1023997

Slechtere bakkleur

door verhoogde CO_2 concentratie in aardappelbewaring

ir. A. Veerman

Onderzoek in de jaren 1992-1997 heeft uitgewezen dat een verhoogd kooldioxidegehalte tijdens de bewaring van aardappelen een donkerder bakkleur veroorzaakt. De CO_2 ophoping is vooral afhankelijk van de dichtheid van de bewaarplaats. Adviezen ten aanzien van benodigde extra luchtverversing zijn dan ook maatwerk.

Bakkleur

De bakkleur wordt door vele factoren beïnvloed. Enerzijds zijn dat de groeiomstandigheden in het veld, anderzijds de bewaaromstandigheden. Tijdens de bewaring is de producttemperatuur een belangrijke factor. Als de temperatuur te lang te laag is, stijgt het gehalte aan reducerende suikers en wordt de bakkleur van onder andere frites en chips donkerder. De aanbevolen bewaartemperaturen voor aardappelen voor deze bestemmingen zijn dan ook relatief hoog, waarbij er nog verschillen zijn afhankelijk van bestemming, ras en bewaarduur.

Vermoeden

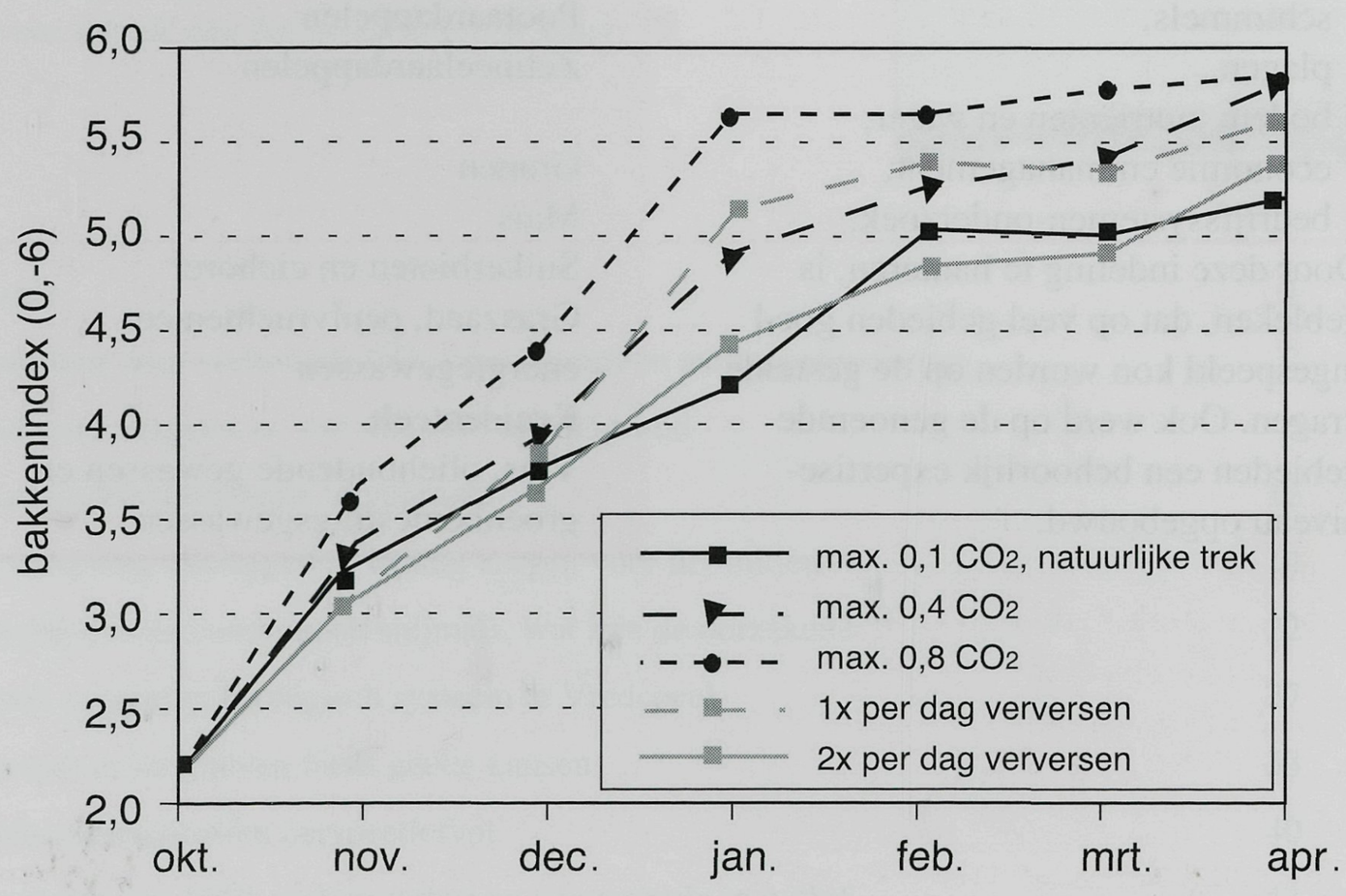
Reeds in de jaren tachtig bestond in de praktijk het vermoeden dat tijdens de bewaring de producttemperatuur niet de enige factor voor de bakkleur is. Er waren problemen met de bakkleur die niet aan een te lage bewaartemperatuur konden worden toegeschreven. Deze problemen kwamen vooral voor in nieuwe en gerenoveerde bewaarplaatsen.
Aardappelen zijn een levend en dus ademend product. In de ademhaling worden koolhydraten (zetmeel) en zuurstof omgezet in water en kooldioxide. Het is niet ondenkbaar dat in een dichte bewaarplaats door de ademhaling het zuurstofgehalte daalt en het kooldioxidegehalte stijgt in perioden dat niet met buitenlucht wordt geventileerd. Dit leidde tot de veronderstelling dat de stijging van het CO_2-gehalte in dichte bewaarplaatsen de oorzaak was van de problemen met de bakkleur in dergelijke bewaarplaatsen.

Experimenten

In 1992 werd begonnen met het onderzoek waarin bovengenoemde veronderstelling werd getoetst. Door verschillen in ventilatie met buitenlucht werden in verschillende bewaarcellen uiteenlopende CO_2-gehalten bereikt. In iedere cel werd het CO_2-gehalte voortdurend gemeten. In één van de experimenten werd de ventilatie met buitenlucht zelfs gestuurd aan de hand van het CO_2-gehalte. De temperatuur werd beheerst met behulp van mechanische koeling, omdat koeling met buitenlucht de gewenste mate van luchtverversing verstoord zou hebben. In de meeste experimenten werd het ras Bintje gebruikt en werd de bakkleur maandelijks vastgesteld. Ook werd onderzocht in hoeverre een negatieve invloed van CO_2 op de bakkleur ongedaan kon worden gemaakt met behulp van reconditioneren. Tevens werd geïnventariseerd welke gehalten in praktijkbewaarplaatsen konden worden aangetroffen.

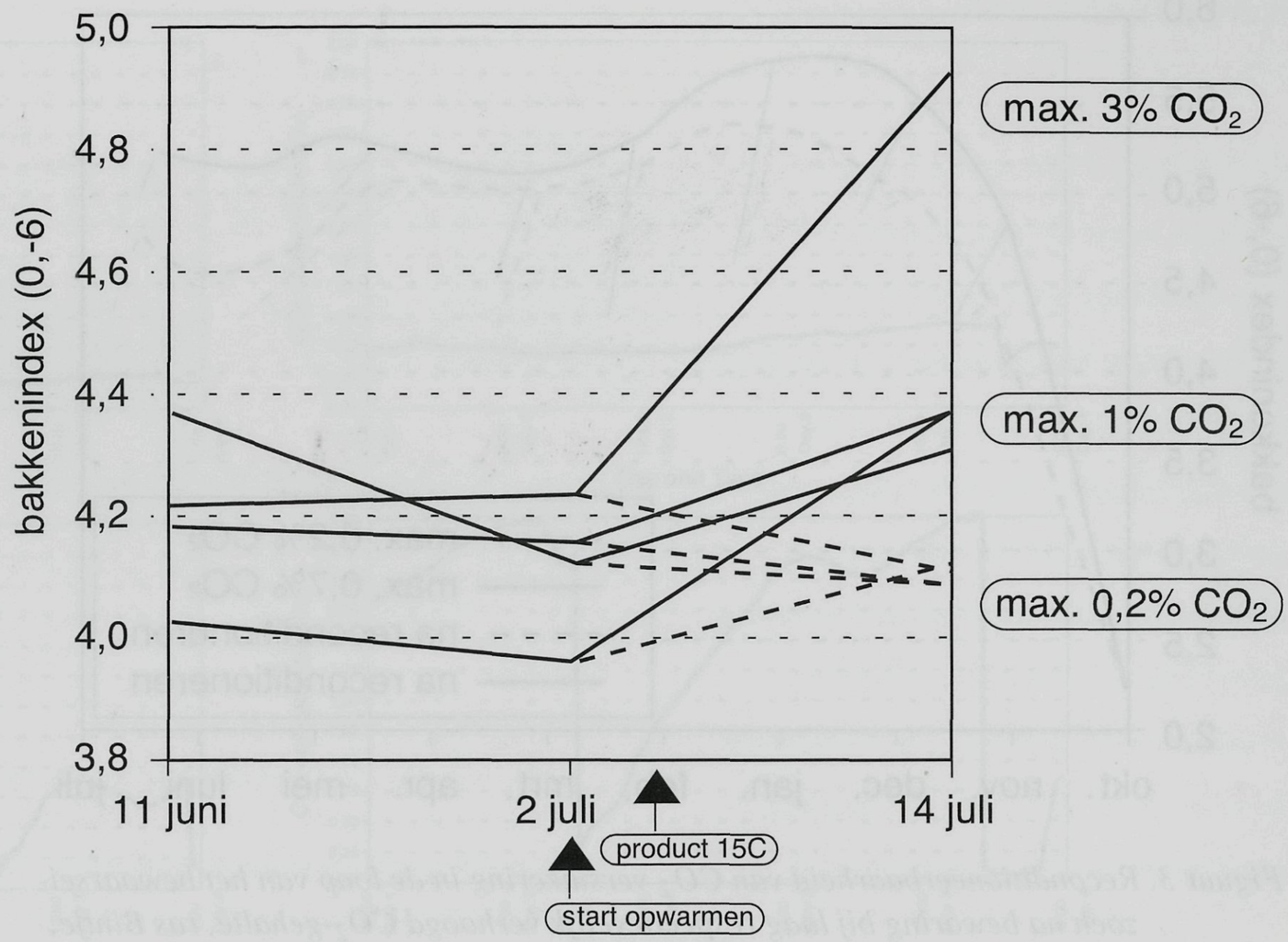
Bevestiging

De experimenten hebben in alle onderzoeksjaren laten zien dat verhoogde CO_2-gehalten de bakkleur donkerder maken. Figuur 1 illustreert het effect op de oogst (Bintje) van 1994. In dit experiment werd de lucht ververst wanneer het CO_2-gehalte 0,4 respectievelijk 0,8 % bereikte. De gemiddelde CO_2-gehalten waren lager: 0,3 respectievelijk 0,6 %. Hoewel dit geen extreem hoge gehalten zijn, hadden ze toch behoorlijk grote effecten op de bakkleur. Langdurige gehalten van ongeveer 0,5 % bleken de bakkleur dus wezenlijk te verslechteren. De figuur laat zien dat van de bewaring het effect op de bakkleur groter was naarmate het CO_2-gehalte hoger was en naarmate het gehalte langer aanwezig was. In de loop van enkele maanden lijkt het effect van CO_2 minder te worden. Dit is echter schijn doordat de schaalverdeling van 0 (licht) tot 6 (donker) eigenlijk te smal



Figuur 1. Invloed van het CO_2-gehalte op de bakkleur (0 = licht, 6 = donker), ras Bintje, oogst 1994.

was voor een goede beoordeling. Op het oog was duidelijk zichtbaar dat een deel van de te beoordelen staafjes donkerder was dan de donkerste klasse van de schaalverdeling. Als de schaalverdeling verder doorgelopen zou zijn, dan zou het aanvankelijke verschil in index in maart/april nog altijd minstens even groot geweest zijn. De in zijn algemeenheid slechte bakkleur in het experiment is waarschijnlijk veroorzaakt door de onrijpheid van de aardappelen als gevolg van een zeer hoge stikstofmineralisatie.



Figuur 2. Bij een sterk verhoogd CO_2-gehalte verslechterde de bakkleur in korte tijd, ras Bintje, oogst 1992.

Practische gevolgen

Wondheling

Aardappelen produceren niet altijd evenveel CO_2. De productie is het hoogst vlak na het inschuren. De in verhouding hoge producttemperatuur en de wondheling veroorzaken een hoge ademhalingsintensiteit en daardoor een grote CO_2-productie. Na het inschuren kan men luiken en deuren dan ook het beste gedurende twee weken open laten, zodat het CO_2-gehalte laag kan blijven. Een hoog CO_2-gehalte is namelijk niet alleen ongewenst in verband met de bakkleur, het vertraagt ook de wondheling en het veroorzaakt een kortere kiemrust.

Opwarmen

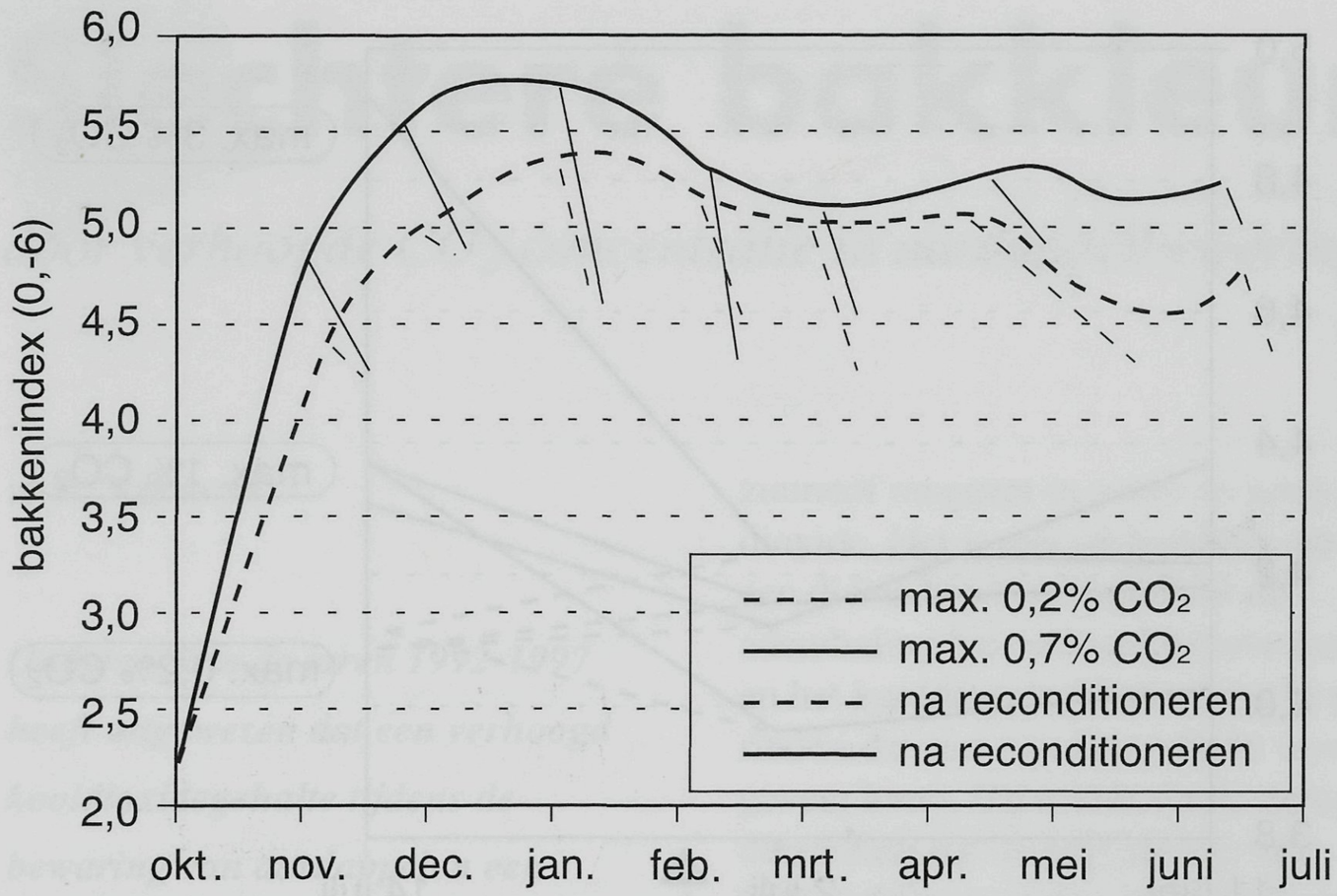
Vaak moeten aardappelen voor het afleveren worden opgewarmd om beschadiging en met name blauw te vermijden. Het opwarmen verdient bijzondere aandacht. Het CO_2-gehalte kan tijdens en na het opwarmen sterk oplopen, omdat tijdens het opwarmen de bewaarplaats veelal gesloten wordt gehouden en er niet met buitenlucht wordt geventileerd. Wanneer de verbrandingslucht van een kachel direct in de bewaarplaats wordt gebracht, neemt daardoor het gehalte nog meer toe. De CO_2-productie van de aardappelen is echter het belangrijkst. Figuur 2 toont aan dat de bakkleur door een sterk verhoogd CO_2-gehalte snel kan verslechteren. In dit geval was alle CO_2 afkomstig van de aardappelen. Cellen waarvan de luiken en deuren op een kier werden gehouden, zodat het CO_2-gehalte niet boven 0,1 % kwam, lieten een gelijk blijvende bakkleur zien. De dichte cellen lieten een verslechtering van de bakkleur zien die afhankelijk was van het CO_2-gehalte. Een sterke ver hoging van het CO_2-gehalte na opwarming van de partij kan dus in korte tijd het werk van een heel jaar bederven!

Reconditioneren

Van koudeversuikering is bekend dat ze voor een deel ongedaan kan worden gemaakt door de partij enige tijd op een hogere temperatuur te houden, bijvoorbeeld twee weken bij 15ºC. Dit wordt reconditioneren genoemd. De vraag deed zich voor of ook de versuikering als gevolg van een verhoogde CO_2-concentratie kon worden gereconditioneerd. Dit werd onderzocht in een experiment waarin maandelijks de bakkleur werd vastgesteld aan monsters die rechtstreeks uit de bewaring kwamen en aan monsters die nog twee weken bij 15 graden werden gehouden. Figuur 3 laat zien dat in de eerste helft van het bewaarseizoen door reconditioneren het verschil in bakkleur tussen monsters van laag en verhoogd CO_2 verdween. Dat de bakkleur na reconditioneren beter was dan rechtstreek uit de cel geeft aan dat er naast CO_2-versuikering ook koudeversuikering ongedaan is gemaakt. De reconditioneerbaarheid neemt eind maart af: de verbetering van de bakkleur wordt minder en bovendien blijft het onderscheid tussen hoog en laag CO_2-gehalte aanwezig. Het is belangrijk te bedenken dat het reconditioneren in dit experiment plaatsvond zonder verhoogde CO_2-gehalten. Dit is in de praktijk moeilijker te realiseren dan in een experiment. Wanneer tijdens het reconditioneren het CO_2-gehalte niet laag gehouden kan worden, ontstaat de situatie die reeds eerder werd beschreven, waarbij na het opwarmen de bakkleur snel slechter kan worden.

Jaarinvloed en rasverschillen

De CO_2-versuikering verschilt enigszins van jaar tot jaar. Dit kan worden veroorzaakt door een verschil in CO_2-productie. Bij vergelijkbare CO_2-concentraties was echter ook sprake van verschillende effecten op de bakkleur, hetgeen er op duidt dat de gevoeligheid voor dezelfde CO_2-concentratie ook niet ieder jaar gelijk is. In één van de experimenten waren ook de rassen Saturna en Lady Rosetta opgenomen. Het verschil in reactie op dezelfde CO_2-concentratie (ook in vergelijking met Bintje) bleek overeen te komen met de rasgevoeligheid voor koudeversuikering (zie afbeelding volgende pagina).



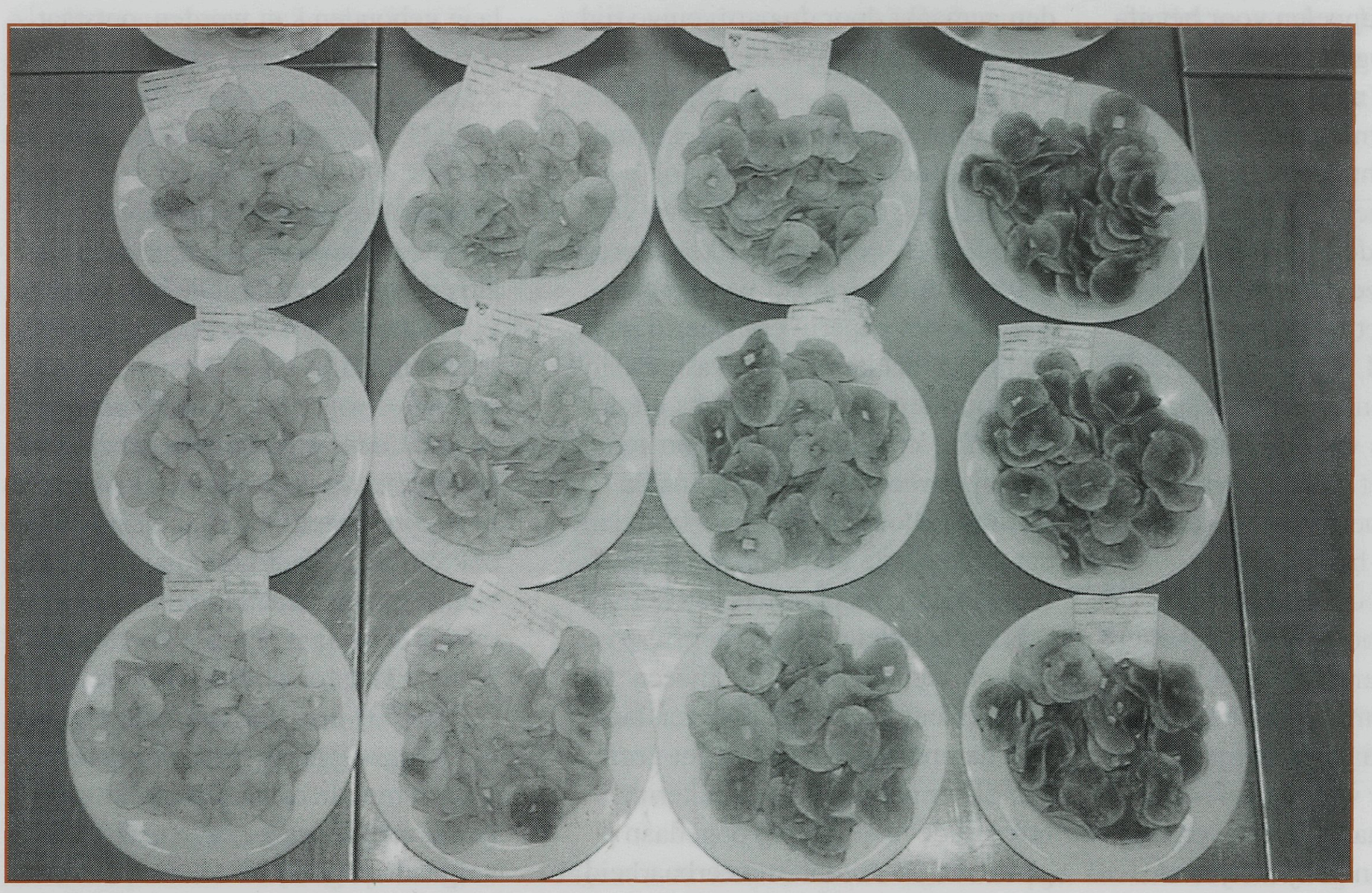
Figuur 3. Reconditioneerbaarheid van CO_2 versuikering in de loop van het bewaarseizoen na bewaring bij laag respectievelijk verhoogd CO_2-gehalte, ras Bintje, oogst 1995.

Optelling

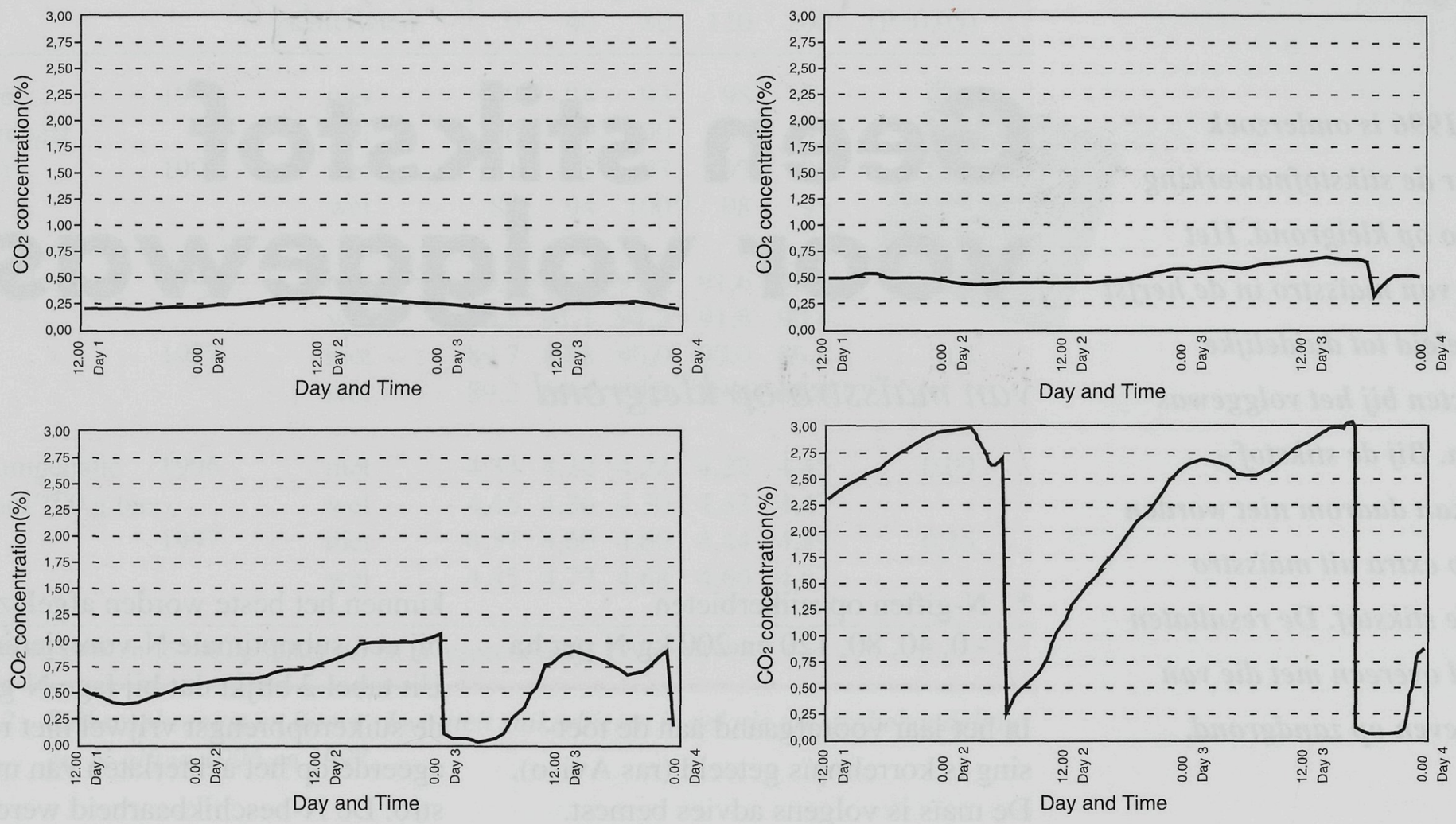
De verschillende experimenten geven de indruk dat het mechanisme van CO_2-verzoeting sterk lijkt op dat van de koudeverzoeting. Dit houdt in dat men er rekening mee moet houden dat alle factoren die zorgen voor een sterke (gevoeligheid voor) koudeverzoeting ook een sterkere (gevoeligheid voor) CO_2-verzoeting veroorzaken. Wanneer reeds rekening moet worden gehouden met een minder goede bakkleur, bijvoorbeeld een laat afgerijpt gewas van een gevoelig ras na een relatief koel en nat seizoen, dan moet men extra voorzichtig zijn met zowel een lage bewaartemperatuur als een verhoogd CO_2-gehalte.

De praktijk

In de praktijk is de gasdichtheid van de bewaarplaats de belangrijkste factor voor het CO_2-gehalte tijdens de bewaring. Naarmate de bewaarplaats groter en dichter is, zal het gehalte hoger zijn. Ook de dichtheid en afstelling van deuren en luiken speelt een aanzienlijk rol. Soms kan men voorspellen dat een bewaarplaats een hoog CO_2-gehalte zal bevatten, bijvoorbeeld als de bewaarplaats volledig met PUR-schuim is afgewerkt. In veel gevallen is echter moeilijk op voorhand te zeggen welke gehalten in een bewaarplaats zullen worden aangetroffen. Figuur 4 illustreert hoe verschillend de gehalten in bewaarplaatsen kunnen zijn. Alle metingen (ras Bintje) werden uitgevoerd in de periode dat de streeftemperatuur van 6 à 8 graden was bereikt. Het verschil tussen 6 en 8 graden heeft overigens een geringe invloed op het gehalte. Dat het gehalte ook in "lekke" bewaarplaatsen nog oploopt tot 0,1 à 0,3 % geeft aan dat het niet realistisch is om naar een gemiddeld gehalte te streven dat dicht bij nul ligt. Dit zou te veel extra ventilatie met buitenlucht vergen, met te grote gewichtsverliezen als gevolg. Figuur 4 laat



Chipskleur Saturna (links) en van Lady Rosetta (rechts) in juni na bewaring bij laag respectievelijk verhoogd CO_2-gehalte.



Figuur 4. CO_2 -gehalte in vier schuren met een verschillende gasdichtheid; zowel de snelheid waarmee het gehalte oploopt als het maximumgehalte hangt vooral af van de grootte en de gasdichtheid van de bewaarplaats.

ook zien dat er bewaarplaatsen zijn waarin veel hogere CO_2-gehalten werden aangetroffen dan in onze experimenten. Het leidt geen twijfel dat in zulke bewaarplaatsen ook de effecten op de bakkleur groter zullen zijn dan in ons onderzoek.

Hoe nu te handelen?

Moet nu in iedere bewaarplaats maar voor de vuist weg extra luchtverversing worden toegepast? Nee!
Men moet zich eerst afvragen of er in het verleden problemen met de bakkleur zijn geweest. Als dat nog nooit het geval is geweest, is er ook geen aanleiding om extra met buitenlucht te gaan ventileren. Als er problemen zijn geweest, dan moet men er zeker van zijn dat de problemen niet veroorzaakt zijn geweest door een te lage bewaartemperatuur. Pas als dat zeker is, is er aanleiding om CO_2-metingen te laten doen. Alleen het uitvoeren van continue metingen gedurende enkele dagen is voldoende om te weten hoe hoog de gehalten werkelijk worden en om er uit te kunnen afleiden hoe vaak en hoe lang er geventileerd moet worden om een zeker gemiddeld CO_2-gehalte te bereiken. Naar welke waarde men moet streven, is afhankelijk van de mate waarin er sprake is van problemen met de bakkleur.
Om het CO_2-gehalte weer dicht bij nul te brengen, zijn enkele minuten ventilatie met buitenlucht in de meeste gevallen voldoende. Voor het gemiddelde gehalte is de frequentie waarmee de lucht wordt ververst belangrijker dan de duur van de ventilatie. Continue ventilatie met een lage capaciteit geeft bij hetzelfde gemiddelde CO_2-gehalte meer gewichtsverlies dan intervalventilatie met hoge capaciteit. Als het technisch mogelijk is, kan men overwegen om bij de extra intervalventilatie zuigend te ventileren, zodat de (overigens geringe) extra gewichtsverliezen niet ten koste gaan van de onderste laag aardappelen. Op deze wijze wordt de kans op drukplekken niet vergroot.
Het is belangrijk te bedenken dat de luchtverversing - als de buitenlucht het toelaat - het beste kan plaatsvinden met volledig geopende luiken. Op deze manier is de benodigde ventilatietijd het kortst. Wanneer de luiken niet geheel geopend zijn, is meer dan evenredig veel tijd nodig om de zelfde mate van luchtverversing te bereiken.