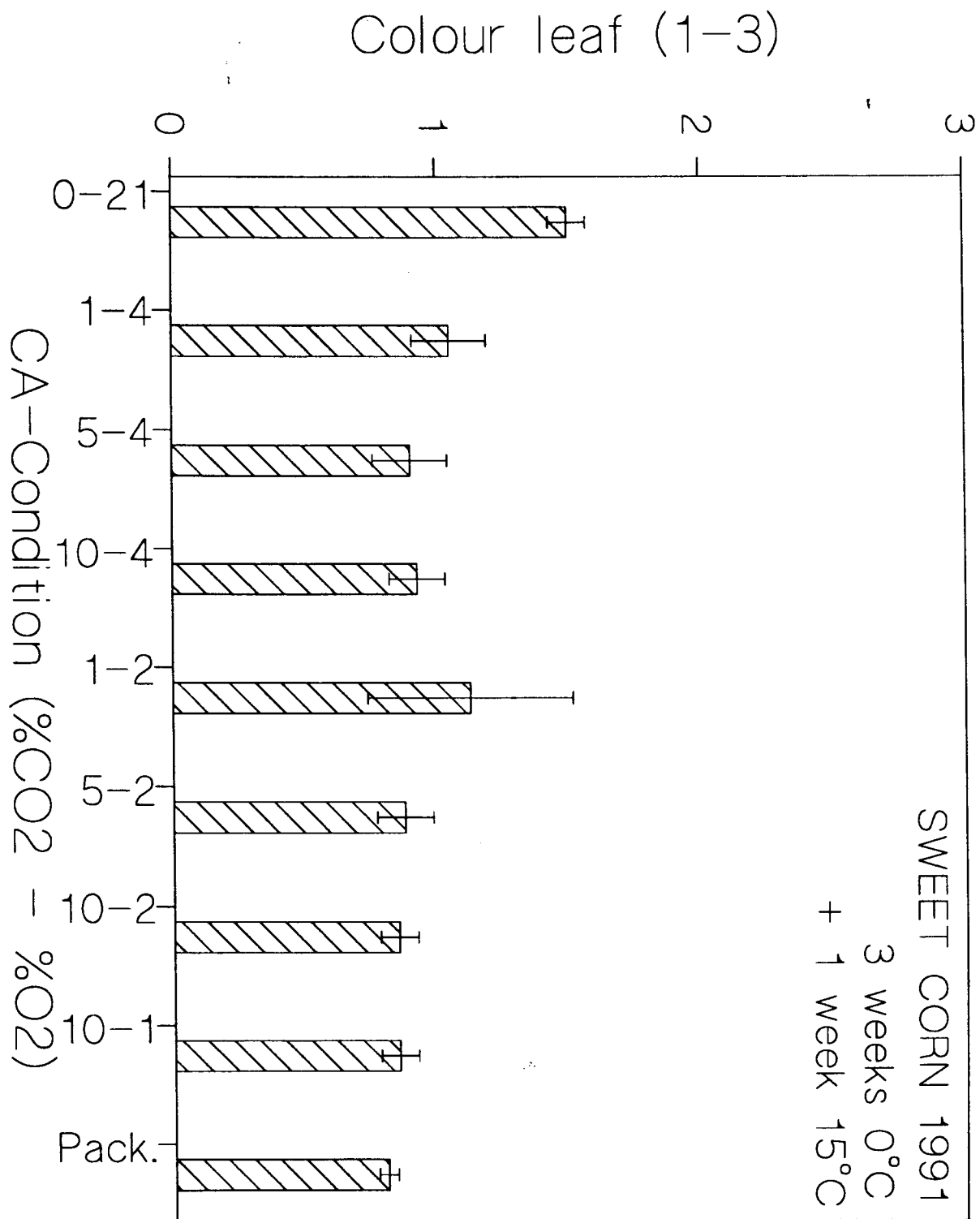
Maaker J.M. de. Invloed van kleinverpakking op het kwaliteitsbehoud van groente en fruit tijdens de afzet. *Voedingsmiddelentechnologie*, 17, 9, 64-67 (1984).

Spalding D.H., P.L. Davis and W.F. Reeder. Quality of Sweet Corn Stored in Controlled Atmospheres or under Low Pressure. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 103, 5, 592-595 (1978).

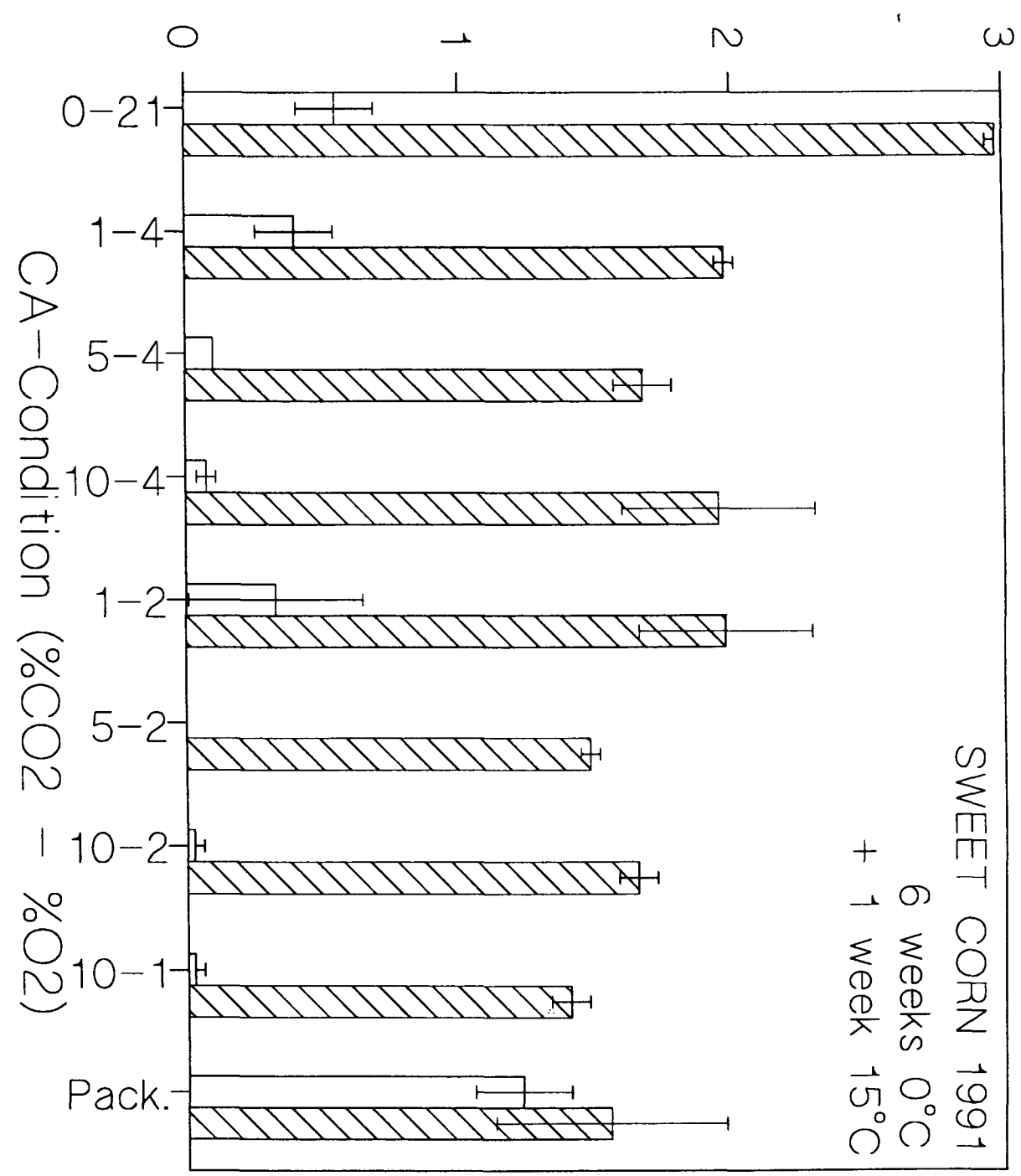
Saltveit M.E. Jr. A Summary of Requirements and Recommendations for the Controlled and Modified Atmosphere Storage of Harvested Vegetables. *Int. Contr. Atm. Res. Conf. Wenatchee, Washington, 5th Proc., Vol. 2,* 329-352 (1989).

Pelleboer H. CA-bewaring spruitkool biedt perspectief. *Groenten en Fruit* 38, 6, 60-61 (1982).

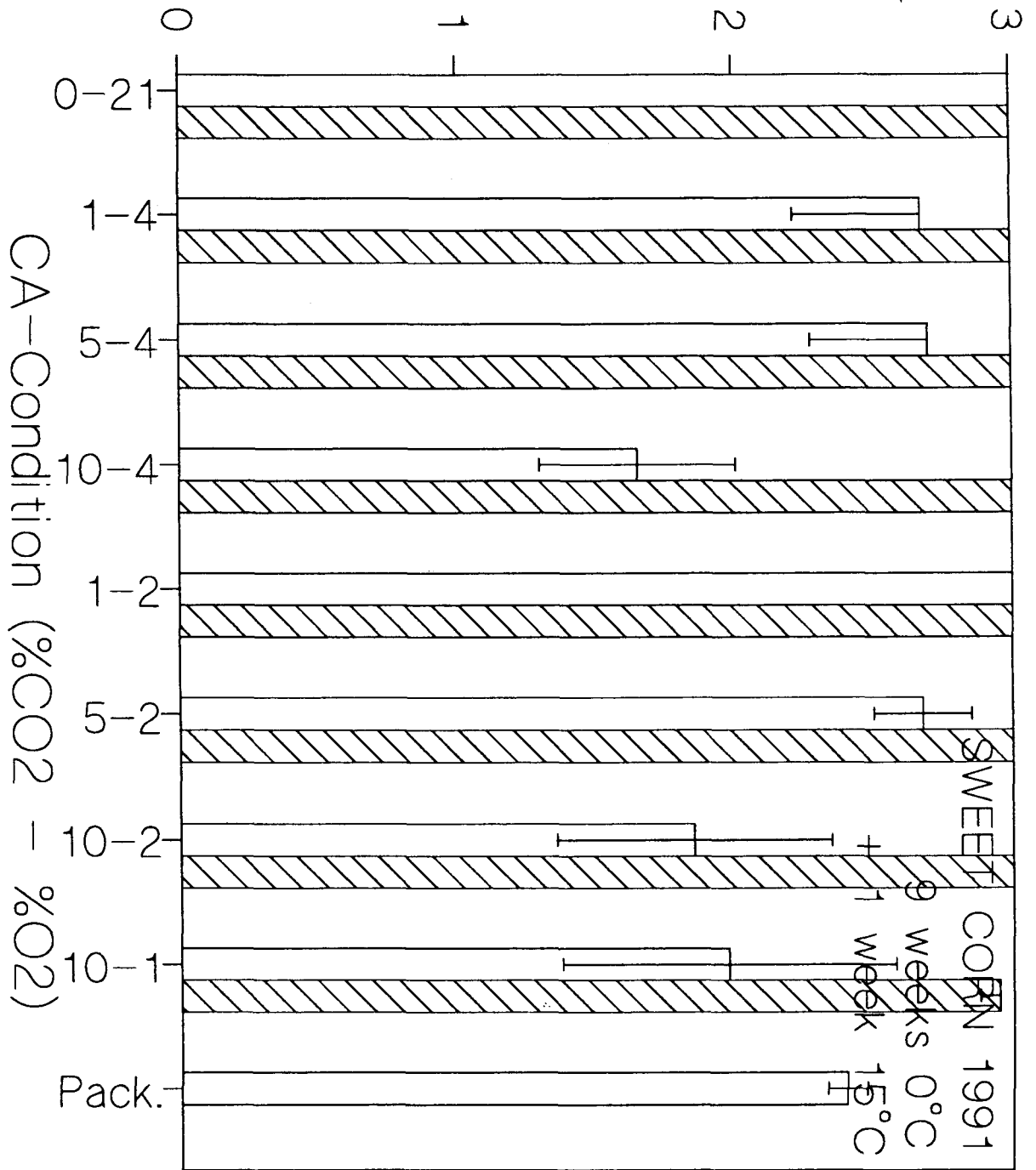
Wells J.M. and M. Uota. Germination and Growth of five Fungi in Low-Oxygen and High-Carbon Dioxide Atmospheres. *Phytopathology*, 60, 1, 50-53 (1970).



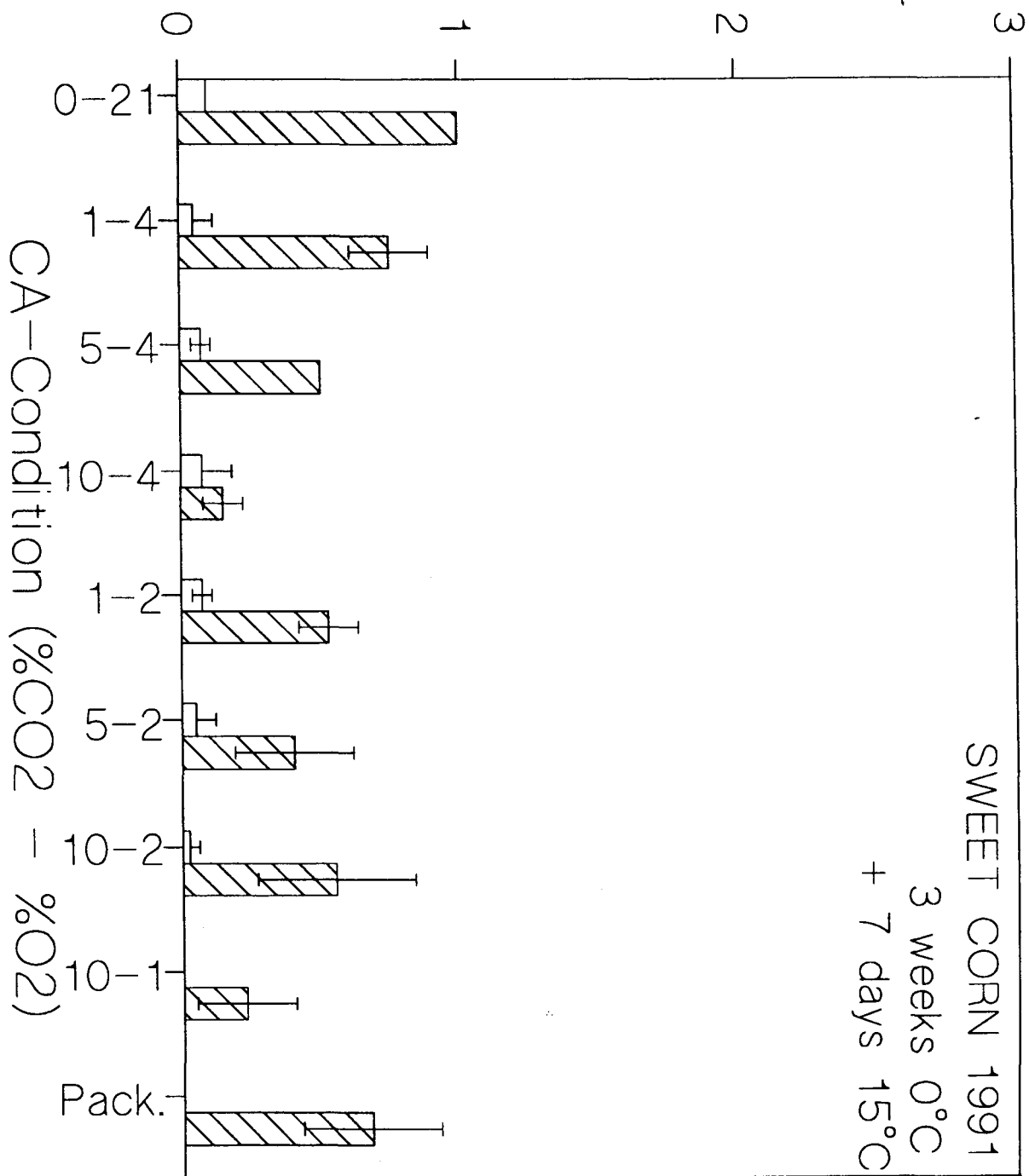
Colour leaf (1-3)



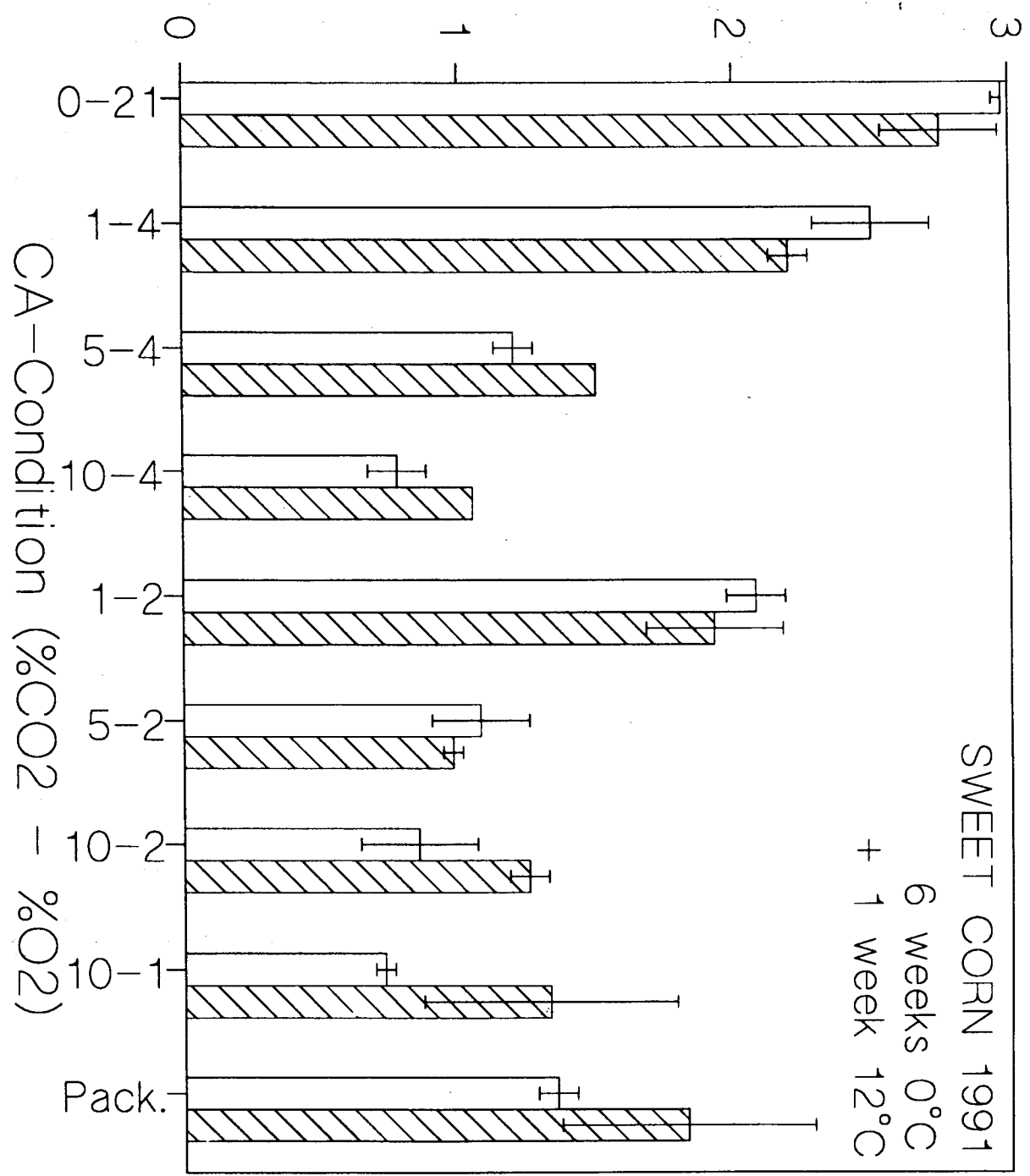
Colour leaf (1-3)

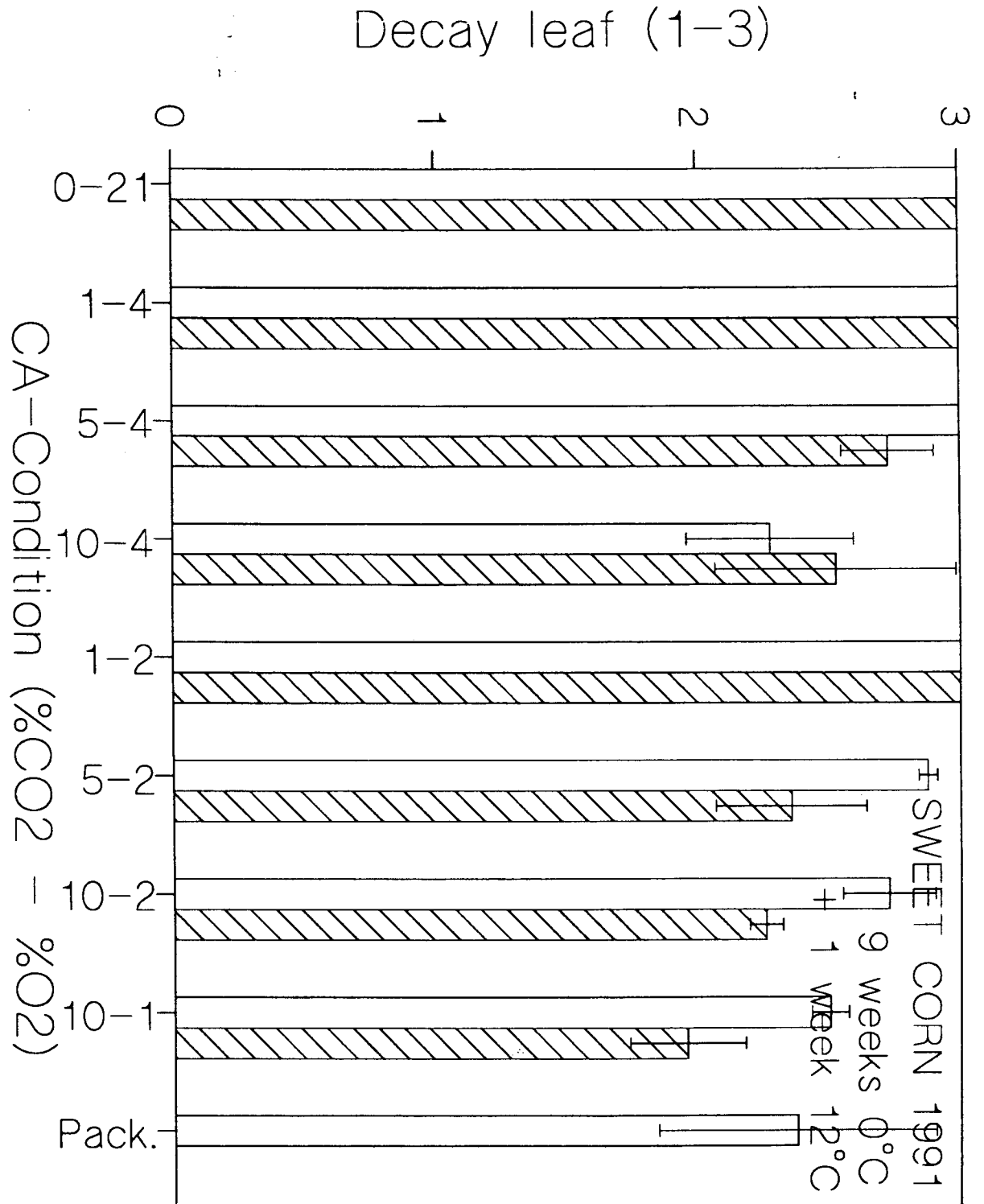


Decay leaf (1-3)

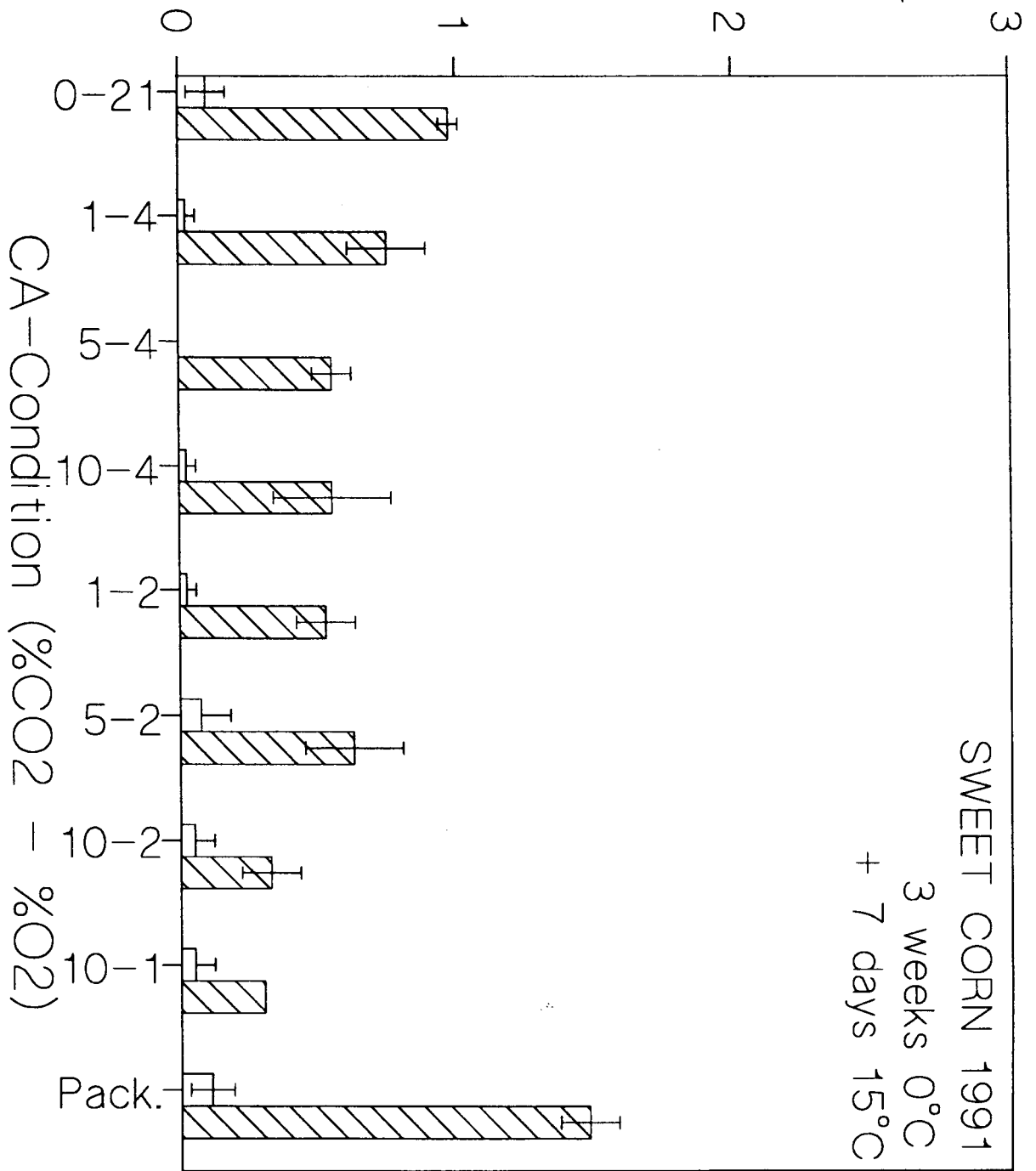


Decay leaf (1-3)

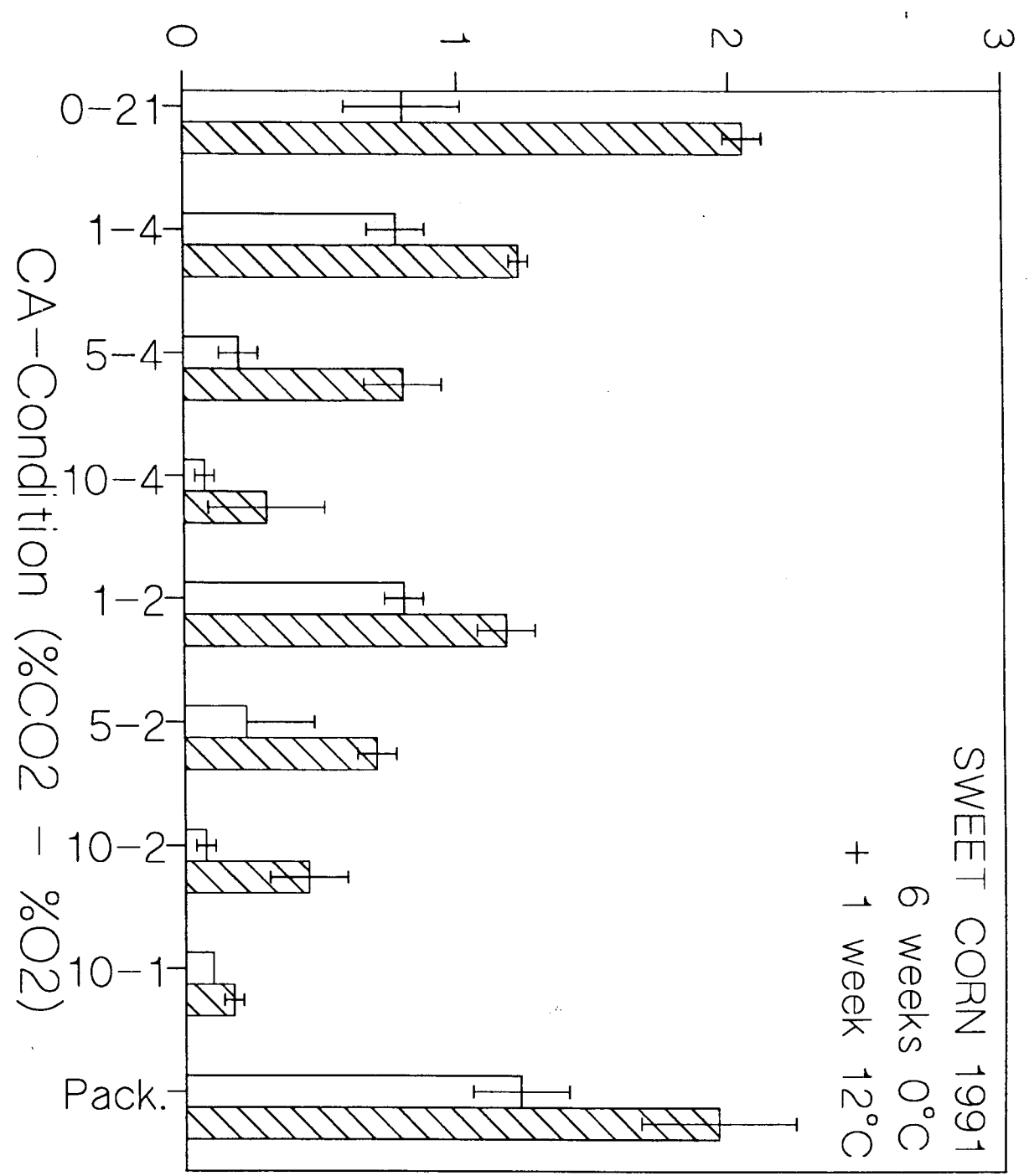


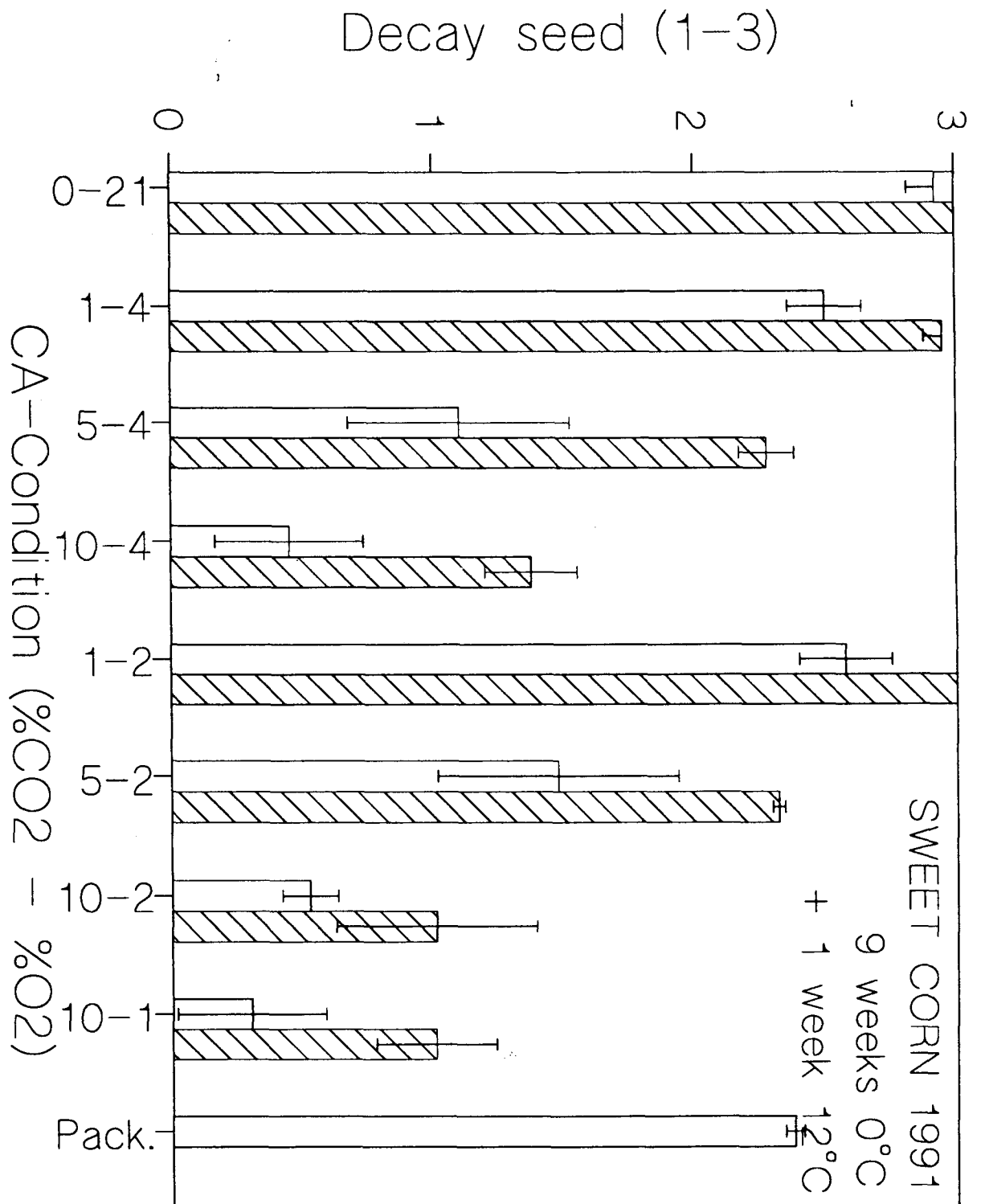


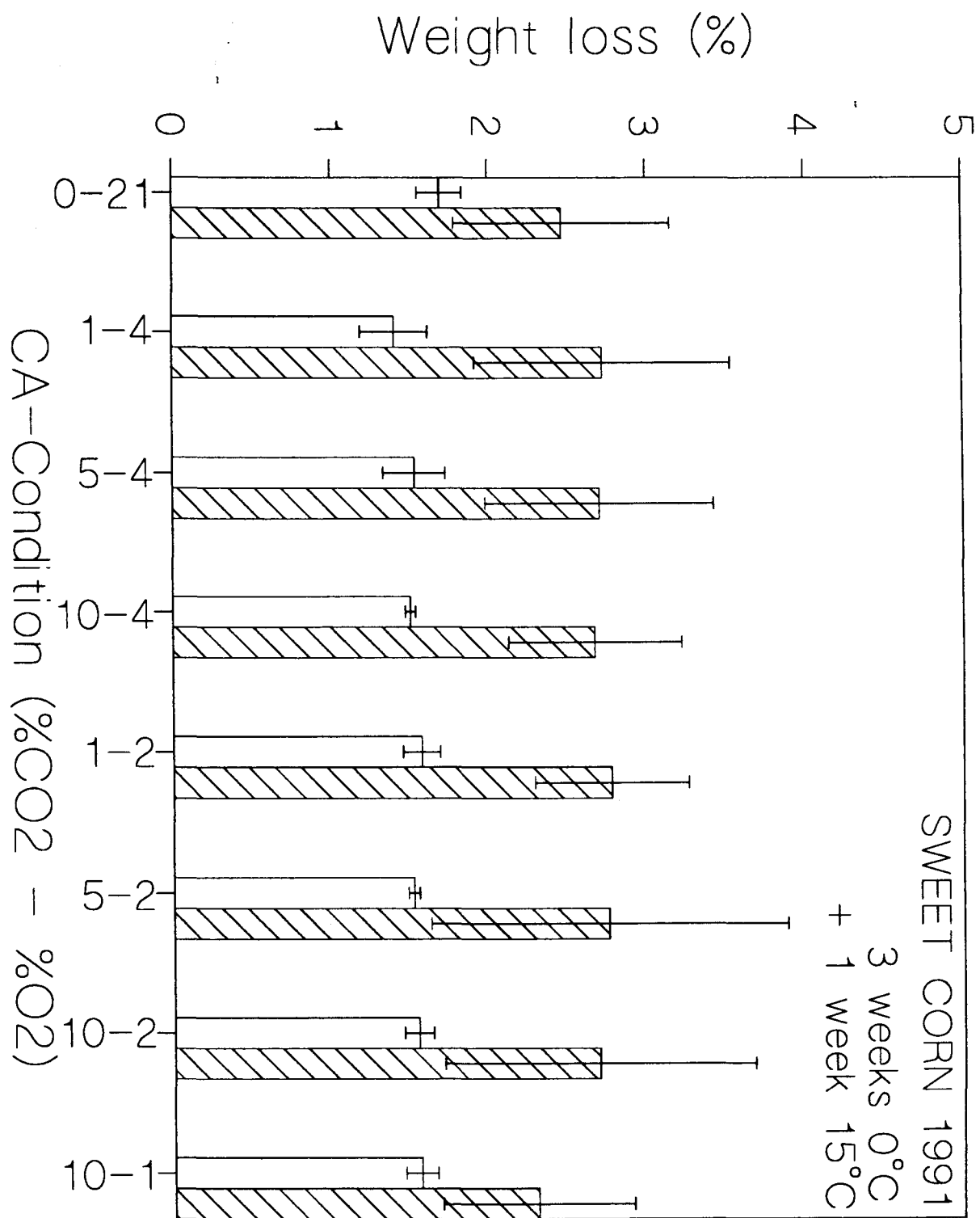
Decay seed (1-3)

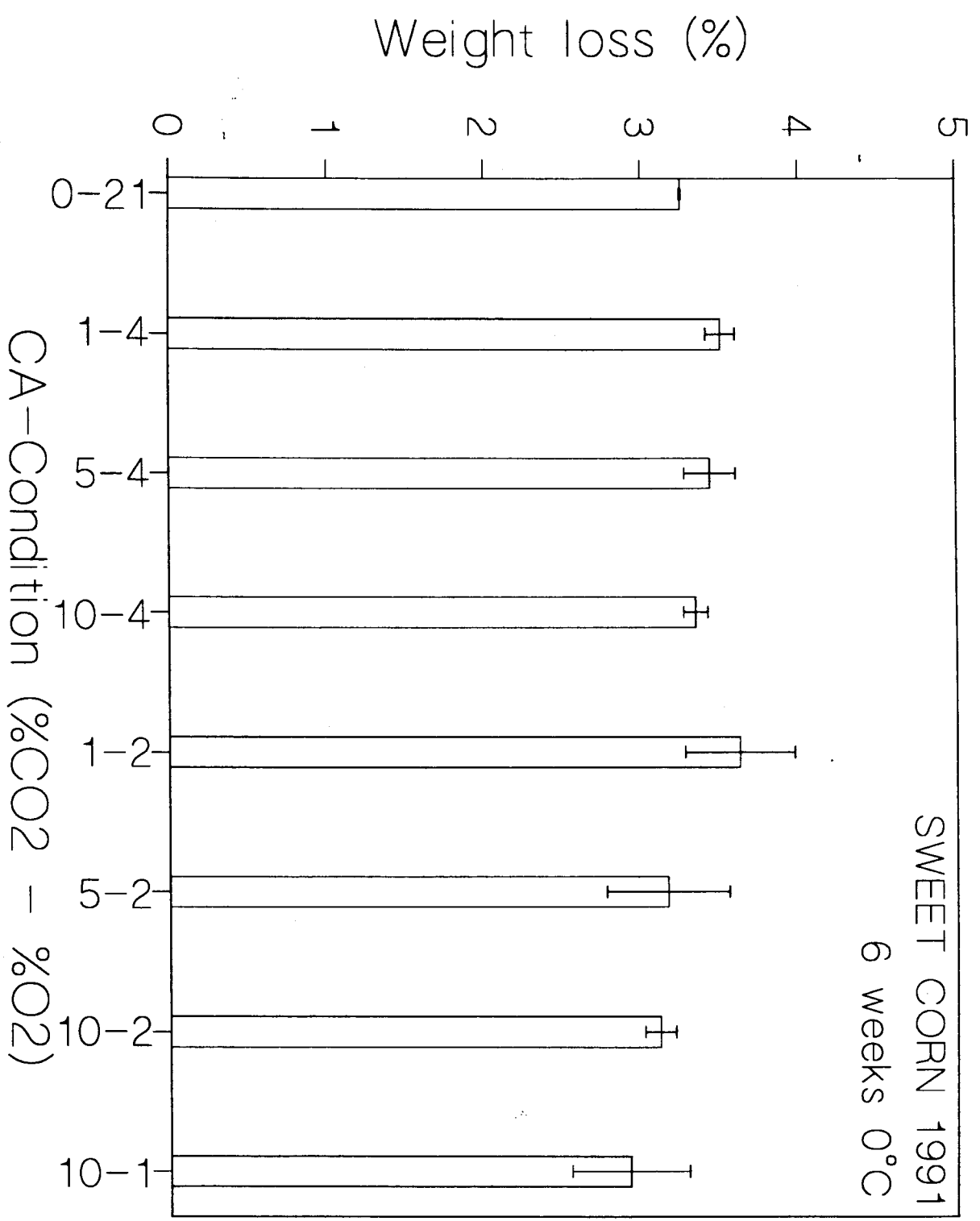


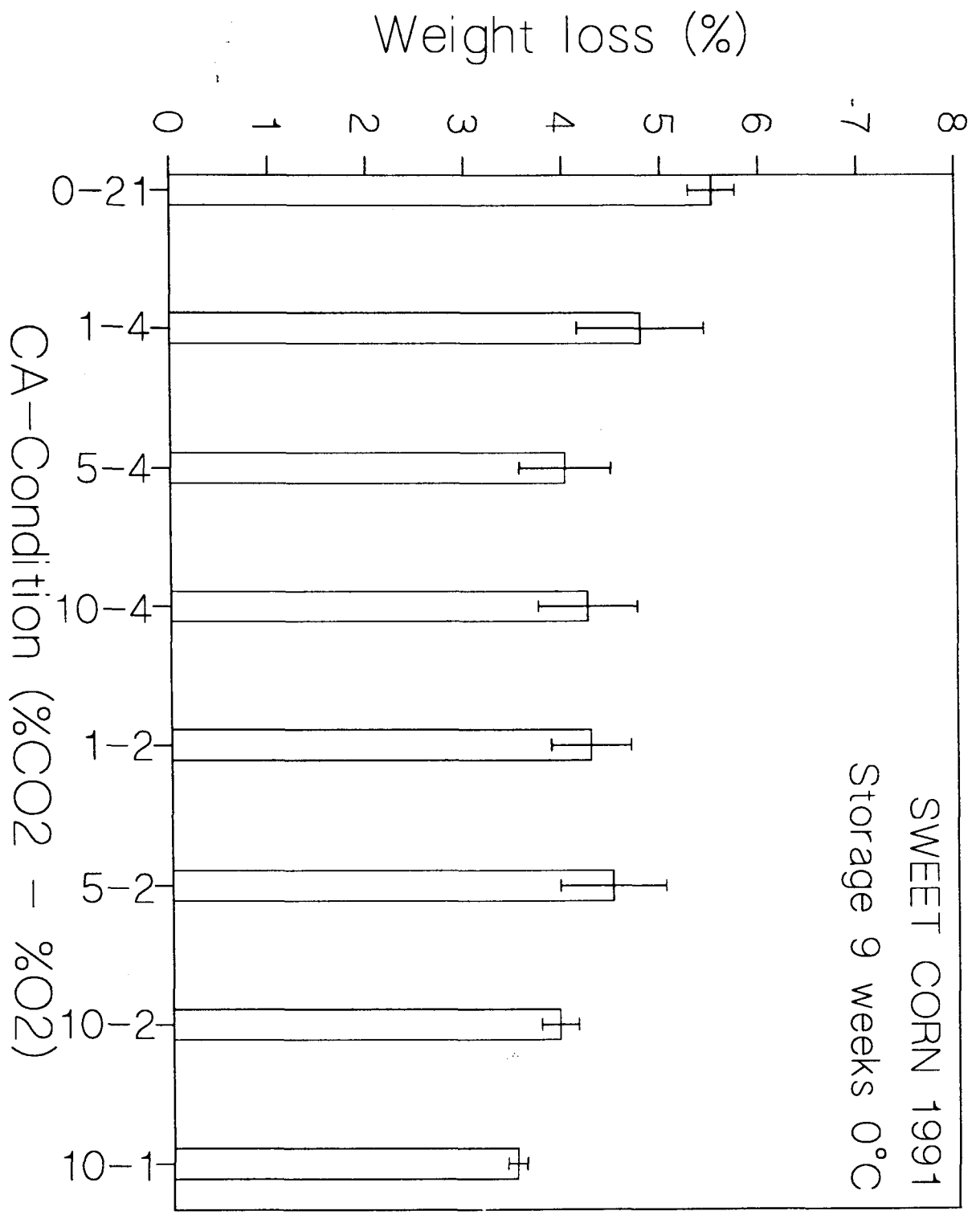
Decay seed (1-3)









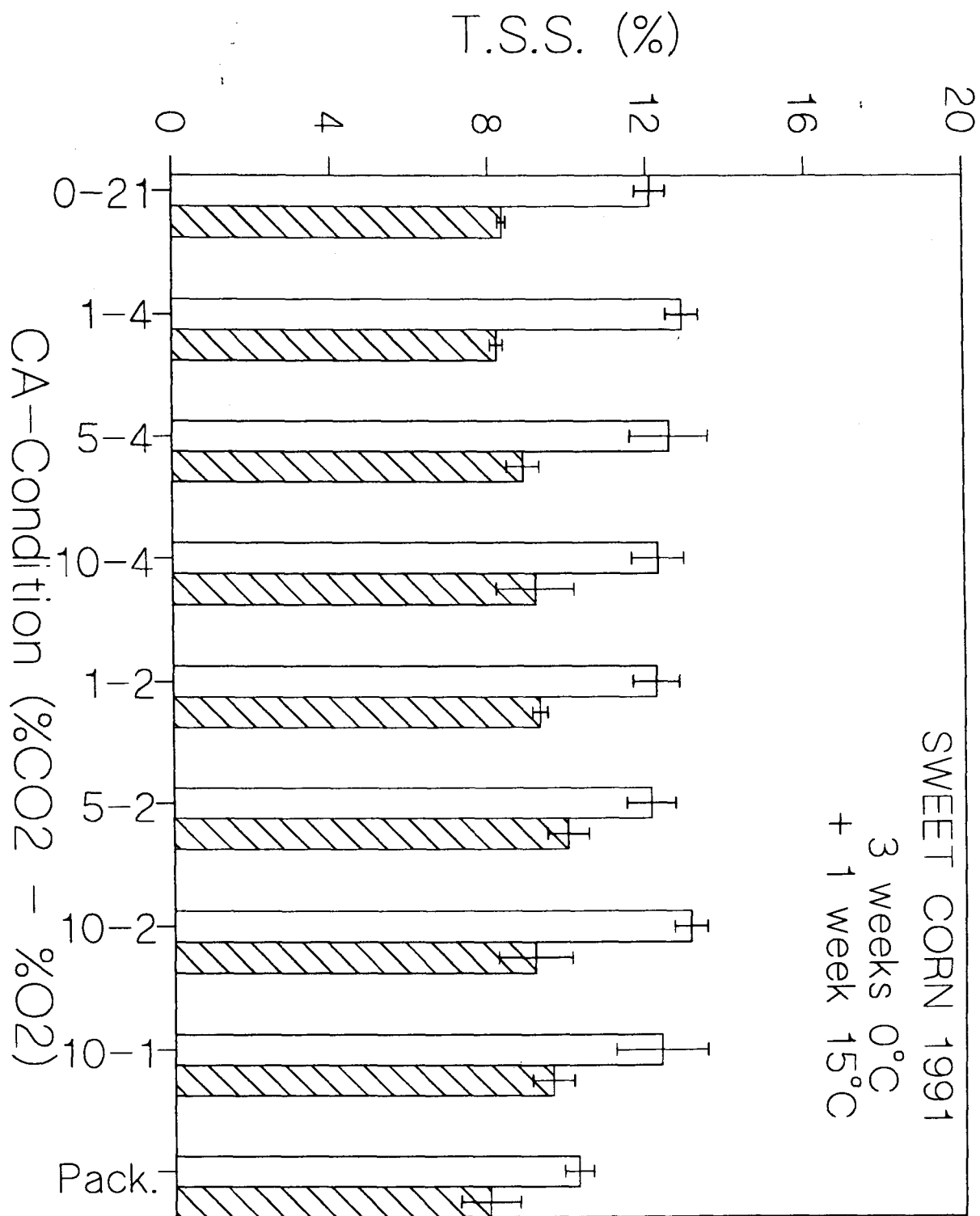


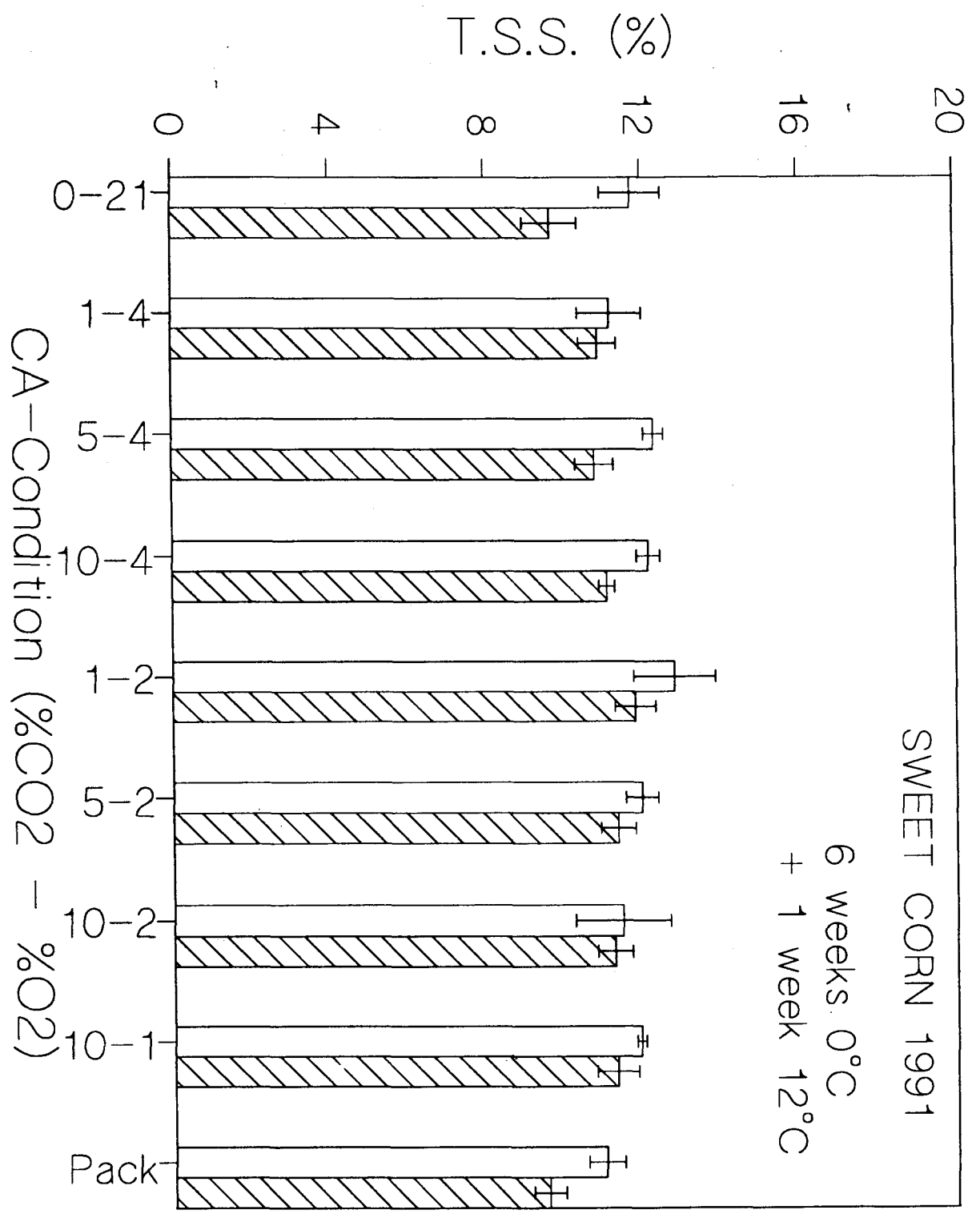
Uitslag na 1 week nabewaren (verpakt) bij 15C.

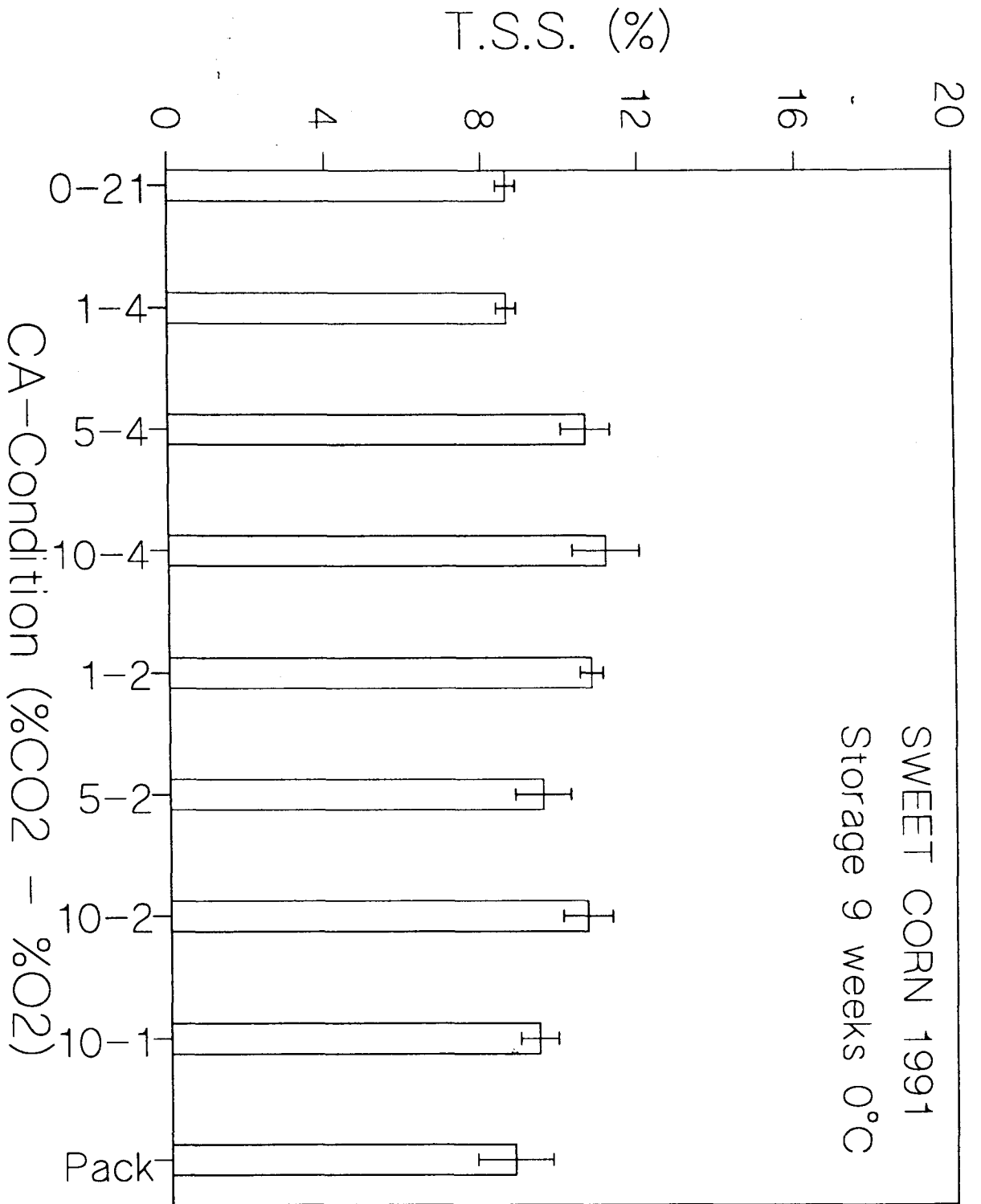
Cont/Condi	Gew op 12/09	Gew op 19/09	Gewverl (%)	Gem per conditie
33 0-21	456	442	3.070175	2.771941
	430	418	2.790697	
	462	446	3.463203	
	482	466	3.319502	
	540	524	2.962962	
	524	512	2.290076	
	422	408	3.317535	
	498	484	2.811244	
	530	520	1.886792	
	664	652	1.807228	
43 0-21	694	680	2.017291	2.166319
	528	512	3.030303	
	552	544	1.449275	
	498	486	2.409638	
	460	452	1.739130	
	446	438	1.793721	
	594	582	2.020202	
	462	450	2.597402	
	424	410	3.301886	
	460	454	1.304347	
35 1-4	468	446	4.700854	3.223859
	462	448	3.030303	
	480	464	3.333333	
	546	534	2.197802	
	436	422	3.211009	
	466	446	4.291845	
	474	462	2.531645	
	556	540	2.877697	
	400	386	3.5	
	624	608	2.564102	
45 1-4	610	598	1.967213	2.222684
	510	494	3.137254	
	444	432	2.702702	
	494	484	2.024291	
	576	562	2.430555	
	568	556	2.112676	
	422	416	1.421800	
	448	438	2.232142	
	460	450	2.173913	
	494	484	2.024291	
34 5-4	492	476	3.252032	2.843108
	474	460	2.953586	
	520	514	1.153846	
	410	398	2.926829	
	422	414	1.895734	
	632	614	2.848101	
	596	580	2.684563	
	420	402	4.285714	
	480	464	3.333333	
	452	438	3.097345	
46 5-4	554	538	2.888086	2.555667
	424	408	3.773584	
	436	426	2.293577	

	584	574	1.712328	
	440	432	1.818181	
	568	554	2.464788	
	464	450	3.017241	
	552	538	2.536231	
	632	616	2.531645	
	476	464	2.521008	
40 10-4	506	490	3.162055	2.742457
	574	560	2.439024	
	506	496	1.976284	
	580	564	2.758620	
	434	418	3.686635	
	486	478	1.646090	
	464	452	2.586206	
	428	416	2.803738	
	420	408	2.857142	
	570	550	3.508771	
41 10-4	496	478	3.629032	2.594466
	546	530	2.930402	
	584	572	2.054794	
	530	516	2.641509	
	560	544	2.857142	
	586	572	2.389078	
	638	624	2.194357	
	612	598	2.287581	
	620	606	2.258064	
	592	576	2.702702	
38 1-2	592	578	2.364864	2.748063
	450	436	3.111111	
	424	414	2.358490	
	424	414	2.358490	
	504	486	3.571428	
	570	556	2.456140	
	490	474	3.265306	
	608	592	2.631578	
	498	486	2.409638	
	474	460	2.953586	
48 1-2	664	646	2.710843	2.792345
	494	478	3.238866	
	602	588	2.325581	
	524	506	3.435114	
	464	456	1.724137	
	558	542	2.867383	
	644	624	3.105590	
	542	530	2.214022	
	548	530	3.284671	
	464	450	3.017241	
39 5-2	546	528	3.296703	2.782119
	486	460	5.349794	
	486	470	3.292181	
	384	378	1.5625	
	404	386	4.455445	
	656	638	2.743902	
	474	464	2.109704	
	452	442	2.212389	
	408	404	0.980392	

	524	506	3.435114	
	680	662	2.647058	
	280	270	3.571428	
	712	696	2.247191	
	636	620	2.515723	
	602	596	0.996677	
	588	578	1.700680	
36 10-2	608	606	0.328947	2.129616
	456	444	2.631578	
	450	440	2.222222	
	590	580	1.694915	
	540	528	2.222222	
	510	502	1.568627	
	554	540	2.527075	
	640	626	2.1875	
	608	596	1.973684	
	660	634	3.939393	
47 10-2	486	472	2.880658	3.247447
	590	564	4.406779	
	440	430	2.272727	
	492	476	3.252032	
	652	634	2.760736	
	650	628	3.384615	
	486	466	4.115226	
	576	554	3.819444	
	486	470	3.292181	
	524	512	2.290076	
37 10-1	598	582	2.675585	2.017551
	684	670	2.046783	
	610	598	1.967213	
	590	574	2.711864	
	614	602	1.954397	
	432	426	1.388888	
	462	450	2.597402	
	590	582	1.355932	
	532	524	1.503759	
	608	596	1.973684	
42 10-1	458	446	2.620087	2.581531
	470	458	2.553191	
	638	624	2.194357	
	486	478	1.646090	
	434	422	2.764976	
	650	632	2.769230	
	490	476	2.857142	
	690	678	1.739130	
	572	552	3.496503	
	630	610	3.174603	







Bijlage 6

Invloed van bewaarcondities op enkele smaakaspecten van suikermais, die 3, 6 of 9 weken werd bewaard.

Bewaar- conditie %CO ₂ - %O ₂	smaak/aroma	3 weken opslag mondgevoel	Algem. oordeel
0 - 21	- redelijk zoet - iets bitterig (wrangig) - zwak maisaroma	goed(normaal)	NOG NET AANVAARDBAAR (smaak)!
1 - 2	- matig/redelijk zoet - bijna geen maisaroma - geen afwijking	iets melig	AANVAARDBAAR
10 - 4	- matig zoet - bitterig - muffig - afwijkend	vellerig	NAUWELIJKS AAN VAARDBAAR
10 - 2	- redelijk zoet - zwak maisaroma - geen afwijking	- iets melig - vellen iets taai	NOG AANVAARDBAAR
10 - 1	- redelijk zoet - hooiig - bijna geen maisaroma	melig	BIJNA NIET AANVAARDBAAR

Bewaar- conditie %CO2 - %O2	smaak/aroma	mondgevoel	Algemeen oordeel
0 - 21	- redelijk zoet - iets oud - iets hooiig - redelijk maisaroma	iets droog	RUIM AANVAARDBAAR
1 - 2	- matig zoet - hooiig - iets wrangig - weinig maisaroma - (iets vreemds)	- iets vezelig - iets droog	NOG NET AANVAARDBAAR
10 - 2	- redelijk zoet - zwak maisaroma - (niet helemaal zuiver)	- vellen iets vezelig - redelijk sappig	RUIM AANVAARDBAAR
10 - 1	- redelijk zoet - redelijk maisaroma - iets hooiig - iets wrange nasmaak	- iets vezelig - redelijk sappig	RUIM AAN-
5 - 2	- redelijk zoet - zeer zwak maisaroma - (zuiver)	- iets vezelig - redelijk sappig	RUIM AANVAARDBAAR (als 10-2)

Bewaar- conditie %CO2 - %O2	smaak/aroma	9 weken opslag mondgevoel	Algem. oordeel
1 - 2	- matig/redelijk zoet - iets hooiig - iets muffig - zeer zwak maisaroma	- iets vezelig - iets melig	NOG NET AANVAARDBAAR
10 - 2	- redelijk zoet - zwak maisaroma - zuiver	- redelijk normaal	RUIM AANVAARDBAAR
10 - 1	- redelijk zoet - redelijk maisaroma	- redelijk normaal	RUIM AANVAARDBAAR
5 - 2	- matig zoet - soms iets hooiig - vrij vlak	- redelijk normaal	RUIM AANVAARDBAAR