270 C. 20.

PHYSIOLOGISCHE SYMPTOMEN VAN LAGE-TEMPERATUUR-BEDERF

O. BANGA

270C20

Dit proefschrift met stellingen van

OTTO BANGA

landbouwkundig ingenieur, geboren te Betterwird den 24en Februari 1903, is goedgekeurd door den promotor:

A. M. SPRENGER,

hoogleeraar in de algemeene grondslagen van de teelt der tuinbouwgewassen.

De Rector-Magnificus der Landbouwhoogeschool,

DR. W. C. MEES R.AZN.

Wageningen, 25 Februari 1936.

PHYSIOLOGISCHE SYMPTOMEN VAN LAGE-TEMPERATUUR-BEDERF

|||

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS DR. W. C. MEES R.AZN., HOOGLEERAAR IN DE STAATHUISHOUDKUNDE, DE STATISTIEK EN HET NEDERLANDSCH AGRARISCH RECHT, TE VERDEDIGEN VOOR EEN DAARTOE BENOEMDE COMMISSIE UIT DEN SENAAT DER LANDBOUWHOOGESCHOOL OP MAANDAG 23 MAART 1936 TE 15 UUR,

DOOR

O. BANGA

J. NOORDUYN EN ZOON N.V. - GORINCHEM - 1936

Aan Mijn Ouders

Aan meer personen dan ik hier kan noemen, ben ik dank verschuldigd voor de hulp, die ik bij het voltooien van dit proefschrift mocht ondervinden.

Gaarne wil ik U, Hooggeleerde Sprenger, Hooggeachte Promotor, op deze plaats mijn vreugde betuigen over de jaren, gedurende welke ik als assistent aan Uwe werkzaamheden deel heb mogen nemen, en mijn dank uitspreken voor de ervaringen die ik bij U op heb mogen doen. Ook ben ik U dankbaar voor de hartelijke wijze, waarop Gij mij in tal van omstandigheden gesteund hebt.

De aanraking met U, Hooggeleerde Grijns, wordt door mij steeds op hoogen prijs gesteld. Ik ben U dankbaar, dat ik van Uw kennis en Uw oordeel heb mogen leeren.

Met groote waardeering gedenk ik wijlen Professor Söhngen om de stimulatie, die voor mij van zijn voorbeeld is uitgegaan.

U, Zeergeleerde Wieringa, dank ik voor de waardevolle hulp, die Gij mij steeds vriendschappelijk hebt gegeven.

Tenslotte wensch ik U, waarde Grevers, van de Peppel en Jansen mijn groote erkentelijkheid te betuigen voor de welwillende toewijding, die Gij, bij het maken van mijn toestellen en hulpmiddelen, steeds betoond hebt.

INHOUD

HOOFDSTUK I. Inleiding.

Blz.

§ 1. Lage-temperatuur-bederf 11
§ 2. Eerste publicaties over lage-temperatuur-bederf 12
§ 3. Wat leeren de symptomen? 13
§ 4. Eenige opvattingen over de oorzaak van lage-temperatuur-bederf 15
§ 5. Opzet van het onderzoek 26

HOOFDSTUK II. Toelaatbare inwerkingsduur van schadelijk-lage temperatuur.

§ 6. Toelaatbare inwerkingsduur 29
§ 7. Tomaat 29
§ 8. Lycopine 33
§ 9. Banaan 34
§ 10. Bruine kleurstof 39

HOOFDSTUK III. De invloed van lage temperatuur op de ademhaling van tomaten en bananen.

§ 11. Methode voor de bepaling van de koolzuurafgifte 41
§ 12. Thermostaat 42
§ 13. Doorloopende koolzuur-vrije luchtstroom 46
§ 14. Bepaling van het koolzuur 48
§ 15. Verloop koolzuurafgifte bij schadelijk-lage temperatuur 49
§ 16. Vergelijking koolzuurkrommen bij veilige temperatuur van gezonde en van zieke vruchten . . 53
§ 17. Tomaat 53
§ 18. Banaan 57
§ 19. Conclusie 58
§ 20. Aldehyden en vluchtig zuur in tomaten . . . 59
§ 21. Gaswisseling 61
§ 22. Methoden voor de bepaling van het ademquotient 63
§ 23. Het ademquotient van groene tomaten bij schadelijk-lage temperatuur 65

Blz.

§ 24. Het ademquotient van groene bananen bij schadelijk-lage temperatuur 67
§ 25. Vergelijking ademquotient bij veilige temperatuur van gezonde en van zieke vruchten 69
§ 26. Tomaat 69
§ 27. Banaan 74
§ 28. I/N. 81
§ 29. Methode voor de bepaling van I/N. 81
§ 30. Resultaten van de I/N-metingen 85
§ 31. Samenvatting van de in hoofdstuk III verkregen resultaten 87

HOOFDSTUK IV. De invloed van lage temperatuur op het verloop van het zuurgehalte van tomaten en bananen.

§ 32. Opzet van de zuurbepalingen 91
§ 33. Methoden voor de zuurbepalingen bij de tomaat 91
§ 34. Verloop van het zuurgehalte van tomaten bij schadelijk-lage temperatuur 101
§ 35. Verloop van het zuurgehalte bij veilige temperatuur van gezonde tomaten 103
§ 36. Toetsing van de uitkomst van § 35 106
§ 37. De invloed van waterverlies tijdens de bewaring 108
§ 38. Verloop van het zuurgehalte bij veilige temperatuur van tevoren ziek gemaakte tomaten . . . 111
§ 39. Methode voor de zuurbepaling bij de banaan . . 116
§ 40. Verloop van het zuurgehalte van de banaan bij schadelijk-lage temperatuur 120
§ 41. Vergelijking van het verloop van het zuurgehalte bij veilige temperatuur van gezonde en van zieke bananen 124
§ 42. Oorsprong van de zuurtoename in de banaan en in de tomaat 131
§ 43. Samenvatting van de in hoofdstuk IV verkregen resultaten 134

HOOFDSTUK V. Bespreking van de verkregen resultaten.

§ 44. Verband tusschen de resultaten van de hoofdstukken III en IV 136

Blz.

§ 45. Physiologische symptomen van lage-temperatuurbederf 138
§ 46. Beschouwingen in verband met symptoom *a* . . 140
§ 47. Beschouwingen in verband met de symptomen *b* en *c* 143

SUMMARY IN ENGLISH 146

LITERATUUR. 148

STELLINGEN

I

De grootte van het ademquotiënt van groene tomaten is een aanwijzer voor het al of niet aanwezig zijn van lage-temperatuur-bederf, ook in die stadia van de ziekte, waarin de uitwendige symptomen hierover nog geen voldoende uitsluitsel geven.

II

De waarschijnlijkheid, dat aceetaldehyde in sommige organismen ontstaat als beschadigingsproduct van den protoplast, is grooter, dan die, dat het ontstaat als tusschenproduct van de ademhaling.

III

De opvatting van Mejuffrouw M. Pinkhof, dat bij kiepende tulpen de infiltratie van de intercellulairen met suikerhoudend vocht plaats heeft tengevolge van secerneering door de cellen, is ongegrond.
(M. Pinkhof, Untersuchungen über die Umfallkrankheit der Tulpen. Diss. A'dam, 1930.)

IV

Niet kaligebrek, maar te hooge temperatuur, is de primaire oorzaak van de gele vlekken van tomaten.

V

Het is gewenscht, dat in den tuinbouw meer dan tot dusverre rekening wordt gehouden met de behoefte van planten aan z.g.n. zeldzame elementen.

VI

Sterke groeikracht van appelboomen veroorzaakt slechte bewaarbaarheid van hun vruchten.

VII

Fluoresceïne is om redenen van verschillenden aard weinig geschikt als herkenningsmiddel in vruchtenwijnen.

VIII

Het onderscheiden van een geslacht Torulaspora naast het geslacht Zygosaccharomyces is aanvechtbaar.

IX

Vóór de vorming van tariefmuren, was reeds de trustvorming een stap op den weg tot verlies van de vrije markt.

X

Het herleidingsstelsel van Mees is niet geschikt om van overheidswege aan de maatschappij te worden opgelegd. Vrijwillige toepassing bij het opmaken van nieuwe overeenkomsten of bij het saneeren van oude verdient echter propaganda, en tevens stimulatie van bovenaf.

HOOFDSTUK I.

INLEIDING.

§ 1. Lage-temperatuur-bederf.

Lage temperatuur vertraagt over het algemeen de levensprocessen van planten. Daardoor is het mogelijk, de bewaarduur van versch geoogste tuinbouwproducten door afkoeling te verlengen. De temperatuur waarbij men bewaart, kan men echter niet willekeurig laag maken, want voor ieder product bestaat ergens een temperatuurgrens, waar beneden het na langer of korter tijd schade lijdt.

Deze grens valt voor verscheidene producten samen met de temperatuur waarbij ze doodvriezen. Bij andere ligt hij echter veel hooger. Zoo voor sommige appelvarieteiten bij + 2 à 4° C, voor Oost-Indische ananas ongeveer bij + 8° C, voor tomaten en bananen ongeveer bij + 12 à + 13° C. Het is duidelijk, dat de kou in deze gevallen op een andere wijze op de weefsels moet inwerken dan bij doodvriezen gebeurt.

Dit verschijnsel van schade door lage temperaturen boven het vriespunt is niet alleen in de praktijk van de bewaring van versche tuinbouwproducten bekend, maar ook in die van de teelt van gewassen als komkommer, meloen, tomaat, boon. Zoo ondervindt de komkommer bij een temperatuur beneden 12° C groeistoringen. (7). Voor de andere genoemde gewassen is de temperatuurgrens niet zoo precies bekend, maar dat zij bij bepaalde lage, nog boven het vriespunt liggende, temperaturen niet kunnen gedijen, is genoegzaam bekend.

Hoe de beschadiging tot stand komt, weet men nog niet. Het is a priori dan ook best mogelijk, dat dit bij

verschillende soorten planten op een verschillende wijze gebeurt.

Voor het gemak vat ik voorloopig onder den eenen naam **lage-temperatuur-bederf** samen:

alle abnormale irreversibele veranderingen, die in een plantenweefsel plaats hebben onder invloed van lage temperaturen, die boven het vriespunt van dat weefsel liggen.

§ 2. Eerste publicaties over lage-temperatuur-bederf.

Hugo de Vries vermeldt in 1870 in zijn proefschrift (84) waarnemingen van Bierkander (1870), Göppert (1830), Hardy (1850) en Kabsch (1860), waaruit blijkt, dat men het verschijnsel van beschadiging door lage temperaturen boven het vriespunt al sinds lang bij verschillende tropische of subtropische planten had opgemerkt, wanneer zij in een te koele omgeving verbleven.

Molisch (53) publiceert in 1896 proeven over beschadiging door temperaturen tusschen + 1 en + 6° C van Episcia bicolor, Sanchezia nobilis, Eranthemum tricolor, E. Couperi en Anoectochilus setaceus. De eerste drie planten waren binnen een week dood of stervend, de laatste twee gingen in den loop van enkele weken te gronde.

Soortgelijke waarnemingen beschreven later Sellschop en Salmon (77) voor andere groene planten.

Door Faris (21), Collins (15) en Marcarelli (50) zijn chlorophyll-defecten door lage temperaturen boven het vriespunt waargenomen bij respectievelijk Saccharum officinarum, Hordeum secalinum en Oryza sativa.

Sartoris (73) heeft geconstateerd, dat suikerrietzaad bij + 3° C zoodanig beschadigd werd, dat het niet meer wilde kiemen, terwijl volgens hem voor gesneden suikerriet 8—10° C pas een temperatuur was waarbij

geen beschadiging optrad. (Gemakshalve wordt een temperatuur, waarbij geen beschadiging optreedt in het vervolg veilige temperatuur genoemd).

Men zie verder Bělehrádek (8).

Voor vruchten komen de eerste publicaties over lage-temperatuur-bederf in en na 1922.

Zoo van Thomson, Putterill & Hobson (79) over citrusvruchten in 1922. Van Henrickson (35, 36) over citrusvruchten en over ananas, en van Overholser, Winkler & Jacob (59) over de Amerikaansche appel Yellow Newtown, in 1923. In 1924 van Diehl (17) over tomaten, van Calkius (14) over bananen, van Adam (1) over Australische appels, van McClelland & Tiller (51) over Nieuw-Zeelandsche appels, van Barker (6) in 1928 over pruimen en perziken, van Mulder & Sprenger in 1931 over mangga en sawo manilla (niet op zichzelf gepubliceerd, zie 4).

Er is ondertusschen al een vrij omvangrijke literatuur over het lage-temperatuur-bederf van vruchten ontstaan. Op enkele opvattingen en gegevens hieruit kom ik in § 4 nog terug.

§ 3. Wat leeren de symptomen?

De symptomen van het lage-temperatuur-bederf leeren weinig over de wijze waarop deze beschadiging ontstaat.

Er zijn op zijn minst twee groepen van ziekteverschijnselen te onderscheiden, n.l. die welke optreden bij groeiende groene planten en dan die welke bij vruchten optreden.

De beschadiging van groeiende groene planten kan tot uiting komen in het geheel of gedeeltelijk verdrogen van bladeren, het afvallen van bladeren, het optreden van chlorotische verschijnselen. Bekend is b.v. de gele kleur van boonen-zaailingen, die bij het op-

komen in het voorjaar koud weer hebben getroffen.

Bij vruchten uit zich het lage-temperatuur-bederf in defecten van de normale narijping. Deze kunnen in de eerste plaats de kleur betreffen. Zoo kan men bij tomaten, ananassen en bananen een verdwijnen van de natuurlijke frischheid opmerken. Tomaten worden dan glazig en krijgen een wasachtig uiterlijk, terwijl bananen en ananassen dof worden; deze veranderingen ontstaan oogenschijnlijk niet, doordat er kleurstoffen verdwijnen of ontstaan, maar meer doordat er een verandering is opgetreden in de physische toestand van de cellen, in hun doorschijnendheid of in hun lichtreflecteerende eigenschappen. Bovendien kunnen echter door het lage-temperatuur-bederf bepaalde kleurstoffen, die in gezonde vruchten wel ontstaan, wegblijven, of kleurstoffen ontstaan, die in gezonde vruchten achterwege blijven. Zoo worden groene tomaten, als ze goed ziek gemaakt zijn, niet meer rood, of althans niet meer normaal rood. Een abnormaal ontstaan van kleurstoffen ziet men bij appels, citrusvruchten, bananen en ananassen. Hier treden onder invloed van koude bruine kleurstoffen op.

Ook kunnen gebreken in de normale weefselveranderingen oorzaak zijn, dat de gewone narijping zich niet voltrekt. Zoo kunnen sommige soorten peren, onder invloed van te lage temperatuur, hun vermogen om zacht te worden, verliezen. Zij blijven knolachtig en gaan, zonder normaal rijp te zijn geworden, te gronde. Appels en citrusvruchten kunnen plaatselijke weefselafsterving vertoonen.

Verder gaat gewoonlijk met al deze verschijnselen gepaard, dat de ontwikkeling van de normale smaak en geur grootendeels achterwege blijft.

Een bepaalde aanwijzing voor de wijze, waarop de kou de protoplast schade berokkent, geven deze symptomen uit den aard der zaak niet.

§ 4. Eenige opvattingen over de oorzaak van lage-temperatuur-bederf.

In de literatuur is eveneens nog weinig te vinden, dat een houvast geeft voor de kennis van het inwendige oorzaken-complex van het lage temperatuur-bederf.

Er zijn eenige publicaties met aanwijzingen voor een verband tusschen de vatbaarheid voor lage-temperatuur-bederf en de sterkte van de ademhaling.

In de eerste plaats werd door K i d d & W e s t (40) vastgesteld, dat appels (Bramley's Seedlings) die een hooge CO_2-afgifte vertoonden, vatbaarder voor de ziekte waren, dan appels met een minder sterke CO_2-afgifte.

Verder werd door H a r d i n g (29) en door P l a g g e (61) geconstateerd, dat tegelijk met een tijdelijke verhooging van de CO_2-afgifte van Grimes-appels een tijdelijke grootere vatbaarheid voor lage-temperatuur-bederf optrad.

Door deze twee onderzoekers werd bij éénzelfde partij appels eenerzijds het verloop nagegaan van de CO_2-afgifte na den pluk van de appels bij + 10° C, en anderzijds de verandering in de gevoeligheid voor lage-temperatuur-bederf van de appels, wanneer zij na den pluk gedurende een verschillend aantal weken bij 10° C waren bewaard, en daarna gekoeld werden.

Daarbij bleek, dat een verblijf gedurende 2, 3, 4 of 5 weken na den pluk bij 10° C de gevoeligheid voor lage-temperatuur-bederf enorm verhoogde t.o.v. appels, die direct na den pluk, of één week daarna, bij lage temperatuur waren geplaatst, en eveneens t.o.v. appels, die vanaf den pluk 6 weken of langer bij 10° C hadden gestaan.

Gedurende de derde, vierde, vijfde en zesde week na den pluk vertoonden de appels bij 10° C tevens een verhoogde koolzuur-afgifte.

Wanneer dus de appels op een tijdstip, dat zich binnen de periode van de verhoogde koolzuurafgifte bevond, gekoeld werden, waren zij vatbaarder voor lage-tempe-

ratuur-bederf, dan wanneer zij voor of na die periode naar de lage temperatuur werden overgebracht.

Kidd & West (44) konden de resultaten van Plagge & Harding bevestigen.

Bovengenoemde onderzoekingen wekken wel den indruk, dat het optreden van lage-temperatuur-bederf iets met de ademhaling te maken kan hebben.

Lang voordat deze gegevens bekend waren, vond reeds Molisch (53) het waarschijnlijk, naar aanleiding van proeven over beschadiging van planten door lage temperaturen boven het vriespunt, dat de oorzaak van de beschadigingen zou liggen in storingen in de stofwisseling. Hij dacht daarbij aan de ophooping van schadelijke producten die bij hoogere temperatuur verbruikt zouden worden, maar zich bij lage temperatuur zouden ophoopen, tot schade van den protoplast.

Nelson (56, 57) laat in 1926 en 1933 publicaties verschijnen, waarin hij op deze gedachte doorgaat. In 1926 grijpt hij, via de Amerikaansche uitgave van 1913 van Palladin's boek over plantenphysiologie, terug op proeven van Puriewitsch in 1893, waaruit zou moeten blijken, dat het ademquotient bij temperaturen van + 2 tot + 4° C een minimum zou vertoonen. Op grond daarvan concludeert hij, dat de zuurstofabsorptie door lage temperatuur relatief vergroot wordt en dat dus bij lage temperatuur een onvolledige verbranding plaats moet hebben, met als gevolg ophooping van schadelijke stoffen. De uitgave van 1913 heb ik niet in handen kunnen krijgen, maar op blz. 214 van de derde Amerikaansche uitgave van „Palladin's Plant Physiology" van 1926 staan uit de proeven van Puriewitsch onderstaande cijfers aangehaald:

Sedum hybridum	bij + 2 à 4° C	CO_2/O_2	= 0.45
„ „	„ + 10 à 12° C	„	= 0,37
Pelargonium zonale	bij + 4 à 5° C	„	= 0,75
„ „	„ + 12 à 14° C	„	= 0,54

Hieruit blijkt, dat het ademquotient bij de lage temperatuur juist iets grooter is, dan bij de iets hoogere.

Hetzelfde staat op blz. 190 van de Duitsche uitgave van de zesde druk van „Palladin's Pflanzenphysiologie."

De basis van de conclusies van Nelson is dus blijkbaar niet juist. Overigens zou men uit een verhoogd ademquotient even goed ophooping van schadelijke stoffen kunnen concludeeren.

In 1933 geeft Nelson aan, welke stoffen volgens zijn meening door de „suboxidation" onder invloed van lage temperatuur in de weefsels van citrusvruchten zullen ontstaan. Hij heeft waargenomen, dat door verblijf in een stikstof-atmospheer beschadigingen in de schil van die vruchten ontstaan, welke gelijken op die, verwekt door te lage temperatuur. Soortgelijke beschadigingen kan hij bovendien nog teweeg brengen, zoowel bij sinaasappels als bij grapefruit, door de vruchten bloot te stellen aan dampen van aceetaldehyde of aan die van een mengsel van aceetaldehyde en azijnzuur.

In aansluiting op deze laatste waarnemingen wijst hij dan verder op de opvatting van Kostytschew e.a., dat aceetaldehyde een intermediair product in de ademhaling zal zijn en dat het dientengevolge onder anaërobe omstandigheden moet of kan accumuleeren. Een en ander brengt hem o.a. tot de voorstelling, dat „under normal conditions poisoning of the protoplasm is prevented by oxidation of tonic materials as fast as they are produced, but at low temperatures the oxidizing system in the cell is affected to such an extent, that there may be a slow accumulation of these materials and eventuel injury of the protoplasm".

Sellschop & Salmon (77) schrijven in 1928 hetzelfde omtrent de cijfers van Puriewitsch als Nelson in 1926 had gedaan en zijn ook van opinie, „that low temperatures upset the sensitive balance between the various processes with the result that harm-

ful products accumulate in the plant cells". Dit blijft dus in de lijn van de gedachte van M o l i s c h, maar een afdoend bewijs dat zij juist is, komt uit de vermelde onderzoekingen niet te voorschijn.

In dit verband kunnen wellicht ook de onderzoekingen van mejuffrouw H a y n e s (33, 34) over het verloop van het zuurgehalte van appels bij lage temperatuur worden besproken, omdat zij van meening is, dat „it is very probable that it (= de omzettingen van zuren) is an integral part of the process of respiration."[1])

Mejuffrouw H a y n e s stelt vast, dat in Bramley's Seedling appels bij + 1° C een minder snelle vermindering van het zuurgehalte plaats heeft, dan bij + 15° C.

Zoowel voor lage als voor hooge temperatuur is de vorm van de kromme, die de afname van het zuurgehalte gedurende de bewaring voorstelt, die van een exponentiëele kromme.

Omstreeks den tijd echter, dat bij + 1° C lage-temperatuur-bederf gaat optreden, wijkt de kromme, die den teruggang van het zuurgehalte bij + 1° C weergeeft, van den exponentiëelen vorm af. Dan treedt een sterk versnelde daling van het zuurgehalte op.

Hier is dus sprake van twee verschijnselen:

a. vertraagde daling van het zuurgehalte door lage temperatuur.

b. versnelde daling van het zuurgehalte bij het tot uiting komen van lage-temperatuur-bederf.

Het onder *b* genoemde verschijnsel staat in nauw verband met de weefselafsterving en is dientengevolge uiterst moeilijk te overzien.

In het onder *a* genoemde verschijnsel wordt door H a y n e s een mogelijke oorzaak van het lage-temperatuur-bederf gezien.

Dat echter de daling van het zuurgehalte bij + 1° C

---

[1]) Zie ook: jaarrapporten Food Investigation Board, Chemical work on fruits.

langzamer gaat dan bij + 15° C, behoeft in het geheel niets abnormaals te zijn, als men bedenkt, dat bij + 1° C vrijwel de geheele stofwisseling trager verloopt.

De Bramley's Seedling appels, waarmee de proeven werden genomen, waren voor een deel afkomstig van Burwell van een venigen grond, voor een ander deel van Spalding, van kleigrond.

In hun vatbaarheid voor lage-temperatuur-bederf verschilden deze twee partijen appels zeer. Die van Burwell waren zeer gevoelig voor de ziekte, die van Spalding zeer weinig.

Een vergelijking van het verloop van het zuurgehalte bij deze twee partijen appels is als contrôle op de opvatting van H a y n e s dus van belang.

Uit de cijfers van H a y n e s kan men het volgende berekenen:

TABEL 1.

Herkomst appels	Zuurgehalte bij het begin van de bewaring	Vermindering van het zuurgehalte	% van de appels met l.t.b. in Februari
Burwell (1° pluk)	19.2 mgr.equiv/100 cc sap	in 96 dagen 1°C: 18.2%	80%
„ (2° „)	15.3 „ „ „ „ „	„ 98 „ 1°C: 18.8%	47%
Spalding	17.7 „ „ „ „ „	„ 97 „ 1°C: 16.3%	2%

Uit deze berekening blijkt, dat de daling van het zuurgehalte van de appels uit Spalding slechts 16.3 % was tegen ruim 18 % van dat van de appels uit Burwell. Ondanks de langzamere daling van hun zuurgehalte kregen de appels uit Spalding echter veel minder lage-temperatuur-bederf. Dit is niet in overeenstemming met de onderstelling van H a y n e s.

Tenslotte zij nog opgemerkt, dat H a y n e s het waarschijnlijk achtte, dat de vatbaarheid van appels voor

lage-temperatuurbederf sterk te verminderen zou zijn, door ze niet te koelen voordat hun zuurgehalte gezakt zou zijn.

Een blik op de twee laatste regels in bovenstaande tabel doet zien, dat dit al door haar eigen resultaten wordt weersproken. Bovendien is dit punt nader door Plagge en Gerhardt (63) onderzocht. Deze twee onderzoekers namen waar, dat Grimes appels door het tusschenvoegen van eenige weken bewaring bij kamertemperatuur tusschen pluk en koeling, een sterke verlaging van hun zuurgehalte te zien gaven, maar tevens een sterke toename in de vatbaarheid voor lage-temperatuur-bederf.

Hieruit bleek dus overtuigend, dat een hooge beginzuurheid niet de oorzaak is van het lage-temperatuurbederf en dat door verlaging van het zuurgehalte de vatbaarheid voor lage-temperatuur-bederf zoo maar niet te verlagen is.

Dezelfde onderzoekers constateerden echter wel weer, dat in hun proeven het meeste lage-temperatuur-bederf optrad in partijtjes appels, waarin het zuurgehalte het langzaamst daalde. Deze uitkomst geeft echter ook hier weer weinig reden om er iets uit af te leiden omtrent de oorzaak van lage-temperatuur-bederf; want, dat bij — 1° C de daling van het zuurgehalte langzamer is dan bij + 2° C, is weer in overeenstemming met de verwachting, dat de meeste physiologische veranderingen bij lagere temperatuur minder snel verloopen dan bij hoogere.

Plagge & Gerhardt (63) schrijven naar aanleiding van bovengenoemde onderzoekingen: „Although acid changes appear to be rather definitely associated with breakdown . . ., other physiological changes occur which may influence these storage disorders." „It does not follow, therefore, that acid changes alone are responsible for the breakdown."

Men heeft de oorzaak van het lage-temperatuur-bederf ook wel willen zoeken in de invloed van de kou op hydrolytische evenwichten in de cellen.

Een bekend verschijnsel is, dat aardappels bij temperaturen beneden + 4 à 5° C zoet worden. Dit komt, doordat het suikergehalte ten koste van het aanwezige zetmeel toeneemt. Deze verschuifbaarheid van het biochemisch evenwicht tusschen zetmeel en suiker onder invloed van lage temperatuur is niet alleen bij aardappels, maar ook bij andere planten vastgesteld, zoo door Lidforss (49) voor tal van altijd groene planten in Scandinavië, N. Duitschland en N. Italië, door Hasselbring & Hawkins (32) bij bataten, door Boswell (11) bij pastinaken en door Harvey (31) bij kool.

Bij vruchten zijn in dit opzicht nog geen onderzoekingen gedaan. Als we echter nagaan, of er eenige kans is, dat de oorzaak van het lage-temperatuur-bederf in de verschuiving van bovengenoemd chemisch evenwicht zal liggen, dan moet hierop ontkennend worden geantwoord. Immers, zoo geeft b.v. Archbold (2) op, dat Bramley's Seedling appels omstreeks hun pluk reeds bijna geheel vrij van zetmeel zijn. Zet men de appel bij een temperatuur van + 1° C, dan vertoont hij pas na een maand of drie, vier, symptomen van lage-temperatuur-bederf.

Het is dus uitgesloten, dat dit een gevolg zou kunnen zijn van een verschuiving in het biochemisch evenwicht tusschen zetmeel en suiker. Bij het lage-temperatuur-bederf van groene bananen zou men hieraan eerder kunnen denken, omdat deze een hoog zetmeelgehalte bezitten (24, 64).

Dat een voortijdige versuikering van het zetmeel van groene bananen de oorzaak zou zijn van het lage-temperatuur-bederf van bananen, is echter hoogst onwaarschijnlijk, op grond van de overweging, dat rijpe bana-

nen nog maar zeer weinig zetmeel bevatten, maar toch evengoed vatbaar zijn voor lage-temperatuur-bederf als groene.

Nelson (56) heeft de opinie uitgesproken, dat glucosiden onder invloed van lage temperatuur gedeeltelijk in hun bouwsteenen zullen worden omgezet. Als mogelijke oorzaak van lage-temperatuur-bederf noemt hij dan vergiftiging van den protoplast onder invloed van vergiftige stoffen, die aldus uit sommige glucosiden vrij zullen komen. Een bewijs voor deze opvatting levert hij niet.

In 1910 opperde Schaffnit (74) de mogelijkheid, dat bij lage temperatuur de eiwitten van den protoplast voor een deel in minder gecompliceerde verbindingen zouden overgaan. Hij baseerde zich daarbij op cijfers van Müller—Thurgau. (55). Deze had in 1882 in door lage temperatuur zoet gemaakte aardappelhelften 0,0276 % stikstof van onoplosbare eiwitten gevonden, tegen 0,0521 % in de bijbehoorende helften van dezelfde aardappels voordat zij aan lage temperatuur waren onderworpen. De percentages stikstof van oplosbare verbindingen waren voor deze twee groepen aardappelhelften respectievelijk 0,2960 en 0,2754, dus practisch gelijk. Het is nu de vraag, in hoeverre deze oplosbare stikstofverbindingen eiwitbouwsteenen of oplosbare eiwitten zijn. Dit heeft Müller—Thurgau zelf reeds nagegaan, door vast te stellen, welk deel van de oplosbare stikstofverbindingen met verdund azijnzuur te coaguleeren was. Dit deel bleek voor beide groepen van aardappelhelften practisch gelijk te zijn. Men kan dus ook niet zeggen, dat in de gekoelde aardappelhelften een hydrolyse van oplosbare eiwitten heeft plaats gehad. Er blijft dan nog alleen over de waarneming, dat in de gekoelde helften minder onoplosbaar eiwit was dan in de ongekoelde. Maar er is geen hydrolyse-product of daarvan afgeleide stof aangetoond. Men kan dan ook niet

zeggen, dat met de aangehaalde cijfers het bewijs voor een eiwitsplitsing bij lage temperatuur geleverd is.

Verder heeft Harvey (31) in 1918 cijfers over dit onderwerp gepubliceerd. Hij vond, dat in kool, die wel aan lage temperatuur (boven 0°) was onderworpen en in kool, die hieraan niet was blootgesteld, de oplosbare stikstofverbindingen voor respectievelijk 35 % en ± half zooveel uit aminostikstof bestond. Hier heeft dus wellicht wel eenige verschuiving in het evenwicht eiwit ⇆ eiwitbouwsteenen plaats gehad.

Bewezen wordt dit door de gedane waarnemingen echter niet, omdat de chemische evenwichten in de levende cel niet op zichzelf staan zooals in een reageerbuisje mogelijk is, maar gekoppeld zijn of kunnen zijn aan tal van andere evenwichten. Vermeerdering of vermindering van een bepaalde stof zegt dus op zichzelf niet op welk evenwicht dit terug te voeren is.

Uitgebreidere gegevens levert Hulme (38). Hij heeft Bramley's Seedlings bij + 1 en bij + 3,5° C geplaatst en Worcester Pearmains bij + 1 en + 4° C. De Bramley's Seedling wordt bij + 1° C ziek, de Worcester Pearmain niet. Hulme ging nu van de vier groepen appels o.a. na, hoe het gehalte aan oplosbare stikstofverbindingen gedurende hun bewaring verliep, en kon vaststellen, dat in alle vier groepen in het begin van de bewaring een daling van het percentage oplosbare stikstofverbindingen (uitgedrukt in % van het totaal stikstof) plaats had. Maar bij de Bramley's Seedling ging deze daling door, bij de Worcester Pearmain niet. Hulme vraagt zich af, of de doorgaande daling misschien samen zal hangen met de gevoeligheid van Bramley's Seedling voor kou.

Hij ging ook gedurende het verloop van de bewaring na, voor hoeveel procent de oplosbare stikstofverbindingen uit aminozuur-stikstofverbindingen bestonden. In Bramley's Seedlings bij + 1° C vertoonde dit per-

centage een top ongeveer 50 dagen voor het optreden van lage-temperatuur-bederf. In een partij Bramley's Seedlings van geringde boomen trad bij + 1° C ruim anderhalve maand vroeger lage-temperatuur-bederf op dan in die van niet geringde boomen. De top in het percentage aminozuur-stikstof trad nu eveneens ruim anderhalve maand vroeger op.

In Bramley's Seedlings bij + 3.5° C nam het percentage aminozuur-stikstof tegen het einde van de bewaring sterk toe. In de Worcester Pearmains bij + 1 en bij + 4° C bleef het percentage aminozuurstikstof veel lager dan bij de Bramley's Seedlings, het verloop bij + 1 vertoonde geen duidelijk verschil t.o.v. dat bij + 4° C, en sterk uittredende toppen kwamen niet voor.

Waaraan moet dit verschil tusschen de twee appelvarieteiten worden toegeschreven? Moet de toename van het percentage aminozuur-stikstof in Bramley's Seedlings geweten worden aan hydrolyse van oplosbare eiwitten? Of aan uitvlokking van de aanvankelijk oplosbare eiwitten? Dit laatste schijnt mogelijk, omdat het percentage, dat de oplosbare stikstofverbindingen van het totaal stikstofgehalte uitmaken, voortdurend kleiner wordt.

Er zijn nog meer gegevens, die erop wijzen, dat de eiwitstofwisseling iets met de vatbaarheid voor lage-temperatuur-bederf te maken zou kunnen hebben. Want volgens cijfers van Haynes & Archbold (34) vertoonden Bramley's Seedlings met een hoog stikstofgehalte een grootere vatbaarheid voor de ziekte, dan exemplaren met een lager stikstofgehalte. Verder nam Plagge (62) bij bemestingsproeven in een boomgaard van Grimes en Jonathan waar, dat de geoogste appels na stikstofbemesting van de boomen een verhoogde gevoeligheid voor kou vertoonden.

Nu werd door Kidd, West & Archbold (39) vastgesteld, dat er een correlatie bestaat tusschen een

hoog stikstofgehalte van appels en een hooge koolzuurafgifte. Dit kan tot de gedachte leiden, dat de mogelijkheid bestaat, dat de grootere vatbaarheid van appels met een hoog stikstofgehalte niet zoozeer aan de stikstof zelf ligt, maar aan de verhoogde ademhaling, als gevolg van een grootere hoeveelheid protoplasma in de cellen (K i d d & W e s t: grooter katalytisch oppervlak). Dan zou de factor stikstof dus terug zijn gebracht tot de factor ademhaling, en zouden we misschien weer bij de hypothese van M o l i s c h terug kunnen komen.

Verder dan hypotheses komen we echter nog niet.

Ondertusschen moge hier nog het volgende worden aangeteekend.

De groeifactoren zijn van grooten invloed op de vatbaarheid voor lage-temperatuur-bederf van appels. In het algemeen kan men zeggen, dat omstandigheden, die een losvleezige appel doen ontstaan, ook een hooge vatbaarheid verwekken, terwijl omstandigheden, die de appel vastvleezig doen worden, een geringere vatbaarheid veroorzaken (4). In Engeland, waar men veel met kali-gebrek te kampen heeft, heeft men ook gegevens verkregen, die er op wijzen, dat kaligebrek de vatbaarheid verhoogt. (Rep. F.I.B. for 1927, p. 29; id. for 1929 p. 50).

Vermeld kan verder nog worden, dat H a y n e s & A r c h b o l d (34) de mogelijkheid hebben geopperd, dat het optreden van lage-temperatuur-bederf in appels zou kunnen ontstaan door het op een zeker moment opraken van de saccharose. Zij stellen zich voor dat de fructose, als hydrolyse-product van de saccharose, een onmisbare rol speelt in de stofwisseling van de cellen en dat door het ontbreken van fructose een pathologische toestand gaat optreden. Bewezen is dit echter niet.

Tenslotte komen wij dan nog tot de opvatting, dat bij lage temperatuur een ophooping van esters plaats zal hebben, waardoor een verandering van de permeabili-

teit van de protoplast, met als gevolg het optreden van lage-temperatuurbederf, het resultaat zal zijn.

Deze opvatting is uitgesproken door Overholser, Winkler en Jacob (59) in 1923[1]). Zij baseeren deze opvatting op hun waarneming, dat 1e luchting en 2e omhulling met oliepapier het optreden van het lage-temperatuur-bederf in Yellow Newtown appels sterk reduceerde. Plagge & Maney (60) deden soortgelijke proeven met Grimes in 1928. Zij zagen wel een gunstigen invloed van luchting maar niet van omhulling met oliepapier.

Zij constateeren, dat het dus waarschijnlijk niet een kwestie van wegname van aetherische oliën zal zijn en opperen de mogelijkheid dat de gunstige invloed van het luchten een gevolg van waterverlies van de vruchten zal zijn. Hoe het komt, dat de omhulling met oliepapier in de proeven van Overholser, Winkler & Jacob wel een vermindering in het optreden van lage-temperatuur-bederf teweegbracht, is moeilijk te zeggen.

Wellicht zou warmteontwikkeling binnen het oliepapieromhulsel of CO_2-ophooping in het spel kunnen zijn. In ieder geval is er geen bewijs, dat de opvatting van Overholser, Winkler & Jacob gerechtvaardigd is.

§ 5. Opzet van het onderzoek.

Op grond van de in § 4 aangehaalde feiten en opvattingen uit de literatuur, heb ik gemeend, dat het nagaan van het gedrag van de ademhaling bij schadelijk-lage temperatuur een van de meest voor de hand liggende uitgangspunten voor het onderzoek naar physiologische symptomen van het lage-temperatuur-bederf is.

Daarbij heb ik niet de appel als onderzoek-object gekozen, maar de tomaat en tevens de banaan. Deze twee

---

[1]) Zie ook: West Rep. F.I.B. for 1928 blz. 38.

laatste vruchten geven het voordeel, dat zij nog van vrij hooge temperaturen schade ondervinden en dat zij bij temperaturen van 0 tot 4° C al binnen korten tijd ziek zijn.

Oorspronkelijk had ik alleen met de tomaat willen werken, maar daar ik deze slechts gedurende drie maanden van het jaar in eenigszins voldoende hoeveelheden kon krijgen, heb ik later ook de banaan in het onderzoek betrokken.

De tomaten zijn afkomstig van het proefterrein van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt. Wanneer hierna zonder meer van tomaten wordt gesproken, is bedoeld: tomaten van de varieteit Ailsa Craig. Wanneer tomaten van een andere varieteit gebruikt zijn, wordt dit erbij vermeld.

De gebruikte bananen waren alle afkomstig uit Suriname. Sinds vier jaren worden om de drie weken per scheepskoelkamer (12 à 13° C) proefzendingen Surinaamsche bananen te Amsterdam aangevoerd, welke proefzendingen onder de contrôle van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt staan. Daardoor is het steeds mogelijk geweest mooie bossen te Amsterdam uit te zoeken en deze voor de hierachter beschreven proeven te gebruiken. Alle hier beschreven proeven zijn uitgevoerd met de Surinaamsche Congo.

Drie grootheden zijn nagegaan, n.l.:
de koolzuurafgifte,
het ademquotient,
de titratiezuurheid van perssap of van waterig extract.

De zuurheid is er bij betrokken, omdat de stofwisseling van de zuren een belangrijken invloed op de grootte van het ademquotient uit kan oefenen.

Het schema van het onderzoek is zoo, dat het verloop van elk dezer drie grootheden eerst bij een schadelijklage temperatuur is bepaald, om na te kunnen gaan, of er tegelijk met het optreden van de uitwendig zichtbare

ziekte-symptomen al of niet een of andere typische verandering in dit verloop zou zijn vast te stellen.

Vervolgens is voor ieder van de drie grootheden vergeleken, hoe hun verloop bij veilige temperatuur was, als de vruchten gezond waren en hoe dit was, als de vruchten tevoren door kou geschaad waren.

Het feit, dat van de te onderzoeken verschijnselen nog zoo weinig bekend is, maakte het noodig, dat ik mij beperkte tot een oriënteerend onderzoek, met methoden, die, zij het iets minder nauwkeurig, in de eerste plaats niet te omslachtig mochten zijn.

HOOFDSTUK II.

TOELAATBARE INWERKINGSDUUR VAN SCHADELIJK-LAGE-TEMPERATUUR.

§ 6. Toelaatbare inwerkingsduur.

Zoowel bij bananen als bij tomaten is het gebruikelijk om de aanwezigheid van lage-temperatuur-bederf naar de kleur te beoordeelen.

De periode, gedurende welke een tomaat of banaan bij een bepaalde lage temperatuur kan verblijven, zonder dat daarna gedurende de narijping bij veilige temperatuur een defect in de normale kleurontwikkeling tot uiting komt, kan men *toelaatbare inwerkingsduur* van de lage temperatuur noemen.

De eerste vraag is nu, hoe groot de toelaatbare inwerkingsduur voor temperaturen onder de benedengrens van het veilige temperatuurgebied is en wat het gebruik van de kleur, als indicator voor het optreden van een verzwakten toestand van den protoplast, hierbij rechtvaardigt.

§ 7. Tomaat.

De normale roodkleuring van de tomaat is aan een begrensd temperatuurgebied gebonden. Zoowel te hooge als te lage temperatuur maakt haar onmogelijk.

Duggar (18) stelde in 1913 vast, dat bij 30° en bij 37° geen roodkleuring plaats vindt. Rosa (67) vond, dat bij 25° de snelste roodkleuring plaats had. Bij hoogere of bij lagere temperatuur was deze minder snel. Von Euler, Karrer, von Krauss en Walker (20) constateerden bij 30° en bij 37° hetzelfde als Duggar in 1913. In eigen proeven met Ailsa Craig

bleek de maximum-temperatuur voor roodkleuring tusschen 25° en 27° C te liggen.

Wat de invloeden van de lage temperaturen op de roodkleuring betreft, beschikken we over mededeelingen van Diehl (17), Rosa (67), Wright, Pentzer, Whiteman en Rose (90) en Mulder en Sprenger (54). Uit hun waarnemingen blijkt, dat bij temperaturen van 0 tot + 4° C bij geen enkele onrijpe tomaat roodkleuring plaats heeft. De temperaturen van + 8 tot + 12 vormen een overgangsgebied. Naarmate de tomaat onrijper en de temperatuur in dit gebied lager is, verloopt ook de kleuring slechter. Tomaten die, voordat zij bij temperaturen van + 10 à + 12 worden geplaatst, al iets gekleurd zijn, kunnen bij deze temperaturen vrijwel normaal nakleuren.

Bij temperaturen van + 12 tot + 15 kunnen tomaten, die alreeds een eerste begin van kleurverandering vertoonen, steeds goed nakleuren. Hoe dichter men aan + 12 nadert, hoe spoediger men aan een graad van onrijpheid toe is, waarop geen volledige nakleuring kan volgen. Als men echter niet met al te onrijp geplukte tomaten te doen heeft, of met tomaten, die al sterk van de relatief lage temperaturen van het najaar hebben geleden, kan men + 12 wel beschouwen als de benedengrens van het temperatuurgebied, waarbinnen normale roodkleuring van groene tomaten mogelijk is.

Behalve van de temperatuur, is het vermogen tot normale roodkleuring van de tomaat afhankelijk van de samenstelling van de atmospheer waarin hij verkeert. Volgens proeven van Duggar (18) heeft in een zuurstofvrije atmospheer geen roodkleuring plaats. In eigen proeven zag ik dit bevestigd.

We zien dus, dat lage temperatuur niet de eenige factor is, die de normale roodkleuring van tomaten verhindert. Hooge temperatuur en zuurstofgebrek hebben hetzelfde resultaat.

De rechtvaardiging van de onderstelling, dat uitblijvende of gebrekkige roodkleuring een verzwakking van het weefsel door lage temperatuur indiceert, ligt echter in de verminderde weerstand tegen schimmelinfecties.

Barker (5) zag in zijn proeven met Riverside en Manx Marvel, dat bij 10° C veel sneller schimmelaantasting optrad dan bij 15.5° C. Terwijl na 25 dagen bewaring van de vruchten bij 10° al ongeveer 80% schimmelrot vertoonde, was na 25 dagen bewaring bij 15.5° nog niet meer dan 25% van de vruchten geïnfecteerd.

Bij de lagere temperaturen ziet men niet zoo snel schimmelrot optreden, omdat daar de groei van de schimmels sterk geremd wordt. De verzwakkende werking van deze temperaturen blijkt echter duidelijk, zoodra men de tomaten naar kamertemperatuur overbrengt. Men ziet de tomaten dan spoedig aan de schimmels ten prooi vallen. Dit is zonder opgave van details door verschillende onderzoekers medegedeeld. Cijfers hieromtrent vindt men bij Rosa voor Stone tomaten (68) en bij Wright, Pentzer, Whiteman en Rose (90) voor Marglobe tomaten.

We kunnen op grond hiervan aannemen, dat de defecten in de nakleuring niet slechts op zichzelf staande veranderingen in het chemisme van de kleuring zijn, maar dat zij gekoppeld zijn aan het optreden van een ziekelijken toestand van den protoplast.

Wat nu de grootte van den toelaatbaren inwerkingsduur voor een te lage temperatuur betreft, deze verschilt voor de verschillende individueele tomaten, onder invloed van groeiomstandigheden en rijpheid, maar desalniettemin zijn de waarden, die in verschillende landen zijn gevonden voor verschillende variëteiten vrij goed met elkaar in overeenstemming.

Zoo vond Diehl (17) voor de varieteit Globe een toelaatbaren inwerkingsduur van 5 dagen voor 0° C. Barker (5) stelde voor Manx Marvel en Riverside bij

+ 1° C vast, dat de toelaatbare inwerkingsduur tusschen 4 en 6 dagen moest liggen. Wright, Pentzer, Whiteman en Rose (90) komen tot de volgende resultaten:

5—8 dagen 0 of + 2° C, daarna hoogere temperatuur, practisch goede nakleuring.

11—15 dagen + 4.5° C, daarna hoogere temperatuur, practisch goede nakleuring.

14—18 dagen + 10° C, daarna hoogere temperatuur, practisch goede nakleuring.

Voor Ailsa Craig, Nunhem's Export en Tuckwood, vonden Mulder en Sprenger (54) de waarden die in onderstaande tabel zijn aangegeven. Een plusteeken beduidt goede nakleuring, een min-teeken slechte nakleuring; plus-minus beteekent practisch goede nakleuring.

TABEL 2.

		0°	+ 4°	+ 8°	+ 11°
rijpgroen	4 dagen	+	+	+	+
	7 „	—	±	+	+
	10 „	—	—	±	+
	20 „	—	—	—	—
geel.....	4 dagen	+	+	+	+
	7 „	±	±	+	+
	10 „	—	—	+	+
	20 „	—	—	±	+
oranje	4 dagen	+	+	+	+
	7 „	+	+	+	+
	10 „	—	—	+	+
	20 „	—	—	+	+
rood	4 dagen	+	+	+	+
	7 „	+	+	+	+
	10 „	—	—	+	+
	20 „	—	—	+	+

§ 8. **Lycopine.**

In verband met de kleuring van de tomaat kan nog het volgende worden vermeld.

De roode kleurstof van de tomaat is lycopine, voor het eerst beschreven als solanorubine door Millardet (52) en lycopine genoemd door Schunck (75). Volgens de onderzoekingen van Willstätter en Escher (87) is het een isomeer van carotine, $C_{40}H_{56}$.

De lycopine komt in onopgelosten toestand in de cellen voor. Rood tomatensap kan men door filtratie zijn roode kleur ontnemen. Volgens microscopische waarnemingen van G. en F. Tobler (81) en van Duggar (18) bevindt de stof zich in de cellen in den vorm van kristallen.

Het ontstaan van de lycopine kristallen heeft altijd plaats na de verdwijning van het chlorophyll. Dit is al door Millardet vastgesteld in 1876. Door G. en F. Tobler en door Duggar zijn hieromtrent nadere studies gemaakt. G. en F. Tobler deelen in 1910 mede, dat het speciaal de voormalige chloroplasten zijn, waaraan gedurende en na de afbraak van het chlorophyll lycopine uitkristalliseert: „Für die Tomate haben sich an den aüsserlich durch Farbenübergänge von Grün zu Gelb und Rot kenntlichen Stellen in den Geweben eine ganze Anzahl von Bildern finden lassen, die schwach gefärbte Chloroplasten mit sichtlich sich zersetzendem oder zersetztem Chlorophyll und an oder auf sie gelagerte Kristalle des roten Farbstoffes zeigen." Duggar nam hetzelfde waar.

Het schijnt, dat tegelijk met de chlorophyll afbraak en de vorming van lycopine een groote verandering in den protoplast plaats vindt. Millardet schrijft, dat na de verdwijning van het chlorophyll de chloroplasten degenereeren tot onregelmatige blaasjesachtige massa's en dat tezelfdertijd veranderingen in den geheelen protoplast plaats hebben.

D u g g a r heeft eveneens waargenomen, dat na de chlorophyllafbraak snel een desorganisatie van de chloroplasten ontstaat:

„as soon as the orange pigment is deposited in the vicinity of the chloroplast, it is obvious that the pulp cells generally are losing all semblance of the finer protoplasmic structure observable in early stages. The protoplasm about the nucleus and plastids disappears and small or large vesicular bodies are conspicious. The osmotic relations are evidently disturbed and the phenomenon in general may be regarded as an early stage in the softening and ultimate autolysis of cells."

Het optreden van de roode kleurstof in de tomaat is dus niet een van het rijpingsproces vrij onafhankelijke gebeurtenis, zooals b.v. het ontstaan van anthocyaankleurstof in den appel, maar schijnt veeleer een zeer bepaalde ontwikkelingsphase in het rijpingsproces van de tomaat te markeeren.

§ 9. Banaan.

De narijping van de banaan is in sterke mate afhankelijk van de temperatuur. R e y n o l d s (65) geeft het volgende schema van de narijping in verband tot de temperatuur:

22° C of hooger	gevaar voor overrijpheid
20° C	snelle of geforceerde rijping
16 à 19° C	normale rijping
15 à 16° C	langzame rijping
14 à 15° C	de bananen blijven groen
13 à 14° C	de temp. voor de langste bewaring in goeden toestand.

C a l k i u s (14) noemt 12.5 à 13° C de schadelijke benedengrens van het veilige temperatuurgebied. O l n e y (58) constateerde voor Honduras- en Jamaicabananen, dat bij 12° C of lagere temperatuur geen goede narijping plaats heeft.

D a s h (16) nam waar, dat Grenada Giant Fig bananen door een verblijf van 3 weken bij 10° C geheel zwart werden. Een verblijf van 10 dagen bij 10° C scheen geen schadelijke gevolgen te hebben. W a r d l a w en M c G u i r e (86) deden de volgende waarnemingen:

Gros Michel	24 dagen	12 °C	veilig	
	14 „	11 °C	verschijnselen van l.t.b.	
	9 „	10.5°C	„	„ „
Cavendish	24 „	12 °C	veilig	
	24 „	11 °C	„	
	13 „	10.5°C	verschijnselen van l.t.b.	

De schadelijke benedengrens van de banaan moeten we dus op ongeveer 12° C stellen. Een te lang verblijf bij temperaturen die beneden deze grens liggen, veroorzaakt een irreversibele verandering in het vermogen tot normale narijping.

Dit uit zich ten eerste door het verdwijnen van de frischheid van de kleur en het daarvoor in de plaats treden van een zekere vaalheid die niet meer weggaat. Ten tweede door het afscheiden van een bruine kleurstof in de schil, die niet meer verdwijnt. Deze twee verschijnselen vertoonen zich niet steeds tegelijkertijd.

Over het algemeen treedt de afscheiding van bruine kleurstof bij de lagere temperaturen sterker op den voorgrond dan bij de temperaturen die maar weinig onder de schadelijke grens liggen. Dit gaat echter niet onbeperkt op, want bij proeven waarbij Surinaamsche Congo's bij 0° C, + 2° C en + 4° C waren geplaatst, zag ik de bruinkleuring bij + 2° C het eerst optreden, daarna bij 0 en + 4°.

De bananen bij 0° waren echter sneller vaal dan die bij + 2°. Na verloop van eenige dagen haalden de bananen bij 0° die bij + 2, wat betreft de bruinkleuring, weer in.

Oogenschijnlijk werden de bananen dus bij 0° wel sneller ziek dan bij + 2, maar verliep het oxydatieproces, waardoor de bruine kleurstof ontstaat bij 0° zooveel

langzamer, dat de bananen bij + 2 toch eerder bruin waren.

Wenden wij ons nu tot de vraag, waaruit blijkt, dat bij de kleurdefecten tevens van een weefselverzwakking sprake is, dan kunnen de volgende getabelleerde waarnemingen worden vermeld.

TABEL 3.

Toestand van groene bananen, bewaard bij + 2° C, vervolgens bij 20° C. Per geval 10 bananen.

Verblijf bij + 2° C.	Daarna verblijf bij + 20° C.	Kleur van de schil	Graad van schimmelaantasting
13 dagen	25 dagen	geheel zwart	gering
16 „	22 „	„ „	iets meer
21 „	17 „	„ „	veel meer
27 „	11 „	„ „	totaal met schimmel bedekt

Uit deze cijfers volgt, dat de resistentie van de schil van de banaan tegen schimmels door een te lang verblijf bij lage temperatuur gaandeweg teloor gaat.

Het lage-temperatuur-bederf van de banaan is dus niet enkel een irreversibele kleurverandering. Ook de protoplast wordt geschaad.

Vervolgens komen wij tot een serie proeven over het eventueel verband tusschen de kleurdefecten in de schil en het narijpingsvermogen van het vruchtmoes. Onderstaande cijfers toonen aan, dat het vermogen tot ontwikkeling van den normalen geur en smaak van het vruchtmoes bij narijping bij + 20° C anders door een verblijf bij te lage temperatuur worden beïnvloed dan de kleur van de schil. Deze cijfers zijn ontleend aan proeven met bananen van vier verschillende zendingen, ontvangen in den loop van het jaar 1933.

TABEL 4.

Verblijf bij	Gedurende	Zending van	Kleur v. d. schil bij het verlaten v. d. schadelijke temperatuur	Kleur v. d. schil na verblijf bij bij + 20°	Ontwikk. bij narijping bij + 20°	
					Smaak	Geur
0° C	11 dagen	9-5-33	dof bronsgroen	totaal zwart	goed	goed
	12 „	12-7-33	sterk bruin	vrijwel geheel zwart	goed	goed
+ 2°C	14 dagen	8-3-33	sterk dofgroen-bruin	—	goed	goed
	28 „	id.	sterk donkerbr.	—	droog	gering
	7 „	28-3-33	vrij sterk vaal	geel met groote roodrandige vlekken	goed	goed
	11 „	9-5-33	dofbronsgroen	pract. geheel zwart	goed	goed
	12 „	12-7-33	kleine dof-bruine vlekken	vrij sterk vaal	goed	goed
+ 4°C	11 dagen	9-5-33	dofbronsgroen	dofkaneelbruin m. gr. zw. vl.	goed	goed
	12 „	12-7-33	kl. dofbruine vlekken	iets vaal	goed	goed
+10°C	11 dagen	9-5-33	lichtgr. met iets geel; op de rondingen v. d. schil wat vaal	terwijl het vruchtmoes al week is, is de kleur nog vrij groen; op de rondingen vaal	goed	goed
	22 „	id.	geelgroen, met over de geh. schil een lichte vaalheid	heelemaal wat dof; verder als boven; één bovendien veel zw. vlekken	goed	goed

Men ziet, dat de schil van een banaan door een verblijf bij te lage temperatuur totaal zwart kan worden, terwijl toch het vermogen van het vruchtmoes om met

goeden geur en smaak na te rijpen, volkomen behouden blijft. De onderzochte bananen bleven dit normale narijpingsvermogen steeds behouden tot op het moment, dat de schil door te lage temperatuur zoo verzwakt was, dat hij spoedig geheel met schimmel bedekt was. Het vruchtmoes van dergelijke bananen met niet fungeerende schillen werd dan zelf een prooi van de schimmels, voordat er sprake van narijping kon zijn. *Het is dus oogenschijnlijk geen lage-temperatuur-bederf van het vruchtmoes, dat dit ten onder brengt, maar het verlies van zijn natuurlijke beschermster, de schil.*

In dezelfde proeven, waaraan de cijfers van de voorafgaande tabel ontleend zijn, werden de volgende waarden voor den toelaatbaren inwerkingsduur t.o.v. het vermogen tot goede nakleuring van de schil gevonden.

TABEL 5.

Zending van	Bewaar-temperatuur	Toelaatb. inw. duur t. o. v. het vermogen tot goede nakleuring
9-5-33	0° C	minder dan 3 dagen
12-7-33		tusschen 4 en 6 dagen
8-3-33	+ 2° C	minder dan 7 dagen
28-3-33		tusschen 3 en 6 dagen
9-5-33		minder dan 4 dagen
30-5-33		4 dagen
21-6-33		tusschen 5 en 7 dagen
12-7-33		tusschen 4 en 6 dagen
9-5-33	+ 4° C	minder dan 4 dagen
12-7-33		tusschen 4 en 6 dagen
9-5-33	+ 10° C	tusschen 8 en 11 dagen
12-7-33		tusschen 6 en 12 dagen

Men ziet, dat er nog al eenige schommeling is in deze waarden.

§ 10. Bruine kleurstof.

Omtrent den aard van de bruine kleurstof, die in bananen o.a. optreedt als zij te laag gekoeld zijn, geven proeven van S a c k (72), uitgevoerd in Suriname, eenige aanwijzingen. Hij stelde vast, dat de zwartkleuring van een bananenschil alleen mogelijk is in tegenwoordigheid van vrije zuurstof. Voorafgaande verhitting van de schil in lucht tot 180° C of in oververhitte waterdamp verhinderde de zwartkleuring niet.

Kookte hij de schillen met water uit, dan kleurden zij achteraf niet meer zwart. In het kookwater bevond zich nu een stof, die zich met $Fe\ Cl_3$ blauw kleurde, zoodat S a c k concludeerde, dat looistof aan de schillen onttrokken was.

Het volgend, door schrijver dezes genomen proefje, toont echter aan, dat het niet de zwartwordende stof uit de schil (hieronder stof X genoemd) behoeft te zijn, die met ferrichloride een blauwe kleur geeft.

Van een partijtje groene Congo's werd een deel bij + 2° C gezet en een ander deel bij kamertemperatuur. Na resp. 0, 3, 4, 6, 8, 10, 18 en 25 dagen werd van beide partijtjes 100 g schil ½ uur gekookt met 300 cm^3 water. Op 10 cm^3 van het verkregen extract werd dan gereageerd met 1 druppel ferrichloride. Na flink doorschudden werd iedere reageerbuis vervolgens van een paar druppels toluol voorzien. Het resultaat was, dat de schilextracten van de bananen, die zich bij kamertemperatuur hadden bevonden na 0, 3, 4 en 6 dagen een blauwkleuring van gelijke intensiteit vertoonden. Na 8 dagen waren deze bananen geel gekleurd en eetrijp geworden. De blauwkleuring was nu veel minder intens: na 10 dagen was deze nog veel minder geworden. Hun kleur was echter geel en nog niet zwart. Ondanks het feit, dat de stof X nog in de kleurlooze, dus oplosbare vorm aanwezig was, was de reactie met ijzerchloride bijna geheel verdwenen.

De schilextracten van de bananen bij + 2° C bleven tot op den achttienden dag met ferrichloride een blauwkleuring vertoonen van onverminderde intensiteit. Op den tienden dag vertoonden de bananen van deze groep echter al groote bruine vlekken, zoodat toen al een deel van de stof X in den zwartachtigen vorm was omgezet. De zwartachtige vorm is volgens Sack bijna onoplosbaar in water. Desalniettemin was de reactie met ijzerchloride in het extract nog onverminderd.

Vermoedelijk betreft de blauwkleuring met ijzerchloride dus een gewone, naast de stof X aanwezige, looistof.

Wanneer S a c k normale bananenschillen met water kookte, scheidde zich in het water na eenigen tijd een zwartachtig poeder af. Dit was het best te bereiden door de schillen met alkohol uit te koken en na filtratie het gelige extract met een spoor ammonia 24 uur te laten staan. Dan had zich op den bodem een zwarte massa afgezet.

Het zwarte poeder was bijna onoplosbaar in water of in alkohol. Oplosbaar was het in alkaliën, waaruit het door toevoeging van zuur dan weer kon worden neergeslagen. Stikstof was er niet in aan te toonen. Uit zwart geworden schillen was de stof met behulp van ammonia gemakkelijk te extraheeren. Deze vertoonde dan dezelfde eigenschappen als het kunstmatig verkregen product.

S a c k schrijft naar aanleiding van de boven beschreven resultaten [1]): „We kunnen ons het zwart worden der bacovenschillen op de volgende wijze voorstellen: Na het afsterven der cellen van de schillen, dringt de lucht, dus ook zuurstof, door de celwanden naar binnen; vele dezer cellen bevatten in hun celvocht een licht oxydeerbare looistof, die dan door de binnengedrongen zuurstof geoxydeerd wordt tot een donkerbruin poeder, dat in dikkere laag gezien, zwart schijnt."

[1]) Zie ook Scurti en Pavarino (76).

HOOFDSTUK III.

DE INVLOED VAN LAGE TEMPERATUUR OP DE ADEMHALING VAN TOMATEN EN BANANEN.

§ 11. Methode voor de bepaling van de koolzuurafgifte.

Voor het nagaan van het gedrag van de ademhaling bij verschillende temperaturen is eerst de adem-intensiteit vervolgd. Dit is gedaan aan de hand van de koolzuurafgifte.

Om het verloop van de koolzuurafgifte van een vrucht bij verschillende temperaturen te kunnen vaststellen, is de hieronder beschreven apparatuur gemaakt.

Deze was zoo ingericht, dat de vruchten zich tijdens en tusschen de metingen in glazen bollen in een waterthermostaat bevonden en dat er voortdurend een luchtstroom langs de vruchten werd gezogen. Voordat de lucht van dezen stroom bij de vruchten kwam, werd hij ontdaan van koolzuurgas, en nadat hij de vruchten gepasseerd was, kon hij naar wensch al of niet door Pettenkofer-buizen met loog worden geleid om het door de vruchten afgegeven koolzuur weer af te staan.

De luchtstroom moest soms weken achtereen dag en nacht ononderbroken doorgaan. Dit was een moeilijke opgave, want in de eerste plaats mocht de electrische motor van de pomp, die de lucht aanzoog, niet defect geraken, of zijn riem verliezen en in de tweede plaats mocht de spanning van het electrisch net niet worden verbroken. Daar ik niet over een installatie voor automatische omschakeling op een andere krachtbron beschikte, wanneer de electromotor om de een of andere reden zou stoppen, zijn verschillende series door onaangekondigde onderbrekingen van de netspanning of door

andere omstandigheden teloorgegaan.

Dit is mede een oorzaak geweest, dat er per seizoen maar weinig reeksen van metingen konden worden uitgevoerd.

Volge eerst de beschrijving van den thermostaat.

§ 12. Thermostaat.

In een houten kist van 125 × 100 × 50 cm is een waterdicht gesoldeerde zinken bak geplaatst. Van buiten is de kist met kurk geïsoleerd.

De kist is van boven voor een deel afgesloten door een vast deksel, bestaande uit een horizontaal deel A en een vertikaal deel B. Het nog opengebleven deel van de kist wordt afgesloten door een kap C, die even hoog is als de verticale wand B.

De kap is scharnierend bevestigd aan den bovenkant van B. Evenals de kist zelf, is het deksel geïsoleerd met kurk. Hierdoor is de kap C zoo zwaar geworden, dat een vlotte opening en sluiting alleen mogelijk is door via katrollen aan den zolder een contragewicht aan te brengen.

Aan den bodem van de kist bevindt zich een kraan om het water dat zich erin bevindt eventueel af te kunnen tappen.

Om het water in de kist op constante temperatuur te kunnen houden, is de volgende apparatuur aangebracht. Binnen in de kist ligt op den bodem, onder het deel A van het deksel, een ammoniakverdamper. De aan- en afvoerbuizen tot dezen verdamper gaan onder het deel A van het deksel naar buiten en staan verder in verbinding met den ammoniakketel van een ammoniakverdamperkoelmachine, die zich in een nevenstaand vertrek bevindt. Even buiten de kist zijn in aan- en afvoerleiding kranen aangebracht, waardoor de snelheid van verdamping van de ammoniak in den verdamper geregeld kan worden. Aldus is het mogelijk het water in de kist te

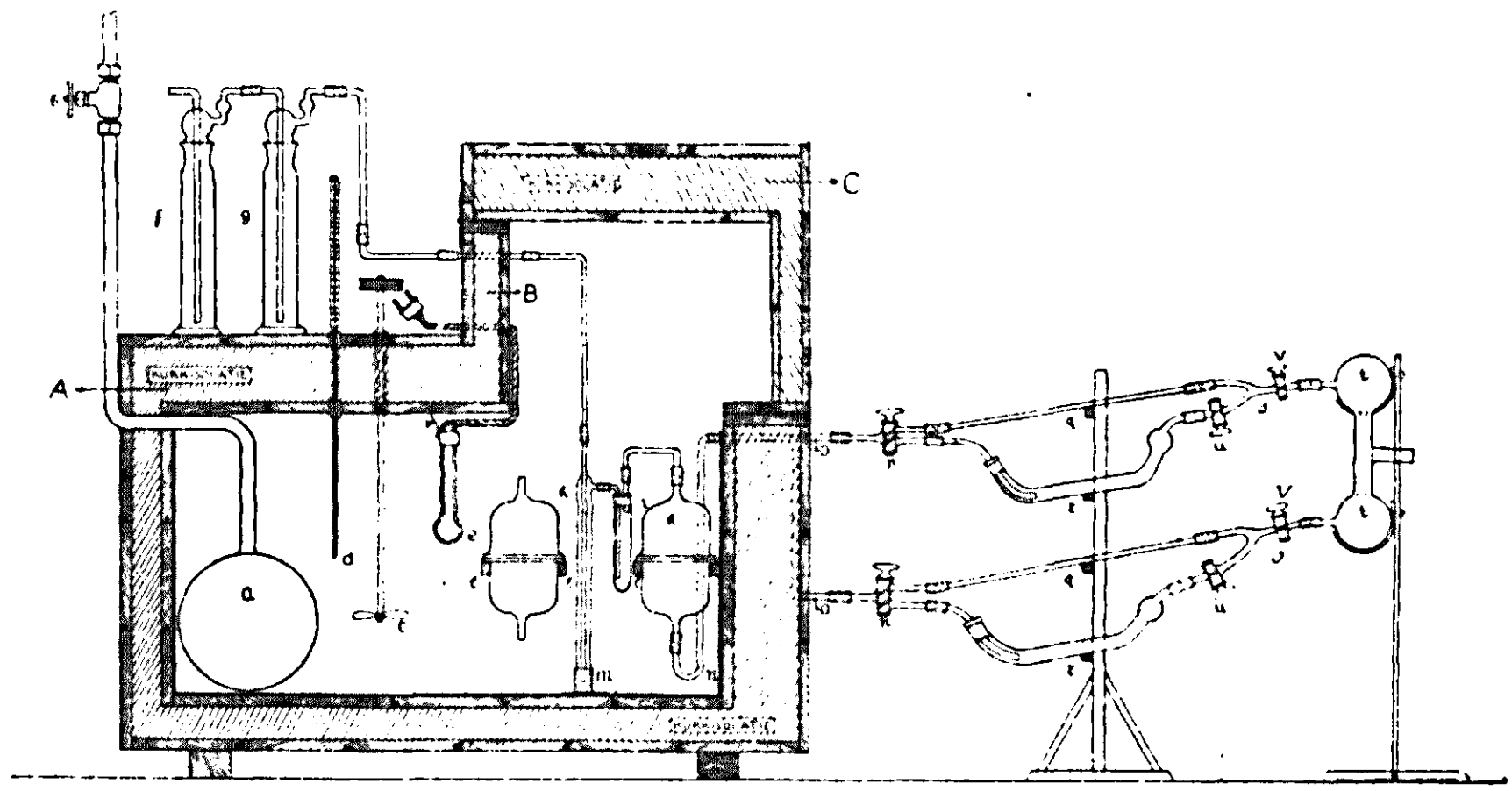


Fig. 1. *Toestel voor de bepaling van de CO_2-afgifte van vruchten.*

a. ammoniak-verdamper.
b. regelkranen van *a* (in de fig. dekken de aan- en afvoerbuis van *a* elkaar, daardoor is slechts één buis te zien; hetzelfde geldt voor de twee regelkranen).
c. roerder.
d. thermometer.
e. verwarmingslichaam.
f. waschflesch met $K_2Cr_2O_7$- sterk H_2SO_4.
g. „ „ KOH 50%.
h. waschbuis „ KOH 50%.
i. „ „ $Ba(OH)_2$.
k. adembol.
l. horizontale latten.
m. buishouder.
n. koperen buis.
o. „ „
p. driewegkraan.
q. glazen buis.
r. Pettenkofer-buis.
s. T-stuk.
t. voorvacuum.
u. klemkraan (in de teekening is abusievelijk een glazen kraan aangegeven).
v. klemkraan (opmerking als bij *u*).

koelen. Voor verwarming van het water is een electrisch verwarmingsapparaat, een z.g. dompelaar in de kist opgehangen. De leiding hiervan gaat door het vertikale deel (B) van het deksel.

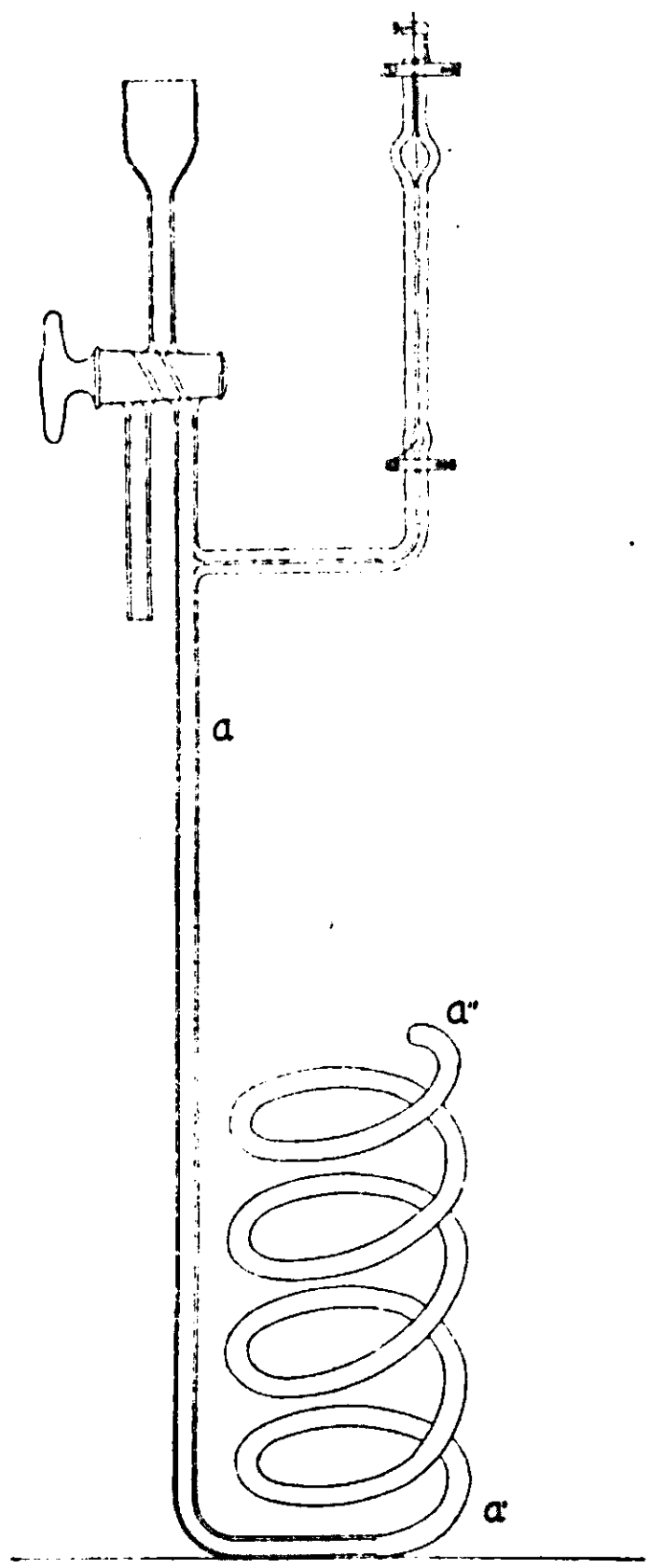


Fig. 2. *Thermoregulateur.*

Door de combinatie van den ammoniakverdamper, den dompelaar en een hierop werkenden thermoregulateur was het mogelijk het water op iedere gewenschte temperatuur tusschen 0° C en 30° C constant te houden. Voor het handhaven van temperaturen die beneden de kamer-temperatuur lagen, werd de ammoniakverdamper zoo ingesteld, dat hij juist iets sterker koelde dan voor de gewenschte temperatuur noodig was. De thermoregulateur van den dompelaar werd dan op de gewenschte temperatuur ingesteld, zoodat de dompelaar door periodieke bijwarming, de temperatuur precies tot op 1/10° C constant hield, mits gezorgd werd, dat de capillair van den regulateur schoon bleef.

De thermoregulateur is als volgt gemaakt. Een glazen buis van 7 mm uitwendigen diameter is gebogen op de wijze als in fig. 2 is aangegeven (a, a', a''). Op het verticale deel a is een driewegkraan met een van zijn beenen aangesmolten, zoodanig, dat het tweede been van de kraan evenwijdig aan a verticaal omlaag staat.

Op het derde been is een stuk wijdere glasbuis aangesmolten, zoodat een soort trechter gevormd wordt. Op zij van de buis a is een knievormig gebogen capillair aangesmolten, die met zijn vrij uiteinde vertikaal omhoog wijst. In dit vertikale deel van den capillair is vlak bij de buiging een platinadraad ingesmolten, die met zijn eene eind in het lumen van den capillair steekt en met zijn andere eind verbonden is aan een koperen bandje, voorzien van een schroefoog voor bevestiging van een koperdraad van de zwakstroom-leiding.

Iets onder den top van den capillair is een bolletje geblazen en op den top bevindt zich een kleine inrichting voor het vastklemmen van een platinadraad, die in den capillair op en neer kan schuiven en voor bevestiging van een koperdraad voor aansluiting op een zwakstroomleiding. Het deel a'a'' is gevuld met xylol en de rest met kwik.

Het aanbrengen van de driewegkraan met trechter maakt het mogelijk, dat de thermoregulateur zeer gemakkelijk voor het gebruik bij verschillende temperaturen kan worden versteld, eenvoudig door aftappen van kwik uit den trechter door middel van het 2e been van de driewegkraan of door toevoeging van kwik door het boven in den trechter te gieten.

Door het deel A van het deksel is verder nog aangebracht een langstelige thermometer, waarvan het kwiklichaam in het water steekt en de schaalverdeeling buiten het deksel uitsteekt. Aldus was de temperatuur van het water steeds te controleeren, zonder dat daarvoor het deksel behoefde te worden geopend.

De te onderzoeken vruchten werden geplaatst in adembollen, ieder bestaande uit twee halve bollen die met geslepen randen op elkaar pasten.

Iedere halve bol bezat aan zijn top een korte toevoerbuis, waardoor het mogelijk was een luchtstroom door te voeren. De bollen konden door middel van uit hard

ijzerdraad gemaakte klemmen worden vastgezet op een stel horizontaal in de kist aangebrachte latten. Meestal werden in één proef 10 adembollen tegelijk in de kist geplaatst.

§ 13. Doorloopende koolzuurvrije luchtstroom.

Om nu de CO_2-afgifte van de vruchten in de adembollen te meten, is een CO_2-vrije luchtstroom langs de vruchten en vervolgens door Pettenkoferbuizen met getitreerd loog geleid, waarna door her-titratie van het loog kon worden uitgerekend hoeveel CO_2 door het loog was opgenomen.

De apparatuur voor het doorleiden van een luchtstroom was als volgt samengesteld.

Buiten op het horizontale deel A van het deksel stonden twee series van twee waschflesschen, waardoor de lucht moest passeeren om van het lokaal in de kist te komen. De lucht ging hierbij eerst door een waschflesch met sterk zwavelzuur en $K_2Cr_2O_7$, daarna door een waschflesch met KOH 50 %. Vanuit de twee series waschflesschen op het deksel kwam de lucht via twee verdeelbuizen door 10 glazen buizen in de kist.

Deze 10 buizen doorboorden het deel B van het deksel. Op ieder van de 10 glazen buizen sloot een in de kist staande waschbuis met KOH 50 % aan. Na het passeeren van deze 10 KOH-buizen ging de lucht via 10 kleinere waschbuizen met barietwater door de 10 adembollen. Deze waren aangesloten op 10 koperen buizen, die boven den waterspiegel de voorkant van de kist doorboorden. Door deze buizen kwam de lucht via driewegkranen vervolgens, al naar den stand van de kranen, òf in gewone glazen buizen òf in de Pettenkoferbuizen met getitreerd loog. Ieder stel bij elkaar behoorende glazen buizen en Pettenkoferbuizen sloot aan op eenzelfde T-stuk, dat door middel van een rubber buisje aansloot op een voor-vacuum, hetwelk bij gebruik door

een Pfeifferpomp werd leeggezogen. De rubberbuisjes, die de Pettenkofer-buizen met de T-stukken verbonden, waren voorzien van klemkraantjes. Door deze te sluiten en door de driewegkraan zoo te stellen dat de lucht door de gewone glazen buizen ging, konden de Pettenkofer-buizen worden weggenomen zonder dat de luchtstroom afgebroken werd. De rubberbuisjes die de T-stukken aan het voorvacuum verbonden, waren eveneens voorzien van klemkraantjes.

Door middel van deze kraantjes werd de snelheid geregeld waarmee de lucht door de adembollen ging. Deze snelheid bedroeg gewoonlijk 1 à 2 l per uur.

De lucht in het lokaal werd dus na reiniging van eventueel aanwezige ammoniak (uit de ammoniakleidingen), vluchtige organische stoffen en CO_2 langs de vruchten gevoerd. Doordat de in de kist staande KOH-buizen en barietwaterbuizen in het water stonden, had de lucht de gelegenheid de temperatuur van het water aan te nemen voordat zij de adembollen bereikte.

Dit is als volgt geverifieerd.

Tusschen een uitlaat van een adembol in den thermostaat en een koperen buis in den voorwand van den thermostaat werd een glazen buis geschakeld, die wijd genoeg was, om er een thermometer in te kunnen plaatsen. De thermometer werd voorzien van drie rubberringen, zoodat hij overal vrij van den wand van de buis kwam te liggen. Hij werd zoo in de buis geplaatst, dat zijn kwiklichaam zich dicht voor de plaats bevond, waar de lucht uit den adembol in de glazen buis kwam.

Nadat de thermostaat op + 0,7° C was gebracht, is de thermometer, die voor de metingen in de buis bij die temperatuur moest dienen, met den thermometer van den thermostaat vergeleken. Daarna is hij in de glazen buis gedaan en is de luchtstroom met een snelheid van minstens twee liter per uur door het toestel gezogen.

Het resultaat was, dat de temperatuur in de glazen buis gelijk was aan die van het water van de thermostaat.

Daarna is de proef nog eens op iets andere wijze herhaald. Nu werd n.l. de adembol weggenomen en de glazen buis direct achter de barietwaterbuis geschakeld.

Het resultaat was echter weer hetzelfde.

De barietwaterbuizen maakten het mogelijk te controleeren of alle CO_2 uit de binnengezogen lucht verdwenen was. Voordat de proeven begonnen, zijn ook barietwaterbuizen achter de leege Pettenkofer-buizen geplaatst, om vast te stellen, of het toestel luchtdicht was. Daarbij waren de adembollen natuurlijk ook leeg. Ditzelfde is gedaan met bezette adembollen en gevulde Pettenkofer buizen, om te zien, of het loog in de Pettenkoferbuizen in staat was alle door de vruchten afgegeven koolzuur op te nemen.

Verder zijn nog wel eens barietwaterbuizen op verschillende plaatsen van het buizensysteem ingeschakeld, om de plaats van een lek op te sporen.

§ 14. Bepaling van het koolzuur.

De bepaling van het opgevangen koolzuur heeft plaats gehad volgens de methode Warder (85).

Volgens de onderzoekingen van Küster (48) en van Tillmans en Heublein (80) zijn de hiermee gevonden uitkomsten voor het koolzuur iets aan den lagen kant.

Naar de cijfers die Küster geeft, moet de waarde van het gevonden carbonaat ongeveer 96 % zijn van de werkelijk aanwezige hoeveelheid. Aangezien deze fout steeds naar denzelfden kant uitvalt, kan hij op den vorm van CO_2 krommen geen wezenlijken invloed uitoefenen. Er is dus geen bezwaar om het samenstellen van CO_2 krommen op deze methode te baseeren.

Een gewone KOH-oplossing bevat altijd een kleine

hoeveelheid carbonaat. Daarom is van de KOH-oplossingen die voor de CO_2-absorptie dienden steeds van te voren door blanco-proeven vastgesteld hoeveel carbonaat zij bevatten. Deze hoeveelheden zijn dan steeds van de gevonden waarden na de CO_2-absorptie afgetrokken.

Het werkschema voor de CO_2-bepalingen was nu als volgt: iedere Pettenkoferbuis werd uit een voorraadflesch met buret voorzien van 30 cc KOH ($^1/_{10}$ N) en direct in de meetinrichting geplaatst. Nadat zoo alle Pettenkoferbuizen achtereenvolgens gevuld op hun plaats waren gebracht, werden ze op den door het toestel gaanden luchtstroom ingeschakeld — na 22 uren van CO_2-absorptie (bij sterke CO_2-afgifte korter) werden ze weer uitgeschakeld en één voor één getitreerd — daartoe werd door middel van een pipet 25 cm^3 uit de Pettenkoferbuis genomen, in een bekerglas overgebracht en direct op de boven aangegeven wijze met $^1/_{10}$ N H_2SO_4 getitreerd.

§ 15. Verloop koolzuurafgifte bij schadelijk-lage temperatuur.

De vraag, die nu, in overeenstemming met de in § 5 aangegeven opzet van het onderzoek, gesteld wordt, luidt: Vertoont de koolzuur-kromme van een tomaat of een banaan bij schadelijk-lage temperatuur, op het tijdstip, dat de toelaatbare inwerkingsduur (Hoofdstuk II) overschreden wordt, iets bijzonders?

Voor de beantwoording van deze vraag zijn, volgens de in §§ 11—14 behandelde methode, drie series metingen gedaan met tomaten bij + 1° C en twee series metingen met bananen bij + 2° C.

Ieder etmaal werd het afgegeven koolzuur gedurende een bepaald aantal uren opgevangen. De aldus achtereenvolgens gevonden hoeveelheden werden uitgedrukt in cm^3 0.1 N H_2SO_4, in een grafische voorstelling gezet,

waarin op de abscis de tijd in dagen en op de ordinaat de koolzuurafgifte is af te lezen (fig. 3 t/m. 7).

Fig. 3 vertoont het resultaat bij tien individueele groene tomaten, die versch geplukt en gezond waren, voordat zij in de adembollen gingen.

Alle tien tomaten geven een toename van de koolzuurafgifte te zien. Deze toename verloopt bij de meeste tomaten niet regelmatig, maar golvend.

Volgens § 7 is de toelaatbare inwerkingsduur van een temperatuur van + 1° C voor groene tomaten ongeveer 4 tot 7 dagen.

De toename van de koolzuurafgifte gaat na het overschrijden van dezen tijdsduur nog door. Bij tomaat no. 1 wordt het hoogste punt van de kromme bereikt op den 11en dag, bij tomaat no. 2 op den 10en en 11en dag, bij no. 3 op den 14en dag, bij no. 4, no. 5 en no. 6 op den 12en dag, bij no. 7 op den 15en dag, bij no. 8 op den 11en dag, bij no. 9 op den 14en dag en bij no. 10 op den 12en dag.

Op zijn vroegst valt de grootste koolzuurafgifte op den 10en dag, en op zijn laatst (in de hier weergegeven meetperiode) op den 15en dag, dat is dus beide in een periode, waarin het lage-temperatuur-bederf al opgetreden is.

Een bijzondere knik is omstreeks den 4en—7en dag in de kromme niet op te merken.

Fig. 4 vertoont het resultaat bij 10 individueele roode tomaten. Deze waren gezond voordat zij in de adembollen gingen.

Voor roode tomaten is de toelaatbare inwerkingsduur van + 1° C ongeveer 8—10 dagen (§ 7). De krommen verloopen meer of minder golvend maar vertoonen over het geheel een geringe daling. In de nummers 1, 2, 5, 7 en 8 is een duidelijk dal aanwezig op den achtsten dag. In de nummers 4, 9 en 10 is dit op geringe wijze het geval. De krommen nos. 3 en 6 vertoonen geen dal op

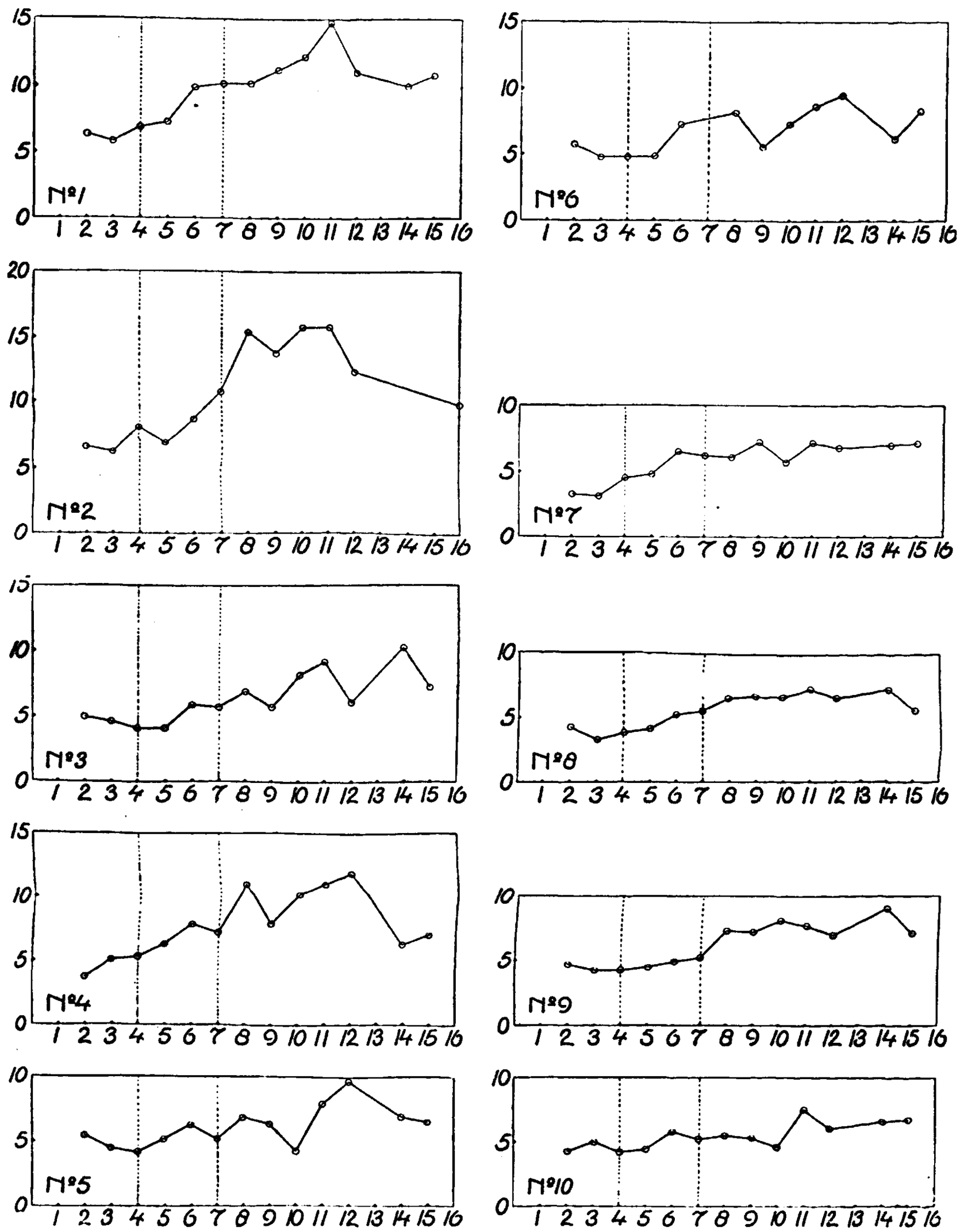


Fig. 3. *Koolzuur-afgifte van tien individueele groene tomaten bij + 1° C.*

Op de abscis: de tijd in dagen.
Op de ordinaat: de hoeveelheden CO_2, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal, uitgedrukt in cm^3 0,1 N H_2SO_4.

Tomaat No.	Gewicht in g	Tomaat No.	Gewicht in g
1	125.5	6	98.7
2	133.8	7	85.6
3	104.4	8	91.0
4	102.9	9	86.2
5	93.6	10	82.1

Tusschen de twee vertikale lijnen ligt het einde van den toelaatbaren inwerkingsduur van + 1° C.

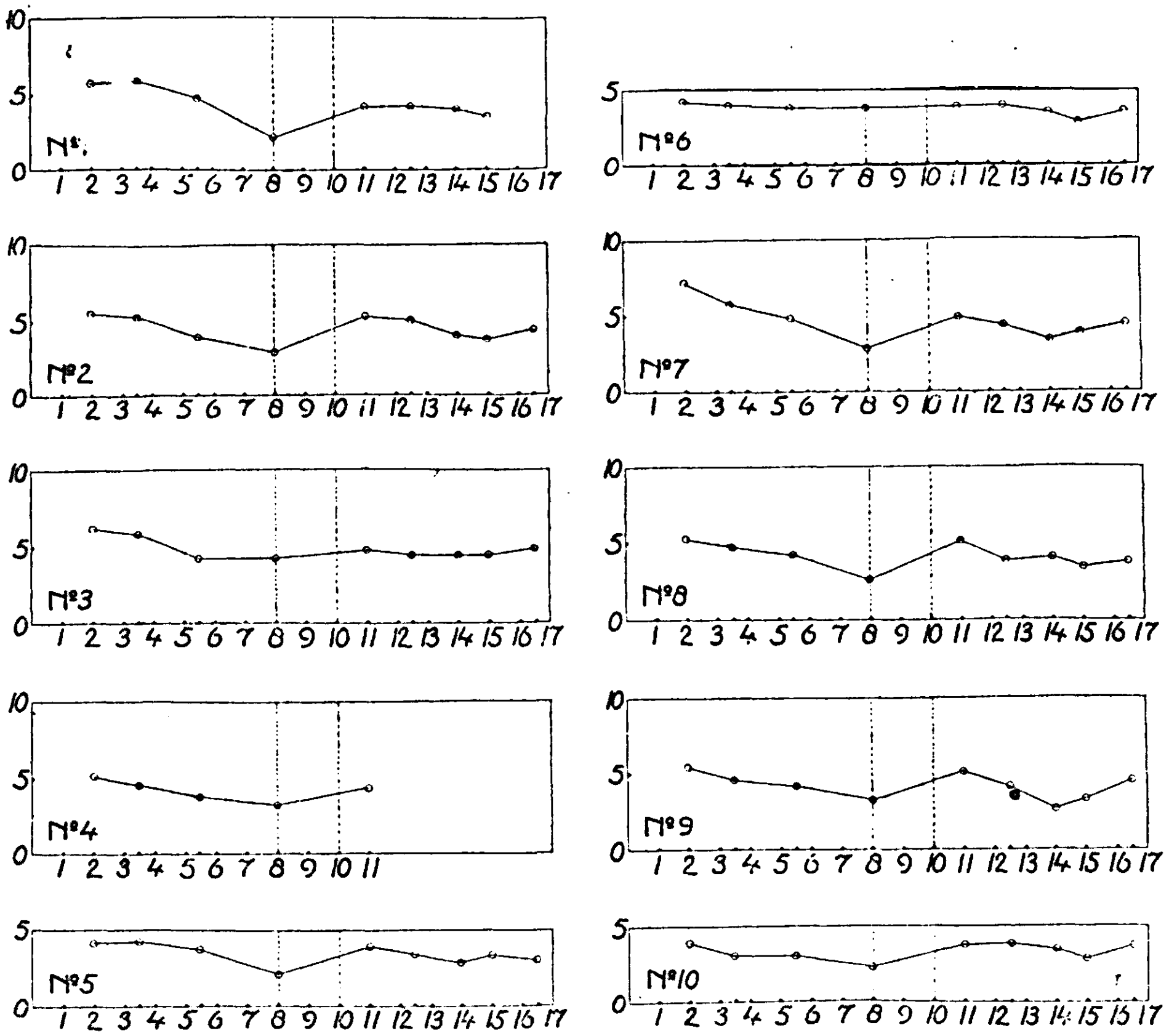


Fig. 4. *Koolzuur-afgifte van tien individueele roode tomaten bij + 1° C.*

Op de abscis: de tijd in dagen.
Op de ordinaat: de hoeveelheden CO_2, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal, uitgedrukt in cm^3 H_2SO_4 0,1 N.

Tomaat No.	Gewicht in g	Tomaat No.	Gewicht in g
1	132.6	6	105.6
2	118.2	7	115.9
3	111.8	8	100.0
4	112.5	9	95.0
5	115.2	10	98.6

Tusschen de twee vertikale lijnen ligt het einde van den toelaatbaren inwerkingsduur van + 1° C.

den achtsten dag, maar ook later niet. Een bepaalde gevolgtrekking in verband met den vorm van deze krommen laat ik voorloopig achterwege.

Fig. 5 vertoont de krommen van tien groene tomaten, die al lage-temperatuur-bederf hadden opgedaan, voordat zij in de adembollen gingen. Tusschen het opdoen van lage-temperatuur-bederf en het plaatsen in den thermostaat bij + 1° C hebben zij eenige dagen bij 14° C gestaan.

Deze krommen geven alle een meer of minder wisselende maar over het geheel toenemende koolzuurafgifte te zien. Deze toename is niet zoo sterk als die van de tomaten van fig. 3, maar de algemeene gang van de krommen in fig. 5 komt toch met dien van de krommen in fig. 3 overeen. Dit bewijst, dat het optreden van lage-temperatuur-bederf geen duidelijk waarneembare invloed heeft gehad op het verloop van de koolzuurafgifte.

Het verloop van de koolzuurafgifte van bananen bij + 2° C geeft evenmin iets karakteristieks te zien. De krommen van de groene bananen (fig. 6) vertoonen een golvende stijging, die van de gele bananen (fig. 7) een golvende daling.

De toelaatbare inwerkingsduur van + 2° C bedraagt voor groene bananen ongeveer 3 à 6 dagen (§ 9). Voor de gele geldt dit ook. Men kan niet zeggen dat er bij of in verband met het overschrijden van dezen tijdsduur iets bijzonders met de koolzuurafgifte gebeurt.

De in het begin van deze paragraaf gestelde vraag moet dus ontkennend worden beantwoord.

Tegelijk met het optreden van lage-temperatuur-bederf heeft in groene tomaten of bananen, volgens het verloop van de koolzuurafgifte, geen verzwakking van de ademhaling plaats. Evenmin treedt als reactie noodwendig een versterkte ademhaling op. Wel heeft bij groene tomaten en bananen bij lage temperatuur een toename van de koolzuurafgifte plaats, maar bij roode tomaten of gele bananen niet.

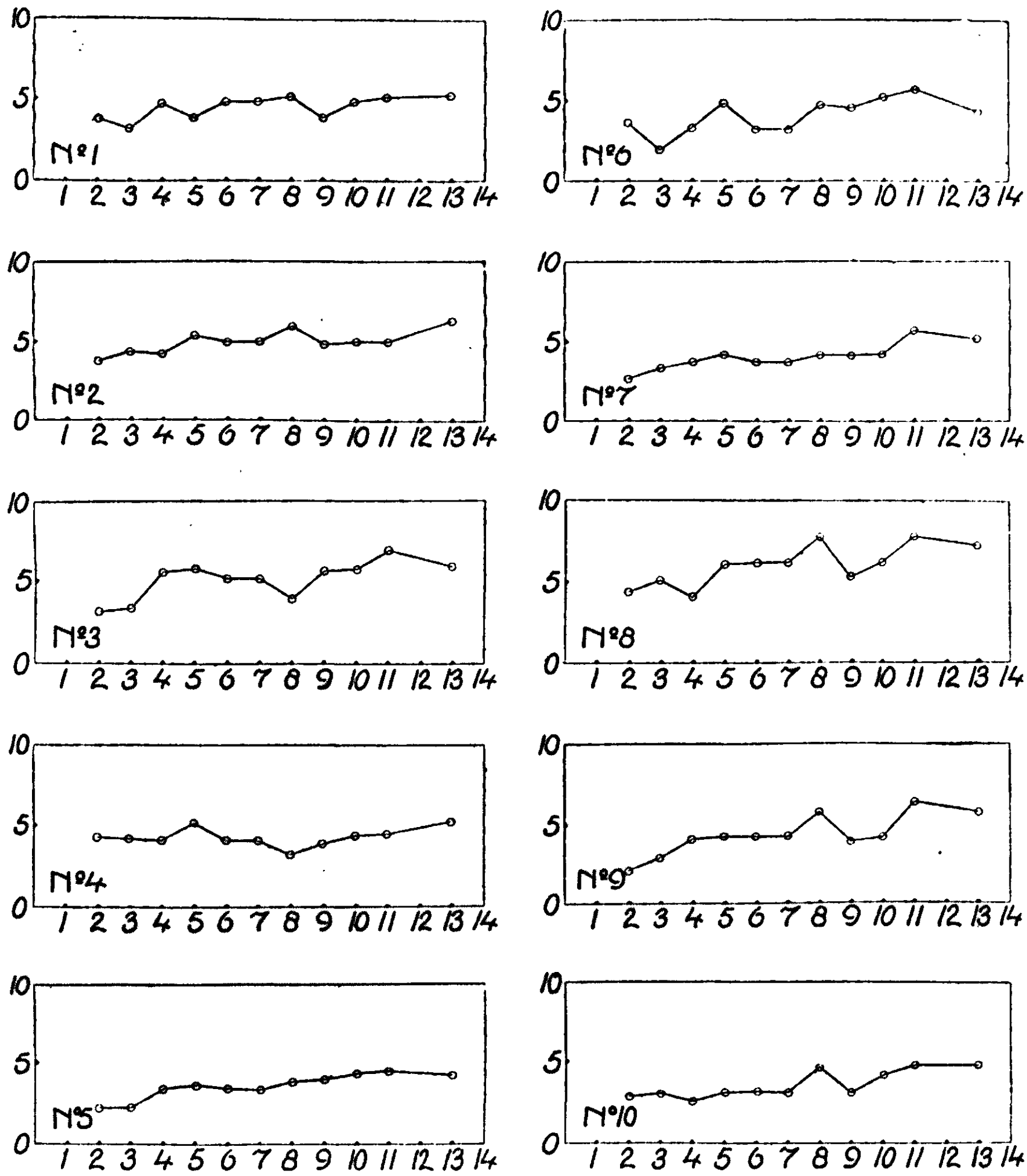


Fig. 5. *Koolzuur-afgifte bij + 1° C van tien individueele groene tomaten die voor het begin van de metingen al lage-temperatuur-bederf hadden opgedaan.*

Op de abscis: de tijd in dagen.

Op de ordinaat: de hoeveelheden CO_2, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal uitgedrukt in cm^3 H_2SO_4 0,1 N.

Tomaat No.	Gewicht in g	Tomaat No.	Gewicht in g
1	149.3	6	108.4
2	118.5	7	102.8
3	110.0	8	108.0
4	111.1	9	105.8
5	108.6	10	97.0

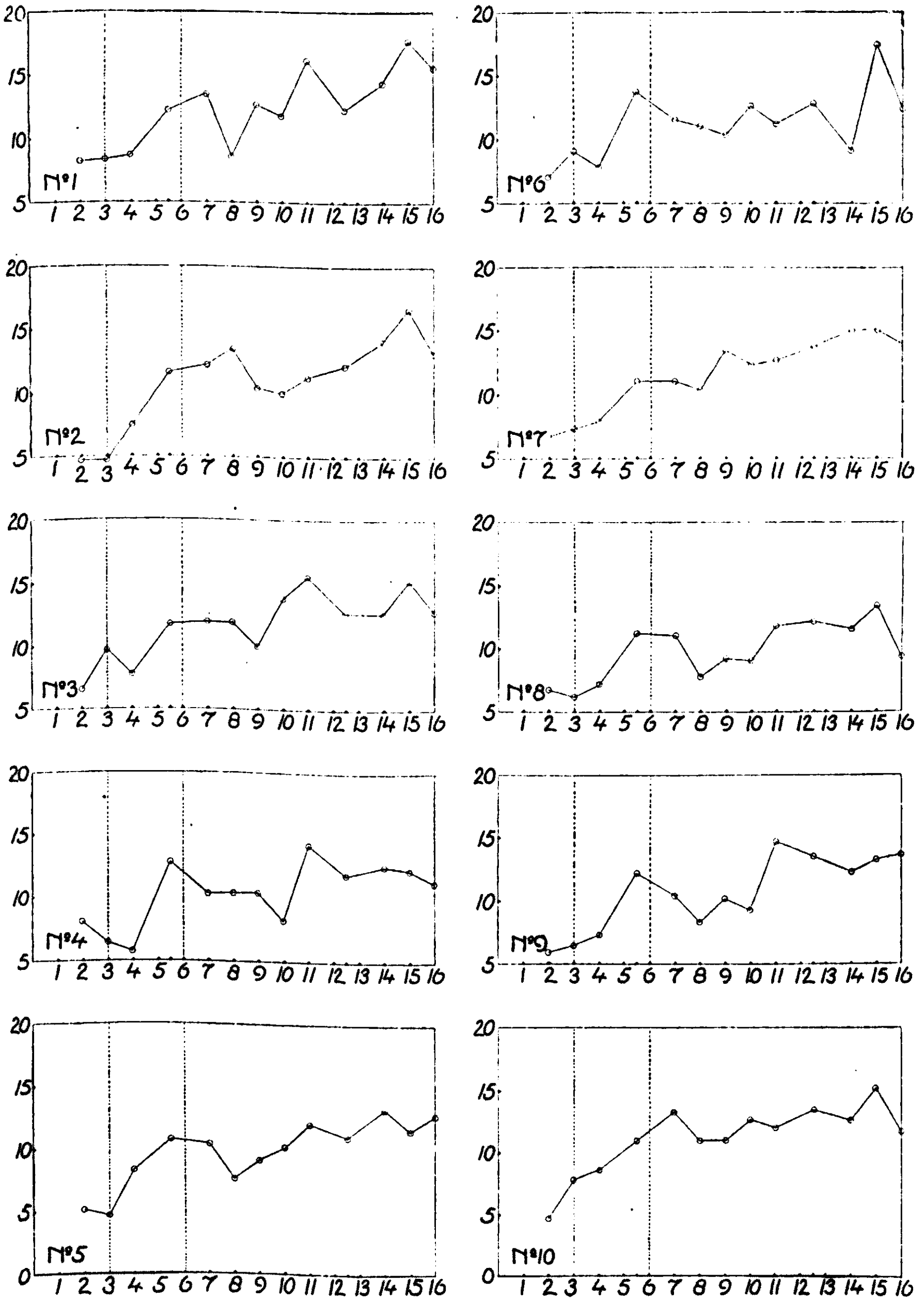


Fig. 6. *Koolzuur-afgifte van tien individueele groene bananen bij + 2° C.*

Op de abscis: de tijd in dagen.

Op de ordinaat: de hoeveelheden CO_2, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal, uitgedrukt in cm³ H_2SO_4 0,1 N.

Banaan No.	Gewicht in g	Banaan No.	Gewicht in g
1	169.4	6	136.0
2	145.0	8	138.0
3	131.5	8	148.2
4	147.4	9	149.1
5	154.1	10	165.4

Tusschen de twee vertikale lijnen ligt het einde van den toelaatbaren inwerkingsduur van + 2° C.

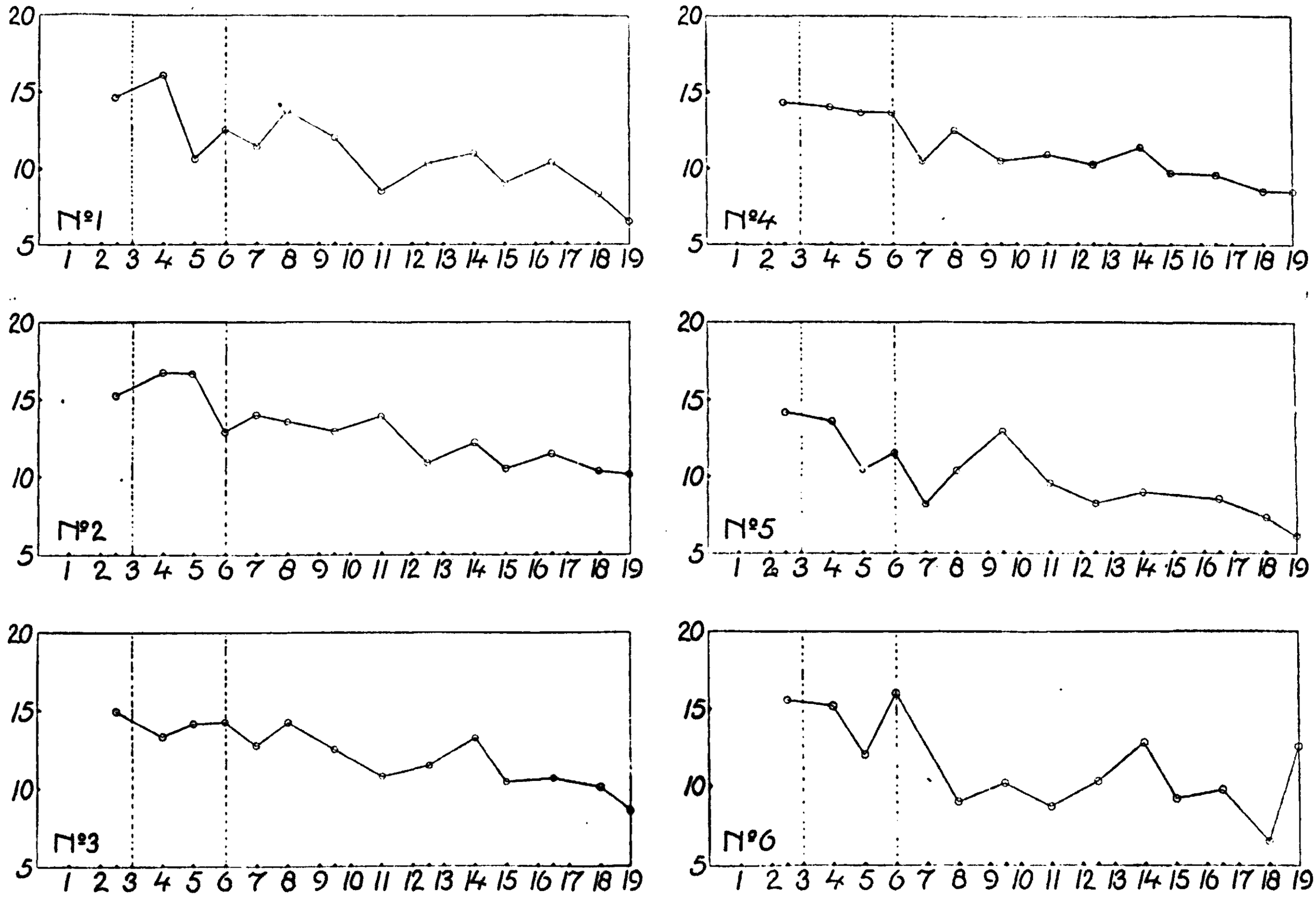


Fig. 7. *Koolzuur-afgifte van zes individueele gele bananen bij + 2° C.*

Op de abscis: de tijd in dagen.

Op de ordinaat: de hoeveelheden CO_2, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal, uitgedrukt in cm³ H_2SO_4 0,1 N.

Banaan No.	Gewicht in g	Banaan No.	Gewicht in g
1	101.5	4	92.4
2	98.9	5	75.2
3	100.0	6	86.0

Tusschen de twee vertikale lijnen ligt het einde van den toelaatbaren inwerkingsduur van + 2° C.

Een bepaalde tijdelijke reactie bij het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur komt ook niet in de krommen tot uiting, tenzij men het dal op den achtsten dag in een deel van de krommen van de koolzuurafgifte van roode tomaten bij + 1° C als zoodanig zou moeten beschouwen.

Nu komt het lage-temperatuur-bederf van tomaten en bananen vooral duidelijk tot uiting in de gebrekkige narijping, die zij vertoonen wanneer zij na een te lang verblijf bij schadelijke lage temperatuur zijn overgebracht naar een veilige temperatuur. Het is niet onmogelijk, dat deze gebrekkige narijping op een of andere wijze ook in de koolzuurafgifte een reactie vindt.

§ 16. Vergelijking CO_2-krommen bij veilige temperatuur van gezonde en van zieke vruchten.

Vervolgens luidt dus de vraag aldus: Welke kenmerken vertoont de koolzuur-kromme van een gezonde narijpende tomaat of banaan en wat is er van deze kenmerken terug te vinden in de koolzuurkromme van een narijpende tomaat of banaan met lage-temperatuur-bederf?

De bij de beantwoording van deze vraag aangevoerde koolzuurkrommen zijn weer op dezelfde wijze verkregen als in § 15 is aangegeven. In § 17 volgt eerst een opsomming van de verkregen resultaten bij de tomaat.

§ 17. Tomaat.

Bij gezonde tomaten is het verloop van de koolzuurafgifte nagegaan bij 20° C en bij 25° C. Voordat ik de resultaten hiervan vermeld, kan ik eerst het volgende aanhalen.

Een karakteristiek moment in de rijping van de tomaat is de kleurovergang. Gustafson (26) heeft reeds bepaald, hoe tijdens den kleurovergang de koolzuurafgifte verloopt. Hij vond, dat deze bij het intreden van de kleurverandering een toename vertoonde, die door-

ging tot omstreeks den tijd, dat de vruchten aan den top oranje-rood en aan de basis nog groen waren, waarna vervolgens weer een daling intrad. (Hij deed deze bepalingen, door tegelijkertijd een zestal vruchten van verschillende kleurstadia individueel op hun koolzuurafgifte te onderzoeken. Ieder stel van zes vruchten werd dus bij dezelfde temperatuur onderzocht, maar misschien was de temperatuur voor de verschillende zestallen niet dezelfde. Gustafson geeft hierover geen inlichtingen).

Ook door mij kon een verhooging van de koolzuurafgifte tijdens den kleurovergang worden waargenomen.

Van het verloop bij 20° C zijn zeven krommen beschikbaar (fig. 8) Daarin zien we het volgende.

TABEL 6.

Kromme No.	De kleurovergang is beginnende op den	In de kromme is een top aanwezig op den
1	4en dag	4en en 7en dag
2	7en dag	7en dag
3	6en dag	7en dag
4	vóór den 10en dag	10en dag
5	9en dag	10en dag
6	12en dag	12en of 13en dag?
7	12en dag	12en of 13en dag?

Bij de vijf eerstgenoemde krommen treedt een top in de koolzuurafgifte op terwijl de kleurovergang van groen naar rood plaats heeft. Bij de twee laatstgenoemde is de kleurovergang bij het eind van de metingen nog slechts pas begonnen. Op welken dag deze stijging zijn hoogtepunt zal bereiken, is natuurlijk niet te zien. Alleen is te constateeren, dat met het begin van den kleurovergang hier een begin van een stijging samenvalt.

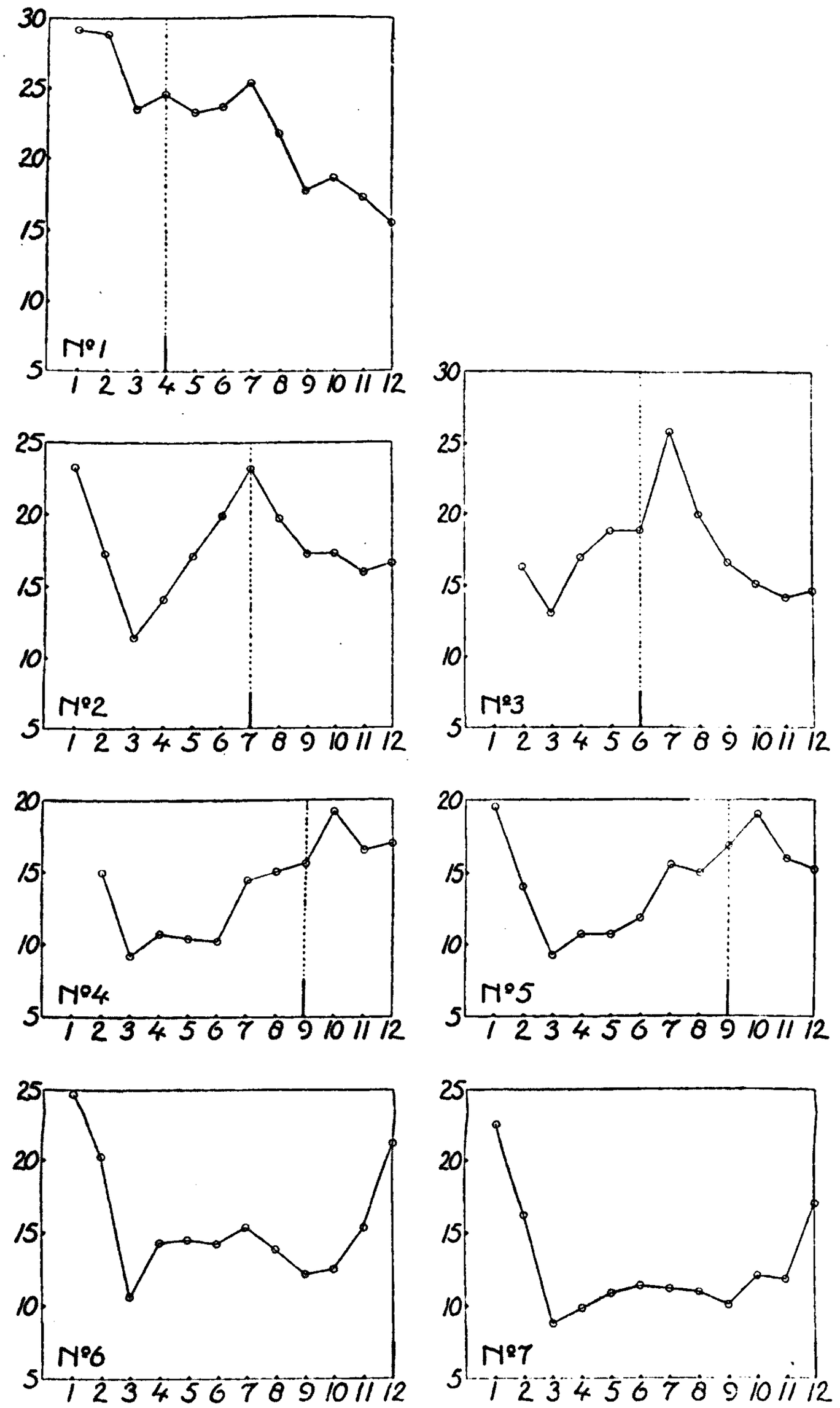


Fig. 8. *Koolzuur-afgifte van zeven individueele groene tomaten bij 20° C.*

Op de abscis: de tijd in dagen.

Op de ordinaat: de hoeveelheden koolzuur, afgegeven gedurende 18 uren per etmaal, uitgedrukt in cm³ H_2SO_4 (0,1 N).

Tomaat No.	Gewicht in g	Kleur						
		4e dag	6e dag	7e dag	9e dag	10e dag	11e dag	12e dag
1	92.8	iets gekl.	—	—	rood	—	—	rood
2	75.0	—	—	iets gekl.	rood	—	—	rood
3	79.0	—	iets gekl.	bijna or.	rood	—	—	rood
4	73.9	—	—	—	—	bijna or.	oranje	oranje
5	70.4	—	—	—	iets gekl.	bijna or.	oranje	oranje
6	77.6	—	—	—	—	—	—	iets gekl.
7	62.0	—	—	—	—	—	—	iets gekl.

Afkortingen: gekl. = gekleurd; or. = oranje.

Het tijdstip, waarop een tomaat „iets gekleurd" is, is in de grafieken aangegeven door een vertikale stippellijn, die aan den voet verdikt is.

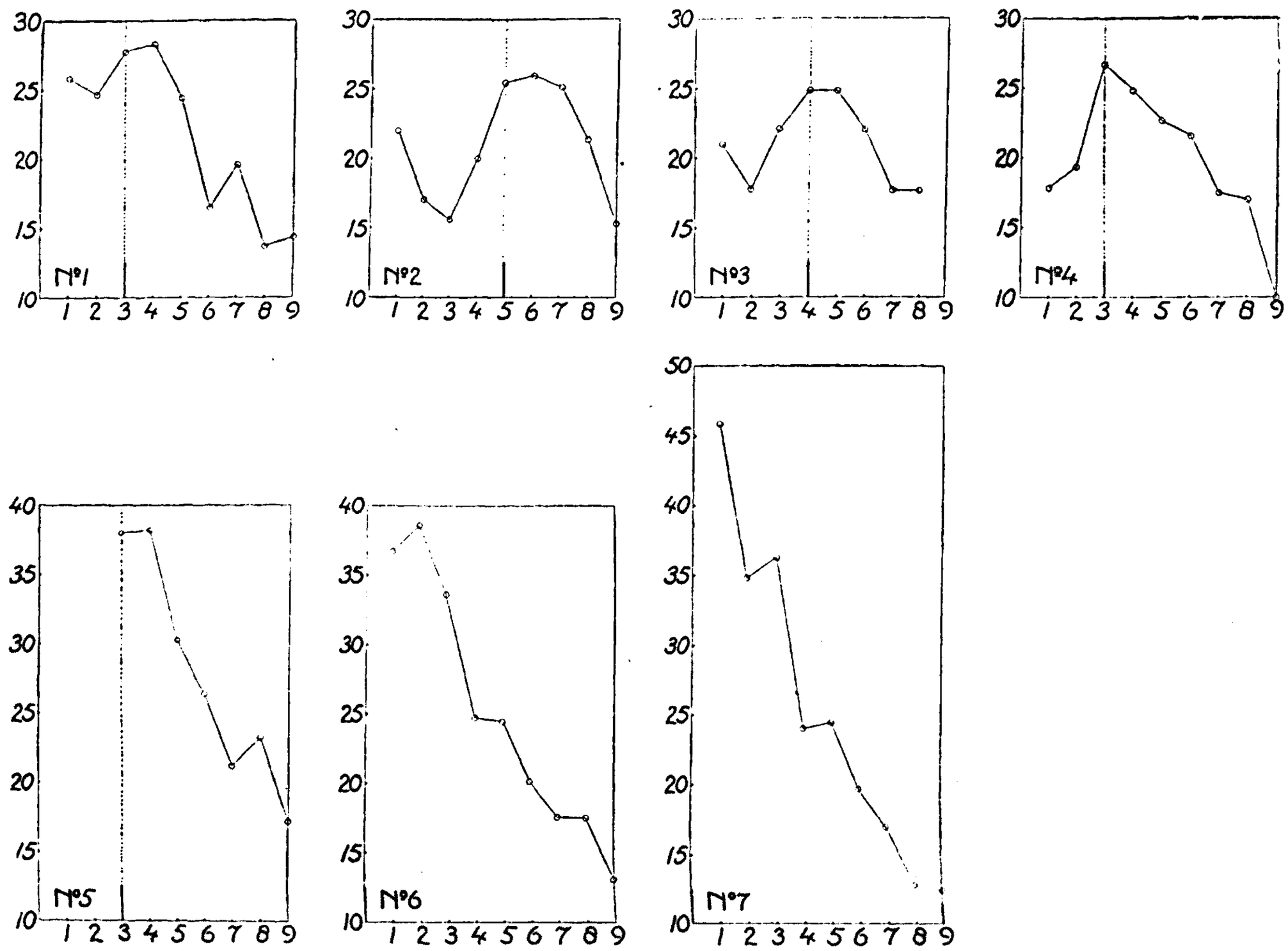


Fig. 9. *Koolzuur-afgifte van zeven individueele groene tomaten bij 25° C.*

Op de abscis: de tijd in dagen.

Op de ordinaat: de hoeveelheden koolzuur, afgegeven gedurende 16 uren per etmaal, uitgedrukt in cm^3 H_2SO_4 (0,1 N).

Tomaat No.	Gewicht in g	Kleur						
		0e dag	3e dag	4e dag	5e dag	6e dag	7e dag	9e dag
1	77.0	—	iets gekl.	—	—	—	rood	rood
2	67.0	—	—	—	iets gekl.	oranje	bleekrood	rood
3	79.0	—	—	iets gekl.	—	oranje	bleekrood	rood
4	75.7	—	iets gekl.	—	—	—	rood	rood
5	93.2	a. b. k.	or.-rood	—	—	—	rood	rood
6	76.7	a. b. k.	or.-rood	—	—	—	rood	rood
7	84.5	a. b. k.	or.-rood	—	—	—	rood	rood

a. b. k. = allereerste begin van kleuring; gekl. = gekleurd; or. = oranje.

Het tijdstip, waarop een tomaat „iets gekleurd" is, is in de grafieken aangegeven door een vertikale stippellijn, die aan den voet iets verdikt is.

In kromme No. 1 gaat de kleurovergang samen met twee toppen. Men kan dus de vraag stellen, of één van deze twee bij den kleurovergang behoort of beide. Deze vraag is moeilijk te beantwoorden, maar als men wil veronderstellen, dat de kleurovergang oorzakelijk verbonden zal zijn met een top in de koolzuurafgifte, dan behoeft een onregelmatigheid van zoo'n top geen verwondering te wekken, omdat ook de kleurovergang zich niet steeds regelmatig maar ook wel schoksgewijze voltrekt.

Men ziet vaak tomaten die over hun geheele oppervlak gelijkmatig kleuren, maar men ziet er ook vaak die eerst hier en daar een paar onregelmatige geeloranje vlekken in het groen vertoonen, of waarvan de eene helft al sterk geel gekleurd is, terwijl de andere nog geheel groen is. In zulke tomaten treedt het eerste begin van kleurovergang voor verschillende deelen op verschillende tijdstippen op.

In de krommen no. 3, no. 4 en no. 5 treft men aan den voorkant van den „kleuringstop" nog uitbollingen aan, die aan den „kleuringstop" een onregelmatige gedaante geven. In de krommen 6 en 7, waarin de kleurovergang later valt, treedt een vrij platte top tusschen den 3en en den 9en dag op.

In fig. 9 zijn zeven krommen weergegeven voor het verloop van de koolzuurafgifte bij 25° C.

De krommen no. 5, 6 en 7 vertoonen een sterke, vrijwel continue daling. Er springen alleen een paar kleine toppen uit. Bij de tomaten van deze krommen is de kleuring op den 3en dag al vrijwel achter den rug. Toppen, zooals in de krommen no. 1, 2, 3 en 4 voorkomen, kunnen in no. 5, 6 en 7 dan ook niet worden vastgesteld.

Voor de krommen 1, 2, 3 en 4 zijn de gegevens betreffende kleuring en CO_2-top in tabel 7 naast elkaar gezet.

Bij alle vier tomaten van bovengenoemde krommen was de kleuring op den 7en dag afgeloopen of practisch afgeloopen.

TABEL 7.

Kromme No.	De kleurovergang is beginnende op den	Een top is aanwezig op den
1	3en dag	4en dag
2	5en dag	6en dag
3	4en dag	4en en 5en dag
4	3en dag	3en dag

Het blijkt, dat bij deze vier tomaten bij 25° C tijdens hun kleurovergang een duidelijk verhoogde koolzuurafgifte optreedt.

Resumeerende kan worden vastgesteld, dat gedurende den kleurovergang van de onderzochte tomaten bij 20° C en bij 25° C een top in de koolzuurkrommen is opgetreden.

Nu is het dus de vraag, of er iets dergelijks bij narijpende tomaten met lage-temperatuur-bederf optreedt.

In fig. 10 vindt men 7 krommen van tomaten, die na hun pluk 16 dagen bij + 2° C zijn bewaard. Na aldus ziek gemaakt te zijn, zijn ze in de adembollen geplaatst bij een temperatuur van 20° C. De temperatuur van 25° C werd niet gekozen, omdat de toch al verzwakte tomaten geacht werden bij deze temperatuur te sterk geforceerd te zullen worden en te spoedig aan schimmelbederf onderhevig te zullen zijn.

De tomaat van kromme no. 4 vertoonde bij het begin van de meting al een geringe, geeloranje verkleuring aan den neus. Die van no. 1 was op deze plaats toen iets geel gekleurd. In de krommen van deze twee tomaten ziet men niets dat op een kleuringstop wijst. Maar dat is geen bewijs voor de afwezigheid van dezen top omdat de kleurverandering en dus mogelijkerwijze de eventueele top voor de plaatsing bij 20° C al begonnen was. De eerste CO_2-meting had op den tweeden dag van het

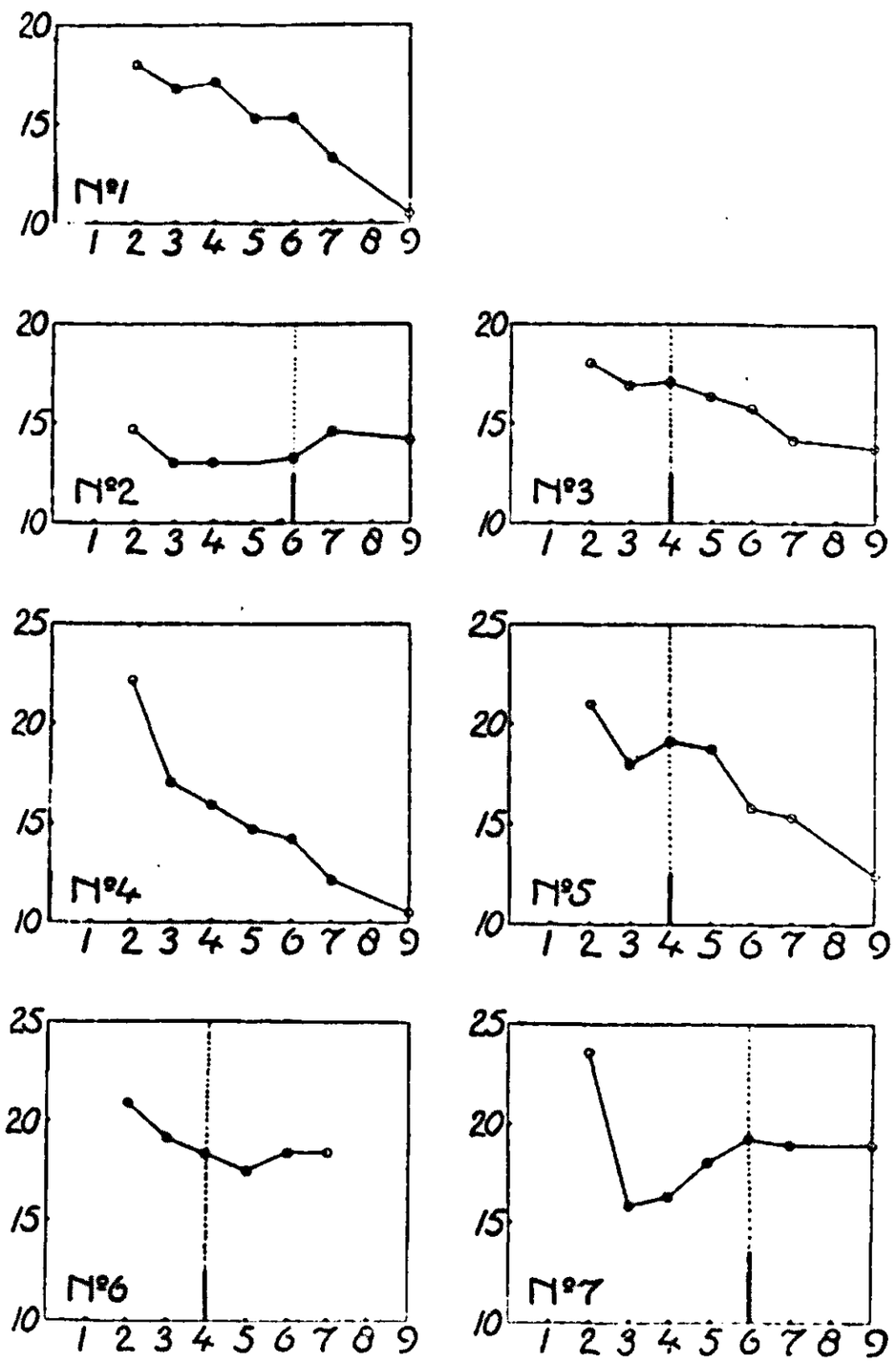


Fig. 10. *Koolzuur-afgifte bij 20° C van zeven individueele groene tomaten, die vooraf lage-temperatuur-bederf hadden opgedaan.*

Op de abscis: de tijd in dagen.

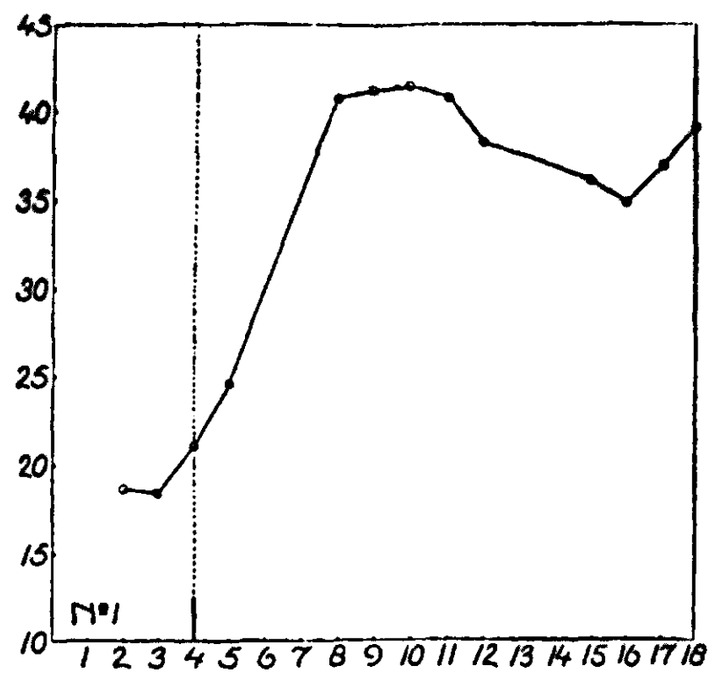
Op de ordinaat: de hoeveelheden koolzuur, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal, uitgedrukt in cm^3 H_2SO_4 (0.1 N).

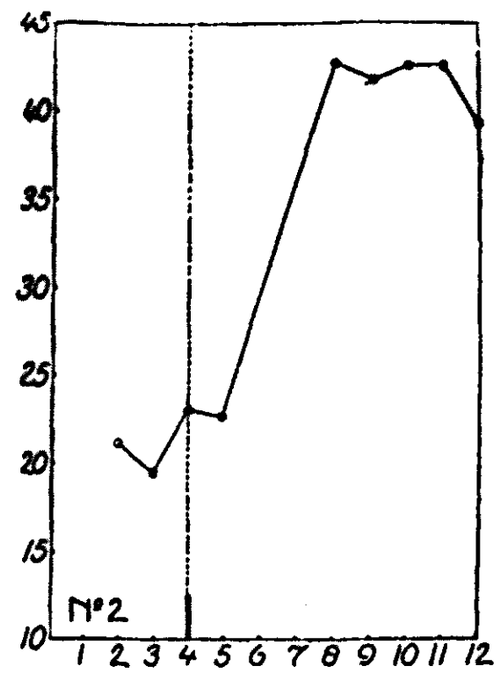
Tomaat No.	Gewicht in g	Kleur					
		0e dag	3e dag	4e dag	6e dag	8e dag	9e dag
1	58.6	a. b. k.	or. vlek	bijna rd.	rood	—	glazig rood
2	61.4	—	—	—	iets gekl.	oranje	gebrekkig rood
3	64.0	—	—	iets gekl.	bijna rood	rood	glazig rood
4	56.9	a. b. k.	or. vlek	rood	rood	—	glazig rood
5	67.9	—	—	iets gekl.	bijna rood	rood	gebrekkig rood
6	62.9	—	—	iets gekl.	bijna rood	rood	gebrekkig rood
7	76.8	—	—	—	iets gekl.	oranje	gebrekkig rood

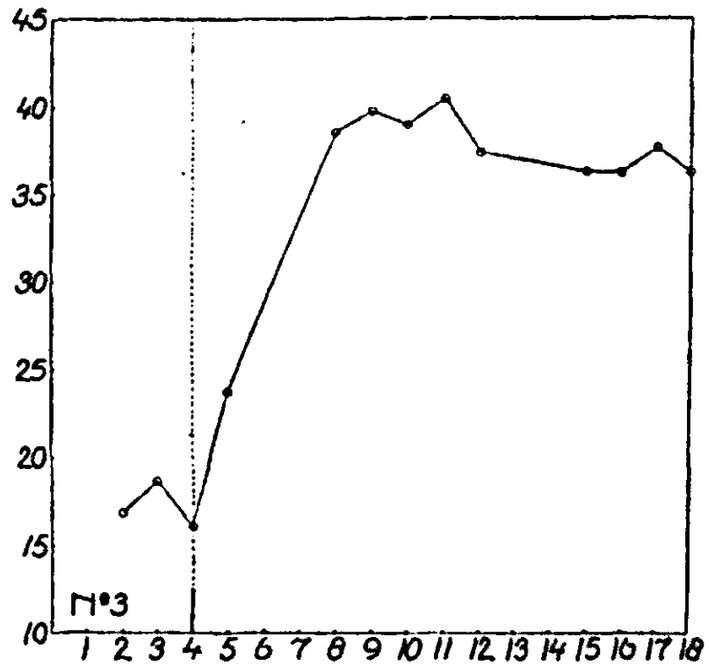
Na de koolzuur-absorptie op den 9en dag werden de tomaten uit den thermostaat gehaald; zij konden toen uiteraard nauwkeuriger worden geïnspecteerd dan toen zij in de adembollen waren, daarom is ook de kleuraanduiding op dien dag uitvoeriger.

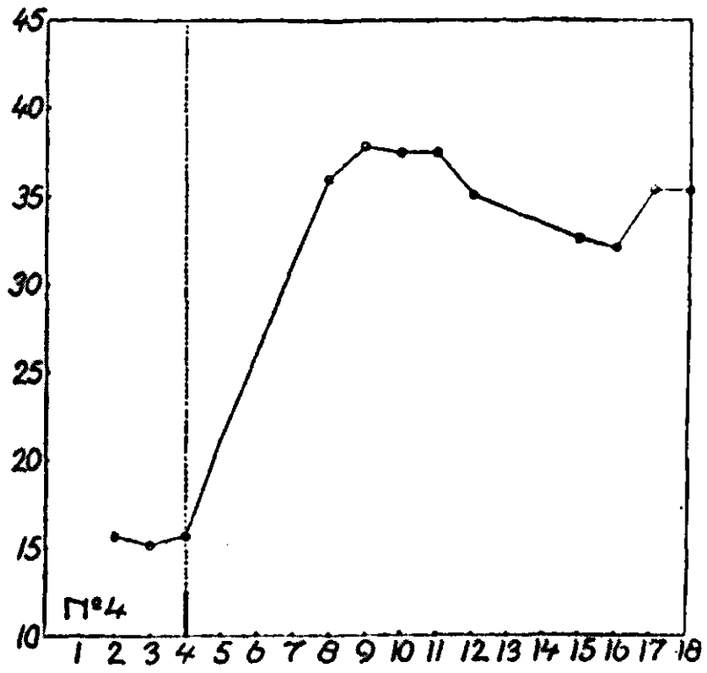
a. b. k. = allereerste begin van kleuring; or. = oranje; gekl. = gekleurd; rd. = rood.

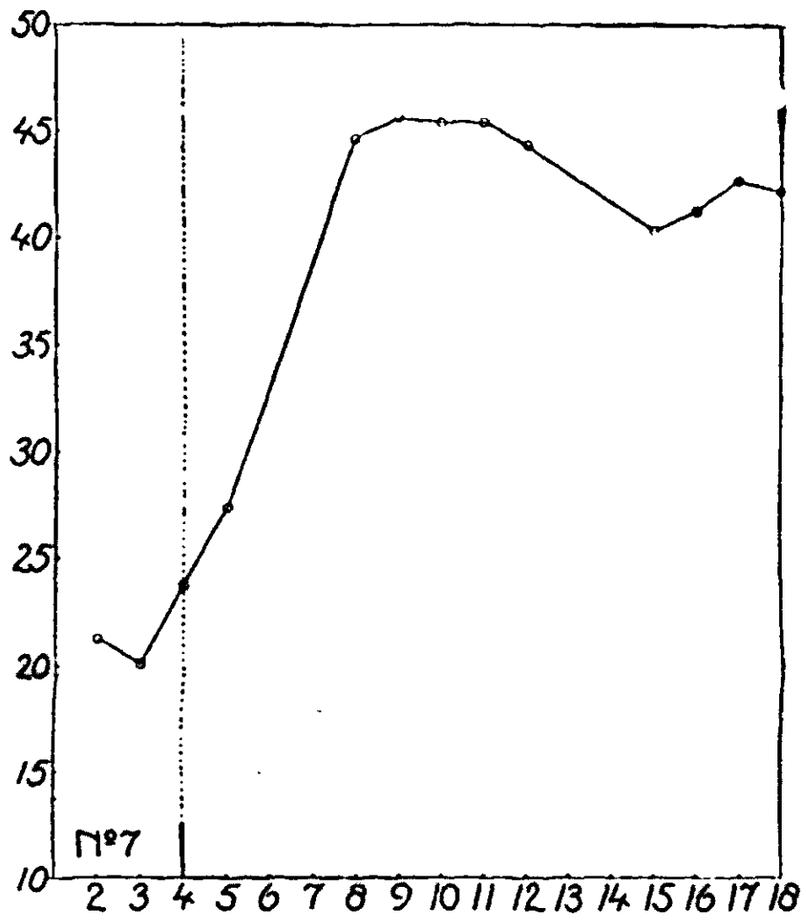
Het tijdstip, waarop een tomaat „iets gekleurd" is, is in de grafieken aangegeven door een vertikale stippellijn, die aan den voet iets verdikt is.

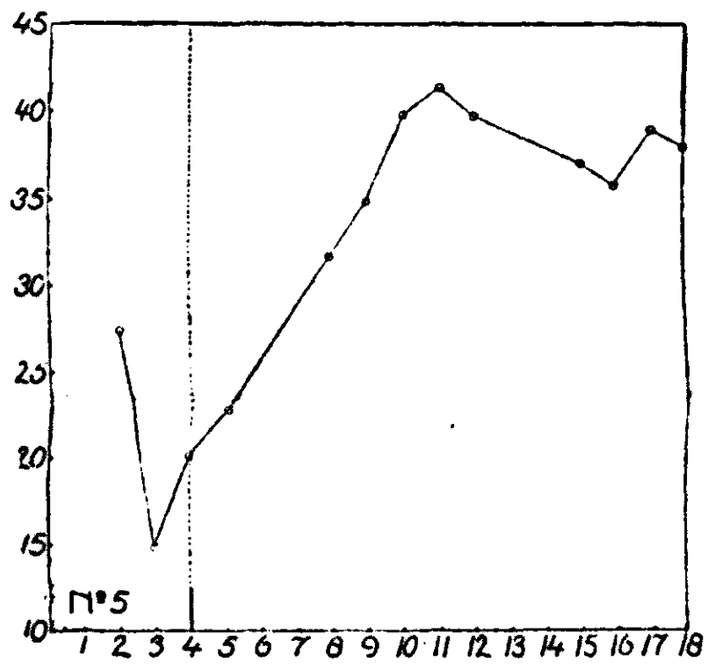


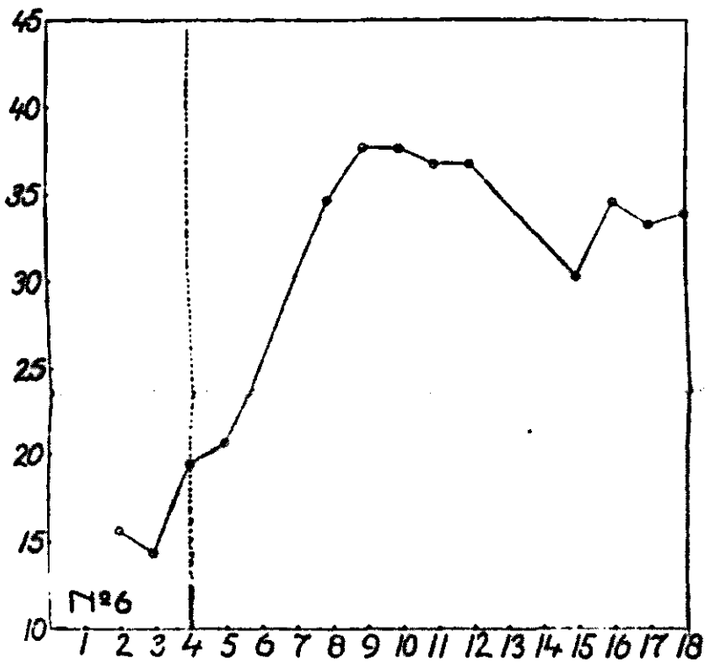


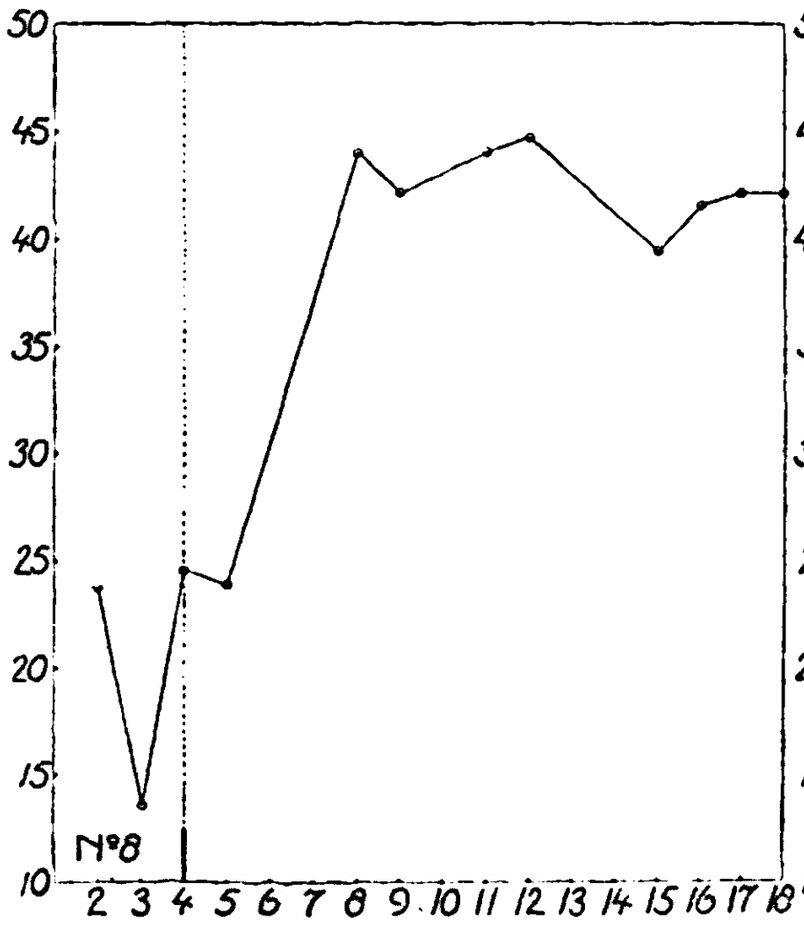


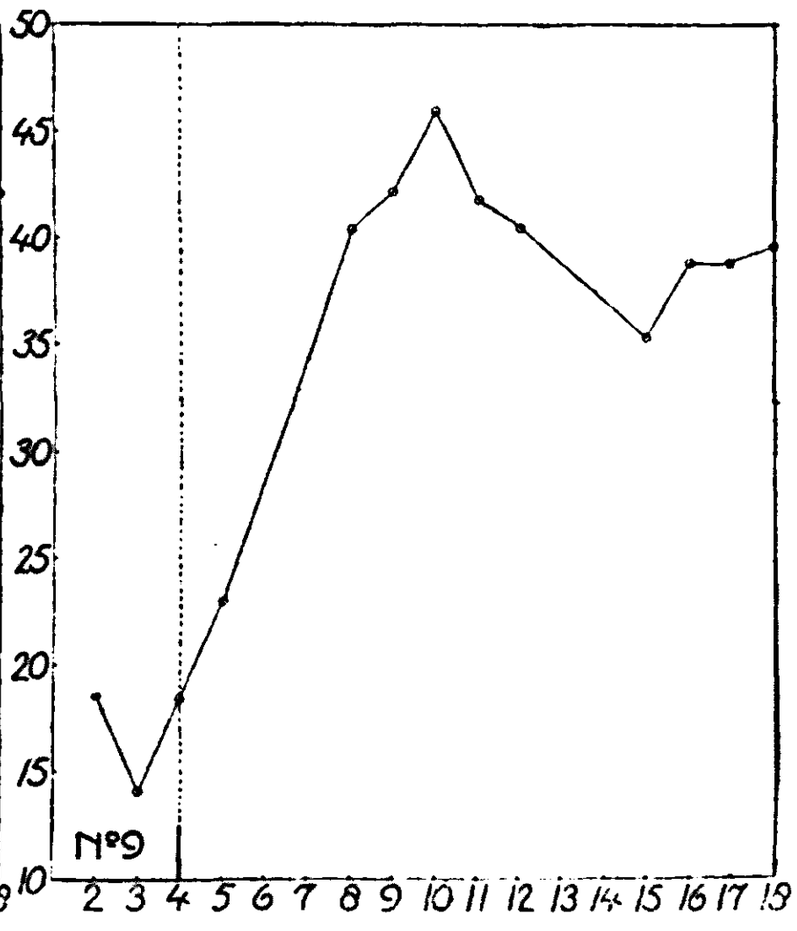












Banaan No.	Gewicht in g
1	120.7
2	121.9
3	113.4
4	91.2
5	122.4
6	93.1
7	135.3
8	122.9
9	114.6

Fig. 11. *Koolzuur-afgifte van negen individueele groene bananen bij* 15° C.

Op de abscis: de tijd in dagen.

Op de ordinaat: de hoeveelheden koolzuur, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal, uitgedrukt in cm³ H_2SO_4 (0.1 N).

Verloop van de kleuring: alle bananen hebben zich tusschen den vierden en den tienden dag geleidelijk geel gekleurd.

verblijf in den thermostaat plaats, zoodat een eventueele top al geheel of grootendeels voorbij zou kunnen zijn. De tomaten no's. 2, 3, 5 en 7 vertoonen een flauw topje in den tijd, dat de kleurverandering plaats heeft. Vergeleken met de kleuringstoppen van gezonde tomaten (zie fig. 8) zijn ze duidelijk veel kleiner.

Toen de tomaten na 9 dagen uit de thermostaat werden genomen, waren no's. 1, 3 en 4 wel glazig, maar geheel rood, nos. 2, 5 en 7 daarentegen vertoonden behalve glazigheid ook een gebrekkige roodkleuring. Inplaats van egaal rood waren zij vlekkerig, weinig intensief rood.

Voor de tomaat luidt het antwoord op de in § 16 gestelde vraag, dat zijn koolzuurkromme bij een gunstige narijpingstemperatuur gekenmerkt is door een kleuringstop, en dat deze top gedurende den kleurovergang van een tomaat met lage-temperatuur-bederf òf in zwakkeren vorm optreedt, òf practisch wegblijft.

§ 18. Banaan.

Bij de gebruikte bananen was meting van de koolzuurafgifte bij hooge temperaturen niet goed mogelijk, doordat zich dan op de steellidteekens en hier en daar op de schil schimmel ontwikkelde. Daarom is de gang van de koolzuurafgifte alleen bij 15° C nagegaan. Door de steellidteekens met vaseline te besmeren kon schimmeling bij deze temperatuur voldoende lang voorkomen worden.

De metingen bij 15° C zijn weergegeven in de krommen in fig. 11.

Bij alle negen bananen is tusschen den 4en en den 10en dag van hun verblijf bij 15° C de kleur veranderd van groen in geel.

Er heeft in deze periode een sterke stijging van de koolzuur-afgifte plaats. Een paar dagen nadat de bananen geel geworden zijn, daalt deze weer iets, maar lang niet tot het oorspronkelijk peil.

De hoofdzaak is dus dat de koolzuurafgifte, in den tijd

dat de kleur verandert, sterk stijgt en verder hoog blijft.

Daarnevens is er een betrekkelijk platte top een paar dagen vóór tot een paar dagen na de bereiking van de gele kleur.

In fig. 12 zijn zeven krommen van bananen, die eerst 14 dagen bij + 2° C hebben gestaan en vervolgens in de thermostaat bij 15° C op het verloop van hun koolzuurafgifte zijn onderzocht.

Toen de bananen uit + 2° C kwamen, was hun kleur groen met groote bruine vlekken. Zij waren gaaf.

Het vaststellen van de geelkleuring van de bananen in de adembollen bij 15° C was uiteraard vrij moeilijk door de aanwezigheid van de bruine vlekken. Op den tweeden dag van het verblijf bij 15° C was alleen no. 5 iets geel, op den vierden dag was bij alle bananen gele kleurstof waar te nemen. Of de geelkleuring toen geheel voltrokken was, was door de bruine vlekken niet uit te maken.

Van een groote stijging van de koolzuurafgifte gedurende de kleurverandering is bij zieke bananen geen sprake. Dit komt doordat zij voor het begin van den kleurovergang direct al meer koolzuur produceeren (hetgeen in overeenstemming is met § 15, fig. 6).

Wel zijn betrekkelijk kleine toppen in de kromme op te merken, die weer ongeveer samenhangen met den kleurovergang.

De „kleurtoppen" treden bij narijpende zieke bananen dus evengoed op als bij narijpende gezonde.

Na de „kleurtoppen" ontstaat een scherp dal, waarna de koolzuurafgifte weer stijgt tot boven de „kleurtoppen".

§ 19. Conclusie.

Het verloop van de koolzuurafgifte bij schadelijk-lage temperatuur geeft geen aanwijzing voor het ontstaan van een schadelijke verandering van de ademhaling bij deze temperatuur (§ 15).

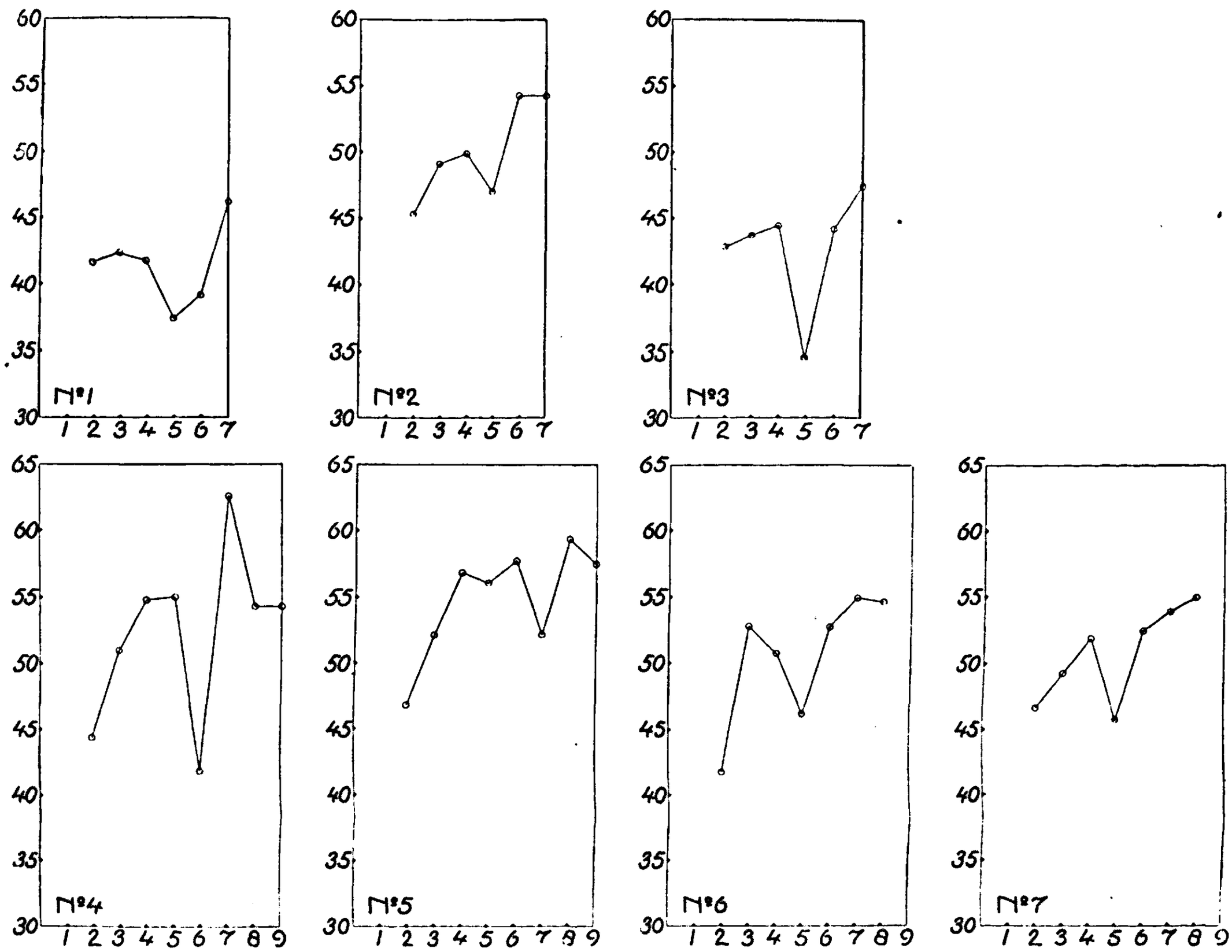


Fig. 12. *Koolzuur-afgifte bij 15° C van zeven individueele groene bananen, die vooraf lage-temperatuur-bederf hadden opgedaan.*

Op de abscis: de tijd in dagen.

Op de ordinaat: de hoeveelheden koolzuur, afgegeven gedurende 22 uren per etmaal, uitgedrukt in cm^3 H_2SO_4 (0.1 N).

Banaan No.	Gewicht in g
1	115.7
2	137.8
3	120.2
4	116.1
5	122.6
6	133.3
7	140.1

Verloop van de kleuring:

Op den eersten dag waren alle bananen nog groen met groote bruine vlekken; op den vierden dag waren zij alle min of meer geel; begin en einde van de geelkleuring zijn niet nauwkeuriger op te geven, omdat de groote bruine vlekken de vaststelling van de kleur van de vroeger groene zônes van de bananen in de adembollen onder water zeer moeilijk maakten.

Evenmin kan ik uit de vergelijking van de koolzuurkrommen van zieke en van gezonde bananen bij veilige temperatuur iets putten, dat op een defect in de ademhaling wijst (§ 18).

Het eenige, wat m.i. min of meer duidelijk naar voren komt, is, dat de „kleuringstop" die in de koolzuurkrommen van gezonde narijpende tomaten bij veilige temperatuur optreedt, in de koolzuur-krommen van bij veilige temperatuur narijpende zieke tomaten geheel of grootendeels afwezig is (§ 17).

Het nagaan van de structuur van de ademhaling kan ons omtrent haar reactie op schadelijk-lage temperatuur misschien iets naders leeren.

Eerst rijst dus de vraag, hoe men deze structuur beoordeelen kan. Hiervoor bestaan twee wegen:

a. door een onderzoek naar eventueel aanwezige tusschenproducten van de ademhaling in de vrucht.

b. door een onderzoek naar de verhouding tusschen de zuurstofopname en de koolzuurafgifte van de vrucht.

Zooals in § 4 vermeld, wil N e l s o n (57) de oorzaak van lage-temperatuur-bederf zoeken in een ophooping van aceetaldehyde. Hij neemt met K o s t y t s c h e w en anderen aan, dat dit een tusschenproduct van de ademhaling van de vrucht zal zijn.

Ook schijnt hij aan een eventueele ophooping van azijnzuur tengevolge van een gewijzigde ademhaling te denken.

Om deze veronderstellingen te toetsen zijn met tomaten een serie proeven genomen, om na te gaan, of hierin bij lage temperatuur of onder andere omstandigheden wellicht aldehyden of vluchtige zuren ontstaan.

§ 20. Aldehyden en vluchtig zuur in tomaten.

Voor de bepaling van het vluchtig zuur werden tomaten in vieren gesneden en onmiddellijk in een destilleerkolf gedaan. De inhoud van deze kolf werd dan aan stoom-

destillatie onderworpen. Het stoomdestillaat werd getitreerd en (of) aan qualitatieve reacties op mierenzuur en azijnzuur onderworpen.

Op mierenzuur werd gereageerd door 0.2 g resorcine in 5 cm^3 van het te onderzoeken destillaat op te lossen, een weinig verdund zwavelzuur toe te voegen en vervolgens 10 cm^3 geconcentreerd zwavelzuur onder de oplossing te laten loopen. Bij aanwezigheid van mierenzuur ontstaat aan het scheidingsvlak van oplossing en geconcentreerd zwavelzuur een oranje kleur.

Verder is op mierenzuur gereageerd door verwarming van het destillaat met zilvernitraat. Bij aanwezigheid van mierenzuur ontstaat hierbij een zwartkleuring door afscheiding van metallisch zilver.

Op azijnzuur is gereageerd door middel van de kakodyl-reactie. Hiertoe werd eerst een fractie van het stoomdestillaat met NaOH ($^1/_{10}$ N) getitreerd. Vervolgens werd een gelijke hoeveelheid van de ter neutralisatie benoodigde hoeveelheid NaOH voorzien en ingedampt. Het residu werd met As_2O_3 boven de vrije vlam verhit. Bij aanwezigheid van azijnzuur ontstaan kakodyl en kakodyloxyde.

Verder is nagegaan of azijnzuur aanwezig was, door het destillaat, na neutralisatie met Na_2CO_3 of met NaOH (na voorafgaande titratie) in te dampen en het residu te overgieten met sterk zwavelzuur. Azijnzuur is dan aan den reuk te herkennen.

Op de aldehyden werd gereageerd met fuchsine-zwaveligzuur. Dit geschiedde aldus, dat stukjes tomaat in een reageerbuis met fuchsine-zwaveligzuur werden gedaan, waarna de reageerbuis direct met een kurk afgesloten werd, of door stoomdestillaat van tomaten op te vangen in fuchsine-zwaveligzuur, of door het reagens bij het stoomdestillaat te voegen.

Van de resultaten worde hier alleen aangeteekend, dat ik nooit een aldehydreactie in tomaten heb kunnen

waarnemen, noch in pas geplukte tomaten, noch in tomaten, die in een koolzuur-atmosfeer of in een stikstof-atmosfeer waren geweest, noch in zulke, die korter of langer tijd bij een temperatuur van 0° C. hadden gestaan. Dat dit niet aan het reagens kon liggen, blijkt uit het feit, dat in appels, die in een koolzuur-atmosfeer waren bewaard, een zeer duidelijke aldehydreactie te voorschijn te roepen was.

Het vluchtig zuurgehalte (gezonde tomaten bevatten steeds een kleine hoeveelheid mierenzuur) van tomaten daalde na plaatsing bij 0° C tot ongeveer de helft. Azijnzuur was nooit aan te toonen, behalve in tomaten, die in een koolzuur-atmosfeer waren bewaard.

Van ophooping van aldehyden of vluchtige zuren bij lage temperatuur is bij tomaten dus geen sprake.

§ 21. Gaswisseling.

Nadat aldus gebleken was, dat er in tomaten bij lage temperatuur geen ophooping van aldehyden of vluchtige zuren plaats heeft, is op dezen weg niet verder doorgegaan, maar is de in § 19 onder *b* genoemde weg ingeslagen, dat is dus die van het onderzoek van de gaswisseling.

Daarvoor zijn bepalingen gedaan van CO_2/O_2 en van I/N.

CO_2/O_2 is de formule voor het ademquotient. Indien het plantenweefsel evenveel zuurstof opneemt als het koolzuur afgeeft, kan men aannemen, dat als regel normale verademing van suiker (monose) plaats heeft. Indien minder zuurstof opgenomen wordt, dan er koolzuur wordt afgegeven, moet in de cellen noodzakelijkerwijze naast of in de plaats van de gewone suikerverademing iets anders plaats vinden. Dit kan b.v. alkoholische gisting zijn, of oxydatie van stoffen die zuurstofrijker zijn dan suiker, zooals wijnsteenzuur, appelzuur, barnsteenzuur en citroenzuur.

Indien meer zuurstof wordt opgenomen dan koolzuur uitgeademd wordt, moet in de cellen naast of in de plaats van de gewone suikerverademing eveneens iets anders gebeuren, b.v. oxydatie van stoffen, die minder zuurstofrijk zijn dan suiker, zooals vetten, eiwitten, of accumulatie van zuurstofrijke stoffen, zooals sommige organische zuren.

Nu is het heel goed denkbaar, dat in een bepaald weefsel tegelijk met oxydatieve processen waarvan $\frac{CO_2}{O_2} > 1$, andere processen verloopen, waarvan $\frac{CO_2}{O_2} < 1$, en dat daardoor toevallig de uiteindelijke waarde van $\frac{CO_2}{O_2}$ van het weefsel gelijk aan 1 is.

In zoo'n geval zouden dan belangrijke modificaties van de ademhaling plaats kunnen hebben, zonder dat men dit aan het ademquotient zou kunnen vaststellen.

$\frac{I}{N}$ is een formule voor de verhouding van de CO_2-afgifte in een zuurstofvrije atmospheer en de CO_2-afgifte in lucht. De letter I duidt intramoleculaire ademhaling aan en de letter N normale ademhaling.

Uitgaande van de veronderstelling, dat de normale ademhaling van een plantenweefsel altijd bestaat uit gisting gevolgd door oxydatie van de gistingsproducten met luchtzuurstof, heeft men in de verhouding I/N wel een maat willen zien voor de verhouding tusschen de hoeveelheid CO_2 die zijn ontstaan te danken heeft aan gisting (= intramoleculaire ademhaling), en de hoeveelheid CO_2, die door de gisting + de verdere oxydatie met luchtzuurstof ontstaat.

Dat men dit zou mogen doen is echter geenszins bewezen. Alleen al het feit, dat in proeven van Wilson (88) en van Boysen-Jensen (12) soms waarden

voor I/N werden gevonden die grooter waren dan één, bewijst, dat de CO_2-afgifte in een zuurstofvrije atmospheer niet overeen behoeft te komen met de hoeveelheid CO_2 die in gewone lucht zonder toedoen van zuurstof is ontstaan als fractie van het totale ademhalings-CO_2.

§ 22. Methoden voor de bepaling van het ademquotient

In een exsiccator werd een meer of minder groot aantal vruchten geplaatst. De exsiccator werd gesloten en in een thermostaat gezet. Door op twee opeenvolgende tijdstippen luchtmonsters uit den exsiccator te nemen, kon worden nagegaan, hoeveel CO_2 in den tusschentijd geproduceerd en hoeveel O_2 geabsorbeerd was, per eenheid van luchtvolume.

Voor het onderzoek bij lage temperatuur werd gebruik gemaakt van den in § 12 beschreven water-thermostaat; voor dat bij de hoogere temperaturen diende een gewone broedstoof. Voor het nemen van luchtmonsters uit den in den broedstoof staanden exsiccator moest de broedstoof steeds even geopend worden. Dit was bij den waterthermostaat niet noodig, doordat de communicatiebuis van den exsiccator d.m.v. een vacuumslang verbonden werd met een door den voorwand van den thermostaat gaande koperen buis.

Er werd, met het oog op een luchtdichte sluiting, op gelet, dat tusschen den geslepen rand van de exsiccatoren en dien van de deksels steeds een goede laag vaseline aanwezig was en dat hierin geen waterdruppels of luchtbellen voorkwamen. Wanneer de exsiccatoren in den waterthermostaat stonden, was de plaats, waar de randen op elkaar kwamen, bovendien door water omgeven.

De sluiting van de kranen van de exsiccatoren werd geregeld gecontroleerd door er een met kwik gevulde gasburet mee te verbinden. Wanneer dan de exsiccatorkraan gesloten bleef en de buretkraan geopend werd,

zakte het kwik in de buret tot een bepaald niveau. Uit het al of niet op gelijke hoogte blijven van dit niveau kon worden opgemaakt, of de exsiccatorkraan al of niet lucht doorliet. Dit was nooit het geval.

De luchtmonsters werden steeds afgetapt door middel van een gasburet.

Om er voor te zorgen, dat de lucht die zich in de communicatiebuis tusschen exsiccator en gasburet bevond, met den inhoud van den exsiccator werd gemengd werd steeds ten minste drie maal lucht uit den exsiccator gezogen en weer teruggedreven voordat het luchtmonster definitief werd genomen.

De luchtmonsters werden op hun gehaltes aan koolzuur en zuurstof onderzocht volgens de methode W i n k l e r (89) of volgens de absorptiemethode.

De methode W i n k l e r is een eudiometer-methode. Eén been (*a*) van een glazen U-buis is van boven door een kraantje gesloten en bevat een paar ingesmolten platinadraadjes, die dienen voor het doen overspringen van een electrische vonk; het andere been is open. De U-buis is gevuld met kwik, dat kan worden afgetapt door een kraantje op de buigingsplaats van de U. Voor analyse wordt in het been *a* een luchtmonster gebracht. Hiervan wordt de zuurstof bepaald door ontploffing met waterstof en bepaling van de volume-vermindering die hierdoor plaats heeft. Vervolgens wordt het koolzuur bepaald door wat loog in de buis te brengen en de daardoor optredende volume-vermindering te bepalen, Voor verdere bijzonderheden van de methode moge ik verwijzen naar W i n k l e r (89).

Bij de absorptie-methode worden achtereenvolgens de gehaltes aan koolzuur en zuurstof bepaald, door het luchtmonster eerst in een gaspipet met loog en daarna in een gaspipet met pyrogalluszure kalium te schudden. Als afsluitvloeistof diende kwik.

Wanneer hieronder van duplo wordt gesproken,

wordt steeds bedoeld, dat een tweede luchtmonster uit denzelfden exsiccator is onderzocht.

§ 23. Het ademquotient van groene tomaten bij schadelijk-lage temperatuur.

Als eerste vraag wordt nu weer de volgende gesteld: Vertoont het ademquotient van een tomaat of banaan, die bij schadelijk-lage temperatuur verblijft, een wijziging bij het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur van deze temperatuur?

Voor de tomaat volgt het antwoord op deze vraag uit de resultaten van twee series proeven. Het luidt oogenschijnlijk bevestigend.

In de onder *a* en *c* genoemde proeven werd ieder monster tomaten slechts éénmaal voor een bepaling gebruikt, in de onder *b* genoemde proef daarentegen werden met één monster achtereenvolgens drie bepalingen gedaan. De gevonden eindwaarden zijn echter dezelfde.

a. Een monster van zeven groene tomaten werd drie dagen in een exsiccator bij + 2° C gehouden. In dien tijd was per 100 cm^3 lucht 1.8 cm^3 CO_2 afgestaan en 3.6 cm^3 O_2 opgenomen. Het ademquotient in deze eerste drie dagen van het verblijf bij + 2° C was dus ½.

Een tweede monster van zeven groene tomaten werd vier dagen in een exsiccator bij + 3° C gehouden. In dien tijd was per 100 cm^3 lucht 3.0 cm^3 CO_2 afgestaan en 6.3 cm^3 O_2 opgenomen. Het ademquotient over deze vier dagen was dus ± ½. Uit denzelfden exsiccator werd een halven dag later nog een monster lucht genomen en geanalyseerd. Nu was per 100 cm^3 lucht 3.8 cm^3 CO_2 afgestaan en 7.5 $cm^3 O_2$ opgenomen. Het ademquotient was dus weer ± ½.

Een derde monster van zeven groene tomaten stond eerst acht dagen in een open exsiccator bij + 3° C. Op den achtsten dag werd de exsiccator gesloten en op den

tienden dag werd hieruit een monster genomen en geanalyseerd. In deze twee dagen was per 100 cm^3 lucht 3.5 cm^3 CO_2 afgegeven en 3.5 cm^3 O_2 opgenomen. Het ademquotient was na het achtdaagsch verblijf bij + 3° C dus = 1 geworden. Een duplo-bepaling leverde hetzelfde resultaat.

Bovenstaande analyses werden verricht volgens Winkler. Die in de hieronder volgende twee series bepalingen geschiedden volgens de absorptiemethode.

b. Een groep van tien groene tomaten stond in een open exsiccator in een cel, waarin de temperatuur langzaam schommelde tusschen 4 en 6° C. Gedurende den 7en tot den 9en dag van het verblijf bij deze temperatuur werd de exsiccator gesloten.

Na het nemen van een luchtmonster en verversching van de lucht werd de exsiccator vervolgens weer gesloten gedurende den 9en—11en dag en daarna nog eens gedurende den 11en—15en dag. Op den 9en, 11en en 15en dag van het verblijf bij + 4 à 6° C was per 100 cm^3 lucht respectievelijk 4.0, 5.7 en 12.1 cm^3 CO_2 afgegeven en respectievelijk 5.0, 5.7 en 12.4 cm^3 O_2 opgenomen. Na een ongeveer achtdaagsch verblijf bij + 4 à 6° C was het ademquotient dus = 0.8, na een ongeveer tiendaagsch verblijf = 1 en na een ongeveer dertiendaagsch verblijf ook ± 1.

c. Vervolgens is nog eens een proef bij + 2° C gedaan. Een partijtje groene tomaten werd in een cel van + 2° C gelegd. Na hierin 8 dagen gelegen te hebben, werden 15 stuks gedurende 28 uren in een exsiccator bij + 2° C opgesloten. Een andere groep van 15 stuks werd na een verblijf van 10 dagen bij + 2° C in een exsiccator gedurende 48 uren opgesloten. Van deze twee groepen waren de ademquotienten respectievelijk 2.3/2.3 = 1 en 4.3/4.3 = 1.

Als resultaat zien we, dat het ademquotient van groene tomaten bij lage temperatuur aanvankelijk onge-

veer = ½ is en dat het na een achtdaagsch verblijf bij + 2 of + 3° C = 1 is geworden. Na een achtdaagsch verblijf bij + 4 à 6° C is het = 0.8, maar na een ongeveer tiendaagsch verblijf bij deze temperatuur is het ook = 1 geworden.

Volgens § 7 valt deze wijziging in de grootte van het ademquotient ongeveer samen met het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur van de gebruikte temperaturen.

In overeenstemming met de in § 21 aangehaalde voorstelling zouden we nu kunnen zeggen, dat de gaswisseling bij lage temperatuur aanvankelijk niet uitsluitend op een zuivere monose-verademing terug te voeren is, maar na het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur wel.

§ 24. Ademquotient van groene bananen bij schadelijk-lage temperatuur.

Voor de banaan valt het antwoord op de in § 23 gestelde vraag anders uit. Hier blijft het ademquotient bij schadelijk-lage temperatuur, ook als de banaan al bruin is geworden, nog langen tijd ongeveer gelijk aan zijn beginwaarde. Pas na een zeer lang verblijf bij lage temperatuur, als de vrucht week wordt, stijgt het ademquotient, echter niet tot de waarde 1, maar tot een waarde > 1.

De gevonden cijfers vindt men in tabellen 8 en 9.

Om te weten te komen, hoe het ademquotient zou zijn, wanneer bananen al volkomen door lage-temperatuur-bederf bedorven waren, is een monster bij 5° C geplaatst, dat 14 dagen tevoren in groenen toestand bij 0° C was geplaatst en nu geheel bruin was.

Op den 11en dag was, ook met den mikroskoop, noch uitwendig noch inwendig schimmel- of bacterieaantasting te vinden; de bananen waren echter geheel week geworden.

TABEL 8.

Verloop van het ademquotient van een groep groene bananen bij +5° C

Periode waarin het gemeten ademquotient ontstond	Afgegeven CO_2 in cm^3 per 100 cm^3 lucht	Opgenomen O_2 in cm^3 per 100 cm^3 lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	7.4	9.7	0.76
2e—4e dag	12.2	19.0	0.64
4e—5e „	5.2	6.8	0.76
5e—6e „	8.1	8.6	0.94
6e—7e „	5.5	6.4	0.86
7e—9e „	11.0	16.8	0.65
idem duplo	11.0	17.3	0.63
9e—11e dag	16.0	18.6	0.86

TABEL 9.

Verloop van het ademquotient van een groep bananen bij + 5° C na een voorafgaand verblijf gedurende 14 dagen bij 0° C

Periode waarin het gemeten ademquotient ontstond	Afgegeven cm^3 CO_2 per 100 cm^3 lucht	Opgenomen cm^3 O_2 per 100 cm^3 lucht	CO_2/O_2
1e—3e dag	9.0	15.4	0.58
idem duplo	9.9	16.1	0.61
5e—7e dag	11.5	9.1	1.26
idem duplo	11.8	9.4	1.26
7e— 9e dag	9.7	8.0	1.21
9e—11e „	8.4	5.8	1.45

Zoolang de bananen bij de lage temperatuur nog hard waren, bleef het ademquotient schommelen tusschen waarden van ongeveer 0.6 en 0.9. De schadelijk-lage temperatuur heeft hierin dus geen duidelijk waarneembare verandering teweeg gebracht.

§ 25. Vergelijking ademquotient bij veilige temperatuur van gezonde en van zieke vruchten.

De resultaten van de in §§ 23 en 24 vermelde proeven bevatten voor de banaan geen aanwijzingen voor een pathologische verandering in de ademhaling door schadelijk-lage temperatuur. Wel treedt er bij de tomaat een verandering in de gaswisseling op.

Voordat we hier verder op in kunnen gaan, rijst nu eerst de vraag hoe het ademquotient van een gezonde tomaat of banaan gedurende zijn normale narijping bij veilige temperatuur verloopt en in hoeverre het verloop van dat van een tomaat of banaan met lage-temperatuurbederf, die bij veilige temperatuur wordt gehouden, hiermee overeenkomt.

In § 26 volgt de vermelding van de resultaten die bij de tomaat verkregen werden. In § 27 die bij de banaan.

§ 26. Tomaat.

Bij gezonde tomaten is het ademquotient bepaald wanneer zij groen waren, iets gekleurd of rood.

Bij vier groepen groene tomaten is het vastgesteld volgens de methode W i n k l e r bij 20° C en bij 18° C.

Het resultaat ziet men in tabel 10. Het ademquotient was 0.6 à 0.7.

TABEL 10.

Ademquotient van groene tomaten bij veilige temperatuur.

Groep tomaten no.	Temperaruur	Afgegeven CO_2 in cm^3 per 100 cm^3 lucht	Opgenomen O_2 in cm^3 per 100 cm^3 lucht	CO_2/O_2
1	20° C	2.5	3.6	0.69
2	20° C	2.5	4.0	0.63
3	18° C	5.6	8.5	0.66
duplo	18° C	6.4	9.3	0.69
4	18° C	5.1	7.5	0.68

Bij drie groepen in iets gekleurden of in rooden toestand is het ademquotient eveneens volgens de methode Winkler vastgesteld. De resultaten ziet men in tabel 11.

TABEL 11.

Ademquotient van kleurende en gekleurde tomaten bij veilige temperatuur.

Groep tomaten no.	Kleur van de tomaten	Voorgeschiedenis van de tomaten	Temperatuur	Afgegeven CO_2 in cm^3 per 100 cm^3 lucht	Opgenomen O_2 in cm^3 per 100 cm^3 lucht	CO_2/O_2
5	iets gekleurd	groen geplukt; bij kamertemp. begonnen te kleuren	18° C	9.7	4.75	2.04
5	Zelfde tomaten nadat zij bij kamertemp. pas geheel rood waren geworden		18° C	9.25	9.5	0.97
6	iets gekleurd	In dezen toestand versch geplukt	17° C	4.7	1.6	2.9
7	rood	In dezen toestand versch geplukt. Niet stevig meer.	17° C	3.1	2.2	1.4

Gedurende den kleurovergang wordt het ademquotient zeer veel grooter dan 1, om na het bereiken van den rooden toestand in één geval ongeveer 1, en in het tweede geval een weinig grooter dan 1 te zijn.

Vervolgens zijn nog enkele ademquotienten bepaald van gezonde, rood geplukte tomaten bij 19° C volgens de absorptie-methode.

Een groep van 20 tomaten diende voor de proeven 1 en 3. Een andere groep van 20 tomaten voor proef 2. De proeven 1, 2 en 3 zijn in den loop van een week achtereenvolgens gedaan.

TABEL 12.

Proef no.	Toestand tomaten	Ademquotient
1	stevig	2.6/2.6 = 1.0
2	iets minder stevig	4.7/4.3 = 1.1
3	vrij week	4.3/3.3 = 1.3

Bij het week worden van de tomaten neemt het ademquotient toe tot een waarde die iets grooter is dan 1.

Men kan zich, op grond van het bovenstaande, van het verloop van het ademquotient van gezonde tomaten gedurende hun kleurovergang de volgende voorstelling maken:

groen	0.6 à 0.7
bij de kleurverandering	veel > 1
rood	aanvankelijk ± 1, later iets grooter.

Groene tomaten met lage-temperatuur-bederf, die bij veilige temperatuur op hun ademquotient werden onderzocht, vertoonden iets anders dan de gezonde.

De onder *a* genoemde bepalingen geschiedden weer volgens de methode W i n k l e r.

a. Een groep gave groene tomaten waren 12 dagen bij 0° C geweest. Daarna werden zij bij 18° C geplaatst. Op den tweeden dag bij 18° C gaven zij in vijf uren per 100 cm^3 lucht 1.0 cm^3 CO_2 af, en namen zij 1.0 cm^3 O_2 op. Hun ademquotient in deze dagen was dus = 1. De lucht in den exsiccator werd niet ververscht, maar op den derden dag bij 18° C werd er nog eens een monster uit genomen. In deze ongeveer 24 uren dat de exsiccator gesloten was geweest, hadden de tomaten per 100 cm^3 lucht 4.9 cm^3 CO_2 afgegeven en 4.2 cm^3 O_2 opgenomen. Het ademquotient was dus = 1.1 à 1.2.

Bij de hieronder genoemde groepen tomaten met

lage-temperatuur-bederf werd het ademquotient volgens de absorptiemethode bepaald. De groepen bestonden uit 10 à 12 gave vruchten.

b. Bij een groep groene tomaten met lage-temperatuur-bederf die twee dagen bij 18° C stonden en vervolgens drie dagen in een gesloten exsiccator bij 18° C werden gehouden was het ademquotient 16.4/14.3 = 1.1.

c. Bij een tweede groep groene tomaten met lage-temperatuur-bederf (var. Sunrise) werd bij 14° C het ademquotient bepaald en wel gedurende de eerste drie dagen, daarna voor de volgende drie dagen en tenslotte gedurende den zevenden dag. Het ademquotient liep geleidelijk iets op en vertoonde achtereenvolgens de waarden van 11.4/12.8 = 0.9
10.6/10.9 = 1 (ongeveer)
5.6/ 4.9 = 1.1 (,,

d. Van een groep tomaten met lage-temperatuur-bederf die in het stadium van het eerste begin van kleurverandering verkeerden, werd bij 17° C viermaal het ademquotient bepaald, (dus van dezelfde tomaten) en wel op den 1en—2en dag, 2en—3en dag, 3en—4en dag en 4en—7en dag. De gevonden waarden bedroegen respectievelijk:

5.4/ 5.9 = 0.9 (ongeveer)
5.5/ 5.8 = 0.9 à 1 (,,)
4.7/ 4.4 = 1.1 (,,)
13.1/14.1 = 0.9 (,,)

Deze tomaten hebben het niet meer tot een volledige rood-kleuring gebracht. Daartoe waren zij blijkbaar te ziek.

Moeten wij de geringe stijging van het ademquotient gedurende den 2en tot den 4en dag bij 17° C beschouwen als een rudiment van de normale stijging van het ademquotient gedurende den kleurovergang? Dit is moeilijk uit te maken. Zeker is in ieder geval, dat de normale stijging afwezig is.

Ter contrôle zijn eenige ademquotienten bepaald van groene herfsttomaten in het najaar van 1935.

De metingen werden verricht bij 17° C. De aantallen tomaten per bepaling waren 16 tot 24 stuks.

De resultaten waren als volgt.

TABEL 13.

Partij No.	Groeiplaats	Plukdatum	Ademquotient
1 1e monster	kas	5 October	5.3/6.7 = 0.85
2e „	„	5 „	4.2/5.0 = 0.84
2	kas	8 October	9.7/10.9 = 0.89
3 1e monster	buiten	14 October	5.3/5.5 = 0.96
2e „	„	14 „	7.0/7.3 = 0.96
4 1e monster	kas	18 October	6.9/7.2 = 0.96
2e „	„	18 „	7.2/7.6 = 0.95

Naarmate het later in den tijd werd, was het ademquotient grooter geworden.

Van alle vier partijen zijn contrôle-monsters bij kamer temperatuur nagerijpt. Deze vertoonden alle bij de kleurverandering symptomen van lage-temperatuurbederf; die van no. 1 en no. 2 zwakke, die van no. 3 en no. 4 sterke.

Deze uitkomsten geven dus een bevestiging van de hiervoor vermelde.

Van een groep buitentomaten, die juist een allereerste begin van kleurverandering vertoonden, en al van de herfstkou hadden geleden, werden eveneens ter contrôle enkele ademquotienten bepaald. Dit geschiedde bij 19° C. In proeven nos. 1, 2 en 3 diende eenzelfde groep van 12 tomaten; in proef no. 4 werden 12 andere gebruikt. Zij werden in den loop van een week achtereenvolgens uitgevoerd. In deze week bleven de tomaten

steeds slechts gedeeltelijk gekleurd. Ook bij de verdere narijping bleef de roodkleuring gebrekkig.

TABEL 14

Proef no.	Toestand v. d. tomaten	Ademquotient
1	iets gekleurd	0.9/0.8 = 1.1
2	,, ,,	3.6/3.4 = 1.05
3	,, ,,	7.6/6.8 = 1.1
4	,, ,,	6.0/5.7 = 1.05

Samenvattende kunnen we zeggen, dat er bij veilige temperatuur een verschil is op te merken tusschen het verloop van het ademquotient van gezonde groene tomaten en dat van het ademquotient van groene tomaten met lage-temperatuur-bederf. Dit verschil bestaat hierin, dat het ademquotient bij gezonde tomaten in hun groene phase = 0.6 à 0.7 is en bij flink zieke tomaten 0.9 à 1.2; en verder, dat het ademquotient bij gezonde tomaten tijdens hun kleurverandering een voorbijgaande zeer sterke stijging vertoont, die practisch achterwege blijft bij zieke tomaten in deze phase.

§ 27. Banaan.

Vervolgens komen wij tot de vermelding van de bepalingen, die het antwoord op de in § 25 gestelde vraag moeten geven voor de banaan. Deze betreffen dus de vergelijking van het ademquotient bij veilige temperatuur van gezonde en van zieke bananen.

Hierbij is uitsluitend gebruik gemaakt van de absorptie-methode.

De bananenmonsters zijn op twee verschillende wijzen behandeld.

Eerst is er een serie van twaalf bepalingen gedaan, waarbij alle bananenmonsters slechts éénmaal gebruikt

werden. Deze twaalf monsters vertegenwoordigen verschillende phasen in het rijpings-proces van de banaan, zoodat men uit deze serie een beeld kan krijgen van het verloop van het ademquotient gedurende de rijping van hard-groen tot week-geel.

Vervolgens zijn een aantal proeven gedaan, waarbij eenzelfde monster gedurende zijn narijping herhaaldelijk op zijn ademquotient onderzocht werd.

Deze twee verschillende wijzen van behandeling stellen ons in staat vast te stellen, of het herhaaldelijk gebruiken van eenzelfde monster al of niet een invloed op de verkregen uitkomsten heeft.

Het is gebleken, dat er geen belangrijke verschillen door de verschillende wijzen van behandeling ontstaan.

Een tweede kwestie, die, in verband met de hierna weergegeven cijfers, moet worden opgemerkt, is, dat in sommige gevallen, gedurende het verblijf van de bananen in de exsiccatoren de aanwezige zuurstof tot op enkele procenten na is verbruikt. Men zou zich kunnen afvragen of dit niet schadelijk op de vrucht zou kunnen werken en daardoor het ademquotient gewijzigd zou kunnen worden. De banaan kan echter vrij lang een zuurstofvrije atmospheer goed verdragen.

Ook is enkele keeren een koolzuurgehalte van een kleine 20% in een exsiccator voorgekomen. Volgens Thornton (79a) kan een banaan gedurende zoo'n korten tijd echter ook nog wel hoogere concentraties zonder schade verdragen.

Overigens zal men naast de proeven, waarbij genoemde mogelijk-gevaarlijke zuurstof en koolzuurconcentraties aanwezig waren, andere vinden, waarbij zulks niet het geval was. Duidelijke verschillen in de uitkomsten ziet men hierbij echter niet.

Eerst kan ik de reeks van twaalf losse waarnemingen weergeven. Deze zijn samengevat in tabel 15.

TABEL 15.

Ademquotient van 12 verschillende monsters bananen in verschillende rijpheidstoestanden en bij verschillende temperaturen.

Kleur	Temp. in ° C	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
Groen	5	3.7	5.2	0.71
Gelig-groen ..	18	19.1	18.7	1.02
Geel-groen ..	20	11.2	11.3	0.99
Groenig geel..	13	15.4	15.7	0.98
Groenig geel..	13	17.2	18.5	0.93
Groenig geel..	16	15.9	16.6	0.96
Geel	13	10.6	12.5	0.85
	13	10.9	12.6	0.86
	18	16.3	15.3	1.06
	18	12.7	13.5	0.94
Geel, weekrijp	18	14.4	13.1	1.10
Geel, weekrijp	17	11.4	9.4	1.22

TABEL 16.

Verloop van het ademquotient van bananen-monster No. 13 bij 15° C

Periode waarin het gemeten adem-quotient ontstond	Kleur	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	groen	16.0	17.8	0.90
2e—3e ,,	gelig-groen	16.0	15.2	1.05
3e—5e ,, *)	,, ,,	10.0	9.4	1.06
5e—6e ,	geel-groen	13.4	14.4	0.94

*) Op den derden dag is het aantal bananen van het monster tot de helft verminderd.

Deze cijfers wijzen erop, dat het ademquotient gedurende den kleur-overgang van groen naar geel onge-

TABEL 17.

Verloop van het ademquotient van bananen-monster No. 14 bij 15° C.

Periode waarin het gemeten adem-quotient ontstond	Kleur	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	groen	14.9	17.2	0.87
2e—3e „	gelig-groen	15.5	17.9	0.87
3e—5e „ *)	„ „	15.7	16.6	0.95
5e—6e „	bijna geel	15.9	16.8	0.95

*) Op den derden dag is het aantal bananen van het monster tot de helft gereduceerd.

TABEL 18.

Verloop van het ademquotient van bananen-monster No. 15 bij 18° C.

Periode waarin het gemeten adem-quotient ontstond	Kleur	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	groen	7.4	10.1	0.73
2e—3e „	groen met weinig geel	7.5	7.9	0.95
3e—4e „	groen met weinig geel	7.8	8.0	0.98
4e—5e „	gelig-groen	8.1	9.1	0.89
5e—6e „	„ „	12.5	14.0	0.90
6e—8e „ *)	groenig-geel	—	—	—
8e—9e „	geel	7.9	8.6	0.92

*) Op den 6en dag is het aantal bananen van het monster tot de helft gereduceerd.

veer = 1 of iets er onder is, en pas bij het intreden van de phase van overrijpheid > 1 wordt.

Om deze conclusie nader te toetsen, zijn nog eenige series bepalingen gedaan, waarin werd vastgesteld, hoe het verloop van het ademquotient gedurende de kleur-

TABEL 19.

Verloop van het ademquotient van bananen-monster No. 16 bij 18° C.

Periode waarin het gemeten adem-quotient ontstond	Kleur	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	groen	8.5	10.2	0.83
2e—3e ,,	groen met weinig geel	8.3	9.0	0.92
3e—4e ,,	groen met weinig geel	8.0	8.6	0.93
4e—5e ,,	gelig-groen	8.0	8.9	0.90
5e—6e ,,	gelig-groen	10.6	13.0	0.82
6e—8e ,, *)	groenig-geel	15.9	15.1	1.05
8e—9e ,,	geel	9.0	8.9	1.01

*) Op den 6en dag is het aantal bananen van het monster tot de helft gereduceerd.

TABEL 20.

Verloop van het ademquotient van bananen-monster No. 17 bij 20° C.

Periode waarin het gemeten adem-quotient ontstond	Kleur	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	groen	6.4	7.0	0.91
2e—3e ,,	groen met	6.8	6.5	1.05
3e—4e ,,	weinig geel			
	gelig-groen	7.1	6.6	1.08
4e—5e ,,	geel-groen	15.3	15.5	0.99
5e—6e ,,	groenig-geel	16.2	16,4	0.99
6e—8e ,, *)	geel	14.5	14.8	0.98

*) Van de 7 bananen 4 verwijderd op den 6en dag.

verandering van eenzelfde monster bananen was. De resultaten hiervan ziet men in de tabellen 16—20. De opgegeven verminderingen van de monsters waren bij het optreden van den kleurovergang van groen naar

geel noodig, omdat dan de koolzuurafgifte sterk toeneemt (§ 18).

De verkregen cijfers bevestigen de eerder vermelde losse waarnemingen. Inderdaad is er geen enkele phase gedurende den kleurovergang van narijpende bananen, waarin het ademquotient duidelijk > 1 wordt. Meestal is het tusschen 0.9 en 1.0. Als men de cijfers van de groene bananen beschouwt, zou men hoogstens tot de gedachte kunnen komen, dat het ademquotient van groene bananen gemiddeld iets beneden 0.9 ligt, en dat er tusschen groene bananen en bananen in den kleurovergang dus toch een verschil zou kunnen zijn. Dit verschil is echter, zoo het bestaat, gering.

In de tabellen 21 en 22 zijn de cijfers vermeld, die verkregen zijn bij twee monsters gele bananen gedurende hun verdere narijping. Gedurende hun verblijf bij 13° ging deze narijping zeer langzaam, na verhooging van de temperatuur tot 18° daarentegen veel sneller.

TABEL 21.

Verloop van het ademquotient van bananenmonster No. 18 bij 13° C. en vervolgens bij 18° C.

Periode waarin het gemeten ademquotient ontstond	Temp. in ° C	Rijpheidstoestand	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	13	Geel-hard	18.6	19.0	0.98
2e—3e „ *)	13	„ „	9.7	9.2	1.05
3e—4e „	13	Geel-eetrijp	10.6	12.5	0.85
4e—6e „	13	„ „	9.6	10.0	0.96
6e—7e „	13	„ „	8.4	9.3	0.90
7e—8e „	14—17	„ „	15.7	15.3	1.03
8e—9e „	18	week-rijp	19.8	15.8	1.23
9e—10e „	18	„ „	19.9	14.5	1.37
10e—11e „	18	„ „	13.2	10.2	1.30
11e—13e „ *)	18	„ „	7.3	6.0	1.21

*) Aantal bananen van het monster verminderd.

TABEL 22.

Verloop van het ademquotient van bananen-monster No. 19 bij 13° C en vervolgens bij 18° C

Periode waarin het gemeten adem-quotient ontstond	Temp. in °C	Rijpheids-toestand	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	13	Geel-hard	19.0	19.1	0.99
2e—3e „ *)	13	„ „	8.0	8.3	0.99
3e—4e „	13	Geel-eetrijp	10.9	12.6	0.86
4e—6e „	13	„ „	9.3	9.1	1.02
6e—7e „	13	„ „	7.3	7.8	0.93
7e—8e „	14—17	„ „	16.0	15.9	1.01
8e—9e „	18	week-rijp	18.2	16.2	1.12
9e—10e „	18	„ „	19.3	15.0	1.29
10e—11e „	18	„ „	12.0	9.5	1.26
11e—13e „ *)	18	„ „	7.4	6.0	1.23

*) Het aantal bananen verminderd.

De cijfers uit tabellen 21 en 22 bewijzen, dat bij de gele bananen het ademquotient ongeveer = 0,9 à 1.0 blijft, totdat het stadium van weekrijpheid intreedt. Dan wordt het ademquotient > 1.

Tenslotte is nog een serie bepalingen gedaan bij bananen, die in groenen toestand bij 0° C waren geplaatst, daar 14 dagen waren gebleven en vervolgens bij 21° C werden nagerijpt. (tabel 23)

Het verloop van het ademquotient van deze laatste bananen vertoont in groote trekken hetzelfde beeld als dat van gezonde narijpende bananen. Alleen was het quotient, dat voor de laatste meting verkregen werd, veel hooger dan bij gezonde, weekrijpe bananen is waargenomen.

In vergelijking met de resultaten, die bij tomaten werden verkregen, mogen wij twee dingen vaststellen:

1°. de verhooging van de koolzuurafgifte gedurende

TABEL 23.

Verloop van het ademquotient bij 21° C van bananen met lage-temperatuur-bederf (monster No. 20).

Periode waarin het gemeten adem-quotient ontstond	Toestand van de bananen	Afgegeven CO_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	Opgenomen O_2 in cm³ per 100 cm³ lucht	CO_2/O_2
1e—2e dag	grootendeels bruin, hard	9.2	10.0	0.92
2e—3e ,,		9.1	9.3	0.98
3e—4e ,,		8.3	7.0	1.19
4e—5e ,,	niet-bruine plekken geel, de bananen worden week	6.6	4.8	1.37
5e—7e ,,		12.3	6.3	1.95

den kleurovergang van de bananen gaat niet, zooals bij de tomaten, samen met een tijdelijke verhooging van het ademquotient; dit laatste blijft meestal tusschen 0.9 en 1; bij groene bananen is het misschien een weinig lager; bij week geworden bananen wordt het > 1.

2°. het verloop van het ademquotient van bananen met lage-temperatuur-bederf gedurende narijping bij veilige temperatuur vertoont geen verschil met dat van gezonde bananen.

§ 28. I/N.

Voordat wij dit hoofdstuk afsluiten moge nog iets van de resultaten van de in § 21 genoemde I/N metingen worden vermeld. Deze staan eenigszins los van de andere proeven, maar omdat er toch een zekere reactie op de schadelijk-lage temperatuur in aan het licht kwam, mogen zij hier volgen.

§ 29. Methode voor de bepaling van I/N.

In hoofdzaak was de methode dezelfde als die welke in §§ 11—14 is beschreven. Inplaats van de daar beschre-

ven waterthermostaat diende nu echter een kleine koelcel, en in plaats van gewone lucht werd nu beurtelings lucht of stikstofgas door het systeem van waschflesschen en adembol gezogen. Verder stond in de koelcel maar één adembol inplaats van meerdere, zooals in den waterthermostaat. Wanneer bij lage temperatuur gemeten werd, werd inplaats van een adembol een exsiccator gebruikt, omdat deze meer vruchten kon bevatten.

De werkwijze kwam in het kort hierop neer, dat de koolzuurafgifte van tomaten of bananen beurtelings werd gemeten in een gewone luchtstroom (dus met zuurstoftoevoer en in een stikstofstroom (dus zonder toevoer van zuurstof).

Hier volge verder de gedetailleerde beschrijving: in een cel met constante temperatuur stond een ademvat met een aan- en afvoerbuis. De afvoerbuis sloot, d.m.v. een combinatie van glazen- en rubberbuizen aan op een glazen buis die het kozijn van de deur van de cel doorboorde. Deze laatste buis was weer aangesloten op een vacuumleiding.

De aanvoerbuis van het ademvat sloot aan op een andere glazen buis, die eveneens het kozijn van de deur doorboorde, maar tusschen deze twee buizen waren nog ingeschakeld, in volgorde vanaf het kozijn naar het ademvat toe:

twee waschflesschen met KOH 50%, een barietwaterbuis en een waschflesch met sterk zwavelzuur. Bij ademhaling in lucht werd de lucht uit het vertrek door het bovenbeschreven systeem gezogen; bij ademhaling in stikstof werd de door het kozijn stekende glazen buis die voor den luchttoevoer diende met een stikstofcylinder in verbinding gebracht, en werd vanuit deze cylinder stikstof doorgevoerd. De stikstof was chemisch zuivere stikstof. Om echter toch nog een maatregel te nemen voor de zekerheid dat in het ademvat uitsluitend stikstof zou komen die „physiologisch vrij van zuurstof"

zou zijn, werd de inhoud van den cylinder eerst achtereenvolgens door twee adembollen gevoerd, die van buiten geheel door zwart papier van het licht waren afgesloten. In deze adembollen bevonden zich gedurende de metingen steeds een zoo groot mogelijk aantal vruchten van dezelfde soort als waarmee de proeven werden gedaan.

Indien in de stikstof toch nog een hoeveelheid zuurstof aanwezig zou zijn die door de vruchten te benutten was, mogen we aannemen, dat de opname ervan geschiedde in de adembollen, door welke de stikstof passeerde, voordat hij het ademvat met proefobjecten bereikte. Het afdekken met zwart papier diende voor het verhinderen van zuurstofproductie in de vruchten als gevolg van assimilatie. Na het verlaten van de twee adembollen werd de stikstof eerst nog door twee waschflesschen met KOH 50% en een waschflesch met sterk zwavelzuur gevoerd. Pas daarna bereikte hij de glazen toevoerbuis in het kozijn van de koelcel.

Koolzuurabsorptie van de door het ademvat gezogen lucht was mogelijk, doordat zich tusschen de glazen afvoerbuis in het kozijn van de cel en de vacuumleiding nog een installatie tot het inschakelen van Pettenkoferbuizen bevond, van ongeveer denzelfden vorm als in § 12 wordt beschreven. Evenals daar stroomde dus ook hier de lucht onafgebroken door het systeem en werd zijn snelheid geregeld door middel van een klemkraan.

De snelheid, waarmee de stikstof uit den cylinder stroomde, werd geregeld met een regelventiel aan den cylinder.

Wanneer van de meting van de CO_2-productie in de lucht werd overgegaan op de meting van de CO_2-productie in stikstof werd eerst de stikstofcylinder op het systeem aangesloten. Dan werd tweemaal achtereenvolgens het geheele systeem luchtledig gezogen door inschakeling op de vacuumleiding en met stikstof weer

gevuld. Na de tweede vulling met stikstof werd de continue doorstrooming ingesteld.

Nadat deze ongeveer een half uur blanco had geloopen, werd in twee direct op elkaar volgende perioden de CO_2-productie bepaald. De meetperioden in lucht zoowel als in stikstof bedroegen steeds twee uren.

De vruchten bevonden zich dus steeds slechts 4 ½ à 5 uren in een zuurstofvrije atmospheer. Bovendien werd tusschen de opeenvolgende metingen steeds een periode waarin niet gemeten werd van eenige dagen gelegd. De doorstrooming van lucht ging in al dezen tijd steeds gewoon door.

Bovenvermelde methode heeft het nadeel, dat de waarde van I en van N na elkaar bepaald worden. De ademintensiteit kan ondertusschen stijgen of dalen, zoodat de gevonden verhouding tusschen de twee grootheden hierdoor onzuiver kan zijn. Gustafson (27) heeft dit bezwaar willen ondervangen, door van twee groepen tomaten het verloop van de koolzuurafgifte in lucht te meten, vervolgens bij één groep den luchtstroom te vervangen door een stikstofstroom en de aldus gevonden koolzuurafgifte te beschouwen als de waarde van I behoorende bij die van N van de groep, die voortdurend in lucht was gemeten. Waar tomaten onderling echter vrij heterogeen zijn, schijnt deze methode nauwelijks voordeelen te bieden t.o.v. de hier beschrevene. Overigens kan worden opgemerkt, dat Gustafson en schrijver dezes voor I/N van groene tomaten bij veilige temperatuur beide ongeveer $^2/_3$ hebben gevonden.

Een tweede bezwaar is, dat in een meetperiode van twee uren bij lage temperatuur, vooral door tomaten, maar weinig koolzuur wordt afgegeven. Daardoor kunnen de fouten in de meting relatief groot worden.

De hoeveelheden koolzuur, die door de bananen werden afgegeven, waren groot genoeg om bruikbaar te zijn; die voor de tomaten waren wat klein. Zij worden

hier echter toch vermeld, omdat er eenzelfde reactie in tot uiting komt als in de cijfers van de bananen.

De quotienten zijn vaak vermeld in twee decimalen. Het spreekt vanzelf, dat de tweede decimaal niet reëel is, hij is alleen blijven staan terwille van de waardeering van de eerste decimaal.

§ 30. Resultaten van de I/N-metingen.

Voor tomaten waren de verkregen uitkomsten als volgt:

TABEL 24.

Verblijf groene tomaten bij + 6° C	I/N	
	1e periode	2e periode
1 dag	$\frac{1.1}{1.6}$ *) = 0.67	$\frac{1.8}{1.6}$ = 1.1
7 dagen	$\frac{3.0}{2.8}$ = 1.07	$\frac{3.3}{2.8}$ = 1.2
16 dagen	$\frac{3.6}{2.6}$ = 1.4	$\frac{3.6}{2.6}$ = 1.4
Verblijf zelfde tomaten bij + 13° C, na verwijdering uit + 6° C		
4 dagen	$\frac{1.9}{4.3}$ = 0.44	$\frac{2.2}{4.3}$ = 0.5
9 dagen	$\frac{2.2}{3.2}$ = 0.68	$\frac{2.2}{3.2}$ = 0.68

*) Teller: hoeveelheid CO_2 afgegeven in stikstof in 2 uren, uitgedrukt in cm^3 H_2SO_4 (0.1 N).

Noemer: hoeveelheid CO_2 afgegeven in lucht in 2 uren, uitgedrukt in cm^3 H_2SO_4 (0.1 N).

We zien, dat de waarde van I/N van de onderzochte tomaten gedurende het verblijf bij de te lage temperatuur geleidelijk grooter is geworden. Deze verandering is echter reversibel. Na terugkeer in veilige temperatuur

daalt I/N weer, zelfs tot beneden de beginwaarde (= 0.67), om vervolgens weer tot deze beginwaarde terug te stijgen.

Voor bananen waren de resultaten als volgt:

TABEL 25.

Temperatuur	Kleur	I/N	
		1e periode	2e periode
15° C	groen	$\frac{11.3}{16.2} = 0.7$	$\frac{10.8}{16.2} = 0.67$
15° C	groen-geel	$\frac{9.2}{19.9} = 0.46$	$\frac{8.4}{19.9} = 0.42$
15° C	geel	$\frac{13}{22} = 0.59$	$\frac{15.6}{22} = 0.7$

TABEL 26.

Verblijf groene bananen bij + 5° C	I/N	
	1e periode	2e periode
4 dagen	$\frac{3.5}{5.1} = 0.68$	$\frac{4.0}{5.1} = 0.79$
7 ,,	$\frac{5.5}{5.8} = 0.95$	$\frac{6.5}{5.8} = 1.11$
11 ,,	$\frac{7.3}{6.8} = 1.08$	$\frac{7.6}{6.8} = 1.12$
22 ,,	$\frac{4.6}{3.5} = 1.3$	$\frac{5.9}{3.5} = 1.7$
Verblijf zelfde bananen bij + 13° C na verwijdering uit + 5° C		
3 dagen	$\frac{4.6}{4.6} = 1$	$\frac{5.1}{4.6} = 1.1$
6 ,,	$\frac{6.2}{8.4} = 0.74$	$\frac{7.0}{8.4} = 0.84$

In de opeenvolgende rijpheids-phasen van de banaan bij 15° C is de waarde van I/N voor de groene en de gele phase van ongeveer dezelfde orde. In de periode van kleurovergang van groen tot geel is de waarde van I/N echter aanmerkelijk kleiner.

Gedurende het verblijf bij + 5° C neemt de waarde van I/N geleidelijk toe. Deze toename is echter reversibel, want nadat de bananen vanuit de lage temperatuur naar + 13° C gebracht zijn, daalt de waarde weer tot zijn normale grootte.

De waarde van I/N = 0.6 à 0.7 geeft, zoowel voor bananen als tomaten, blijkbaar de normale verhouding aan tusschen het intramoleculair geproduceerde CO_2 en het normaal geproduceerde. Bij veilige temperatuur, in het begin van het verblijf bij schadelijk-lage temperatuur en na terugkeer uit schadelijk-lage temperatuur naar veilige temperatuur treedt steeds deze waarde van I/N op.

Na verblijf van een week bij schadelijk-lage temperatuur is de waarde van I/N al duidelijk grooter geworden. Na een verblijf van 4 dagen bij deze temperatuur is I/N van de onderzochte bananen echter nog normaal. De verandering treedt dus ongeveer op tegelijk met het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur. Dit kan een verband met lage-temperatuur-bederf suggereeren. De toename van de waarde I/N kan echter niet worden beschouwd als een direct physiologisch symptoom van het lage-temperatuur-bederf zelf, omdat zij reversibel is.

§ 31. Samenvatting van de in hoofdstuk III verkregen resultaten.

Uit het verloop van de kromme voor de koolzuurafgifte van tomaten en bananen bij lage temperatuur was niets bepaalds omtrent een verandering van de gaswisseling af te leiden (§ 15) Alleen mag misschien worden

vermeld, dat in acht van de tien krommen van roode tomaten bij + 1° C op den achtsten dag van het verblijf in de koude een meer of minder duidelijke voorbijgaande inzinking optrad (§ 15). De achtste dag is voor roode tomaten ongeveer de grens van den toelaatbaren inwerkingsduur van + 1° C. Misschien zou de inzinking dus met het optreden van lage-temperatuur-bederf samen kunnen hangen.

Het ademquotient van groene bananen bij lage temperatuur bleef, zoolang de vruchten hun normale hardheid behielden, ongeveer gelijk aan de beginwaarde (0,6 à 0.9). Pas wanneer zij bij lage temperatuur tenslotte op abnormale wijze week werden, steeg het ademquotient tot waarden tusschen 1.2 en 1.5. Dit geschiedde lang nadat de gewone uitwendige symptomen van lage-temperatuur-bederf waren opgetreden en kan dan ook niet als een symptoom van deze ziekte worden opgevat (§ 24).

Bij groene tomaten ontstond bij lage temperatuur na het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur een irreversibele verandering in het ademquotient. Bij veilige temperatuur was dit quotient 0.6 à 0.7 (§ 26). Wanneer zij in de koude werden geplaatst, werd het eerst iets kleiner (0.5), maar na een verblijf van vier tot acht dagen bij + 2 of + 3° C of van 10 dagen bij + 4 à + 6° C steeg het tot ongeveer 1 (§ 23). Werden tomaten met lage-temperatuur-bederf uit de kou naar veilige temperatuur overgebracht, dan kreeg het ademquotient niet zijn normale waarde terug, maar het bleef ongeveer één (0.9 tot 1.2) (§ 26).

In den herfst van 1935 is nagegaan, of deze verandering van het ademquotient ook bij groene tomaten, die van de herfstkoude hadden geleden, kon worden vastgesteld. Inderdaad bleek bij vruchten, die in den loop van de maand October geplukt werden, dat hun ademquotient toenam naarmate zij later in de maand geplukt werden

en dus meer door de herfstkoude geschaad waren (§ 26).

Bij de vergelijking van de koolzuurkrommen-bij-veilige-temperatuur van gezonde en van tevoren ziek gemaakte groene tomaten viel nog een andere verandering in het oog. In de krommen van de gezonde tomaten ontstond bij den kleurovergang een vrij sterke tijdelijke verhooging van de koolzuur-afgifte. In die van de tomaten, die tevoren lage-temperatuur-bederf hadden opgedaan, was deze tijdelijke verhooging niet geheel afwezig, maar zij was veel kleiner dan die in de krommen van de gezonde tomaten (§ 17).

Hiermee ging een verandering in het verloop van het ademquotient samen. Het ademquotient van gezonde groene tomaten bij veilige temperatuur steeg bij den kleurovergang van 0.6 à 0.7 tot 2 à 3. In de rood geworden tomaat werd het aanvankelijk ongeveer 1, maar bij het week worden nam het later weer iets toe tot waarden van 1.3 à 1.4. In tegenstelling hiermee bleef het ademquotient van groene tomaten, die te voren ziek waren gemaakt, gedurende den gebrekkigen kleurovergang ongeveer even groot als tevoren of er trad misschien een zeer kleine verhooging op (tot 1.1 à 1.2) (§ 26).

Volgens de grootte van het ademquotient ontstaat de verhoogde koolzuurafgifte tijdens den kleurovergang waarschijnlijk niet of niet alleen door gewone suikerverademing, maar moet er een ander koolzuur-vormend proces naast de suikerverademing verloopen.

Hierbij kan men denken aan omzettingen, waarbij zonder zuurstofopname toch koolzuur afgegeven wordt, of aan oxydatie van stoffen, die zuurstofrijker zijn dan suiker (§ 21).

Het schijnt, dat deze omzettingen, welke het dan ook mogen zijn, tijdens den kleurovergang van tomaten met lage-temperatuur-bederf geheel of gedeeltelijk achterwege blijven.

Bij gezonde bananen bij veilige temperatuur nam de

koolzuurafgifte bij den kleurovergang sterk toe, maar na een kleine inzinking na het bereiken van een top, bleef deze afgifte hoog (§ 18). Het ademquotient van groene bananen bij veilige temperatuur was 0.9 of iets lager, en bij de stijging van de koolzuur-afgifte tijdens den kleurovergang bleef het meestal tusschen 0.9 en 1.0 (§ 27). De stijging van de koolzuurafgifte bij de kleurverandering is hier dus blijkbaar van anderen aard dan bij de tomaat.

De vergelijking van de koolzuurkrommen-bij-veilige temperatuur van gezonde bananen en van bananen die tevoren door koude waren geschaad, heeft geen belangrijke tegenstellingen doen zien. (§ 18). Evenmin was dit het geval met de ademquotienten-bij-veilige-temperatuur van gezonde en van tevoren ziek gemaakte bananen (§ 27).

Tenslotte valt dan nog te vermelden, dat de waarde van I/N voor groene tomaten of bananen gedurende hun verblijf bij lage temperatuur een sterke toename vertoonde. Deze liep bij tomaten in 16 dagen bij + 6° C op van 0.7 tot 1.4, bij bananen in 22 dagen bij + 5° C van 0.7 tot 1.3. Na terugkeer bij veilige temperatuur werd de waarde van I/N voor beide vruchten weer 0.7.

HOOFDSTUK IV.

DE INVLOED VAN LAGE TEMPERATUUR OP HET VERLOOP VAN HET ZUURGEHALTE VAN TOMATEN EN BANANEN.

§ 32. Opzet van de zuurbepalingen.

In § 5 is reeds opgemerkt, dat de stofwisseling van de organische zuren van een vrucht een grooten invloed uit kan oefenen op zijn gaswisseling. Daarom is nagegaan hoe de gang van het zuurgehalte van tomaten en bananen op schadelijk-lage temperatuur zou reageeren.

De opzet is weer geweest om eerst te zien in hoeverre de gang van het zuurgehalte bij schadelijk-lage temperatuur iets bijzonders zou vertoonen bij het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur, en vervolgens vast te stellen, in hoeverre er bij narijping bij veilige temperatuur een verschil zou zijn waar te nemen tusschen den gang van het zuurgehalte van gezonde vruchten en van vruchten met lage-temperatuur-bederf.

§ 33. Methoden voor de zuur-bepaling bij de tomaat.

Men kan zich op verschillende wijzen een indruk verschaffen van het zuurgehalte van een vrucht. De eenige exacte methoden zijn die, waarbij de zuren eerst uit de vrucht geïsoleerd worden en vervolgens bepaald. Deze methoden kosten echter veel tijd en bemoeilijken daardoor het doen van veel bepalingen kort na elkaar. Nu is het er hier slechts om te doen een voldoende betrouwbaren indruk te krijgen van den algemeenen gang van het zuurgehalte van de vruchten onder verschillende omstandigheden. Daarvoor is het niet noodig, precies

te weten, hoeveel zuur er in de te onderzoeken vruchten zit, maar is het voorloopig voldoende, om de veranderingen in het zuurgehalte te kunnen vaststellen op een zoodanige wijze, dat het resultaat niet door geflatteerdheid tot onjuiste conclusies kan voeren. Met deze gedachte als leidmotief zijn hier de onderstaand beschreven eenvoudige methoden gebruikt, waarbij geen isolatie van de zuren uit hun organisch milieu plaats had. Daarbij moet er de nadruk op worden gelegd, dat exact genomen dus niet het zuurgehalte van de vruchten bepaald is, maar slechts een grof benaderde waarde hiervoor. Wanneer ik in het volgende hier en daar toch spreek van zuurgehalte, wete men dus wat ermee bedoeld is.

De algemeene gang van het zuurgehalte van de tomaat is in een deel van de gevallen onderzocht door titratie van uitgeperst sap met NaOH (0,1 N) tegen phenolphtaleïne als indicator. Wat door titratie gevonden is, is om twee redenen dus minder dan de hoeveelheid zuur die in de vrucht zit, want ten eerste blijft er na het uitpersen van de vrucht nog wat zuur in het persresidu achter, en ten tweede bevinden zich in het perssap allerlei bufferende stoffen, die maken, dat bij het bereiken van het omslagpunt van de phenolphtaleïne nog niet alle zuur getitreerd is. Deze laatste fout werd verkleind door het sap voor de titratie steeds sterk met water te verdunnen.

Overwogen is of koken van het sap vóór de titratie noodig zou zijn, met het oog op het in het sap opgeloste koolzuur. Om dit na te kunnen gaan, is in een houten pers een hoeveelheid tomaten uitgeperst. Het verkregen sap is goed dooreengemengd. Vervolgens zijn daaruit 2×10 cm^3 sap koud getitreerd, 2×10 cm^3 kokend getitreerd en 2×10 cm^3 koud getitreerd, maar na evacuatie.

Het koken en het evacueeren diende om te zien of

door verdrijving van het CO_2 een belangrijk verschil in titratie-zuurheid zou optreden; het evacueeren diende om te controleeren of het koken wellicht nog een anderen invloed had dan verdrijving van koolzuur alleen.

Deze proef werd tweemaal herhaald.

Evacuatie veroorzaakte een stormachtige stroom van gasbelletjes, die echter spoedig afgeloopen was, doordat de 10 cm^3 sap een breed, plat laagje op den bodem van den erlenmeyer vormde en er dus een relatief groot oppervlak was waar de gasbelletjes konden ontwijken. De evacuatie werd echter steeds 5 minuten lang voortgezet. De gevonden cijfers ziet men in tabel 27.

TABEL 27

Titratiezuurheid in cm^3 NaOH (0.0995 N) per 10 cm^3 sap.

Proef No.	Niet gekookt	Gekookt	Geëvacueerd
1	9.7 duplo 9.7	10.4 duplo 10.4	9.6 duplo 9.6
2	10.9 „ 10.9	11.5 „ 11.5	10.8 „ 10.8

Uit het geringe verschil tusschen „niet gekookt" en „geëvacueerd", blijkt, dat het in het sap opgeloste koolzuur geen factor van beteekenis is bij de bepaling van het zuurgehalte.

Door het sap te koken wordt het sap niet minder zuur, maar juist iets zuurder. Dit kan verschillende oorzaken hebben, zooals uitvlokking van bufferstoffen, geringe hydrolyse van eiwit, e.d.

Met het oog op koolzuur is koken of evacueeren blijkbaar overbodig.

In sommige gevallen is het zuur bepaald, door de te onderzoeken tomaten fijn te raspen en de verkregen brij na aanlenging met gedestilleerd water te titreeren. Dan

was er dus geen persresidu, waarin zuur achter kon blijven. Er waren echter meer bufferende stoffen in de vloeistof dan bij de vorige methode en verder waren er vaste stoffen in, die een belemmering konden zijn voor een snelle diffusie van de zuren. Het bleek echter, dat met deze methode kloppende duplo's konden worden verkregen.

Bij de zuurbepalingen gaat de vrucht, die onderzocht wordt, verloren. Om den gang van het zuurgehalte te kunnen vervolgen, moeten dus de zuurgehaltes van verschillende vruchten vergeleken worden. Daarbij krijgt men te maken met de variabiliteit van de vruchten. Nu kan men zoo te werk gaan, dat men het sap titreert van groepen van vruchten, die zoo groot zijn, dat het gezamenlijk zuurgehalte van de tomaten van de groep tengevolge van hun variabiliteit geen afwijkingen meer vertoont, maar men kan ook van groepen tomaten de vruchten individueel uitpersen. Deze laatste methode heeft het voordeel, dat men de variabiliteit daarbij steeds kan controleeren. Daarbij komt nog dat zij minder vruchten kost. Dit bleek van groot belang, omdat het niet meeviel voldoende vaak groote partijen tomaten van overeenkomstige grootte en uiterlijk te verkrijgen.

Bij de zuurbepalingen van de tomaat zijn overigens beide methoden toegepast. Begonnen is steeds met de methode van de individueele uitpersing. Daarna zijn dan nog enkele bepalingen met sap van grootere gezamenlijke monsters gedaan.

Hier volgt de korte beschrijving van de toegepaste methoden.

a. Methode van de individueele uitpersing.

De tomaten werden stuk voor stuk uitgeperst in een

toestelletje, dat uit de volgende drie onderdeelen bestond:

a. een zinken bakje van 15 cm lang, 9 cm breed en 6 cm hoog.

b. een zinken cylinder van 14 cm hoog en 8 cm diameter; voorzien van een bodem van 2 cm dikte, die bestond uit een stuk hout, dat aan alle kanten in zink ingesoldeerd was; in den cylinderwand bevonden zich vlak boven den bodem twee rijen kleine gaatjes voor het afvloeien van vocht.

c. een in den cylinder passend houten persblok, voorzien van een schoen van zink.

De werkwijze was als volgt: Op de opening van het bakje *a* werd een katoenen doekje gelegd — hierop werd de te persen tomaat in het bakje gelegd en met een aardappelmesje stukgesneden; het uitloopend sap kwam in het bakje terecht — het tomatenweefsel werd vervolgens in het doekje gehuld en in den, ondertusschen in het bakje geplaatsten cylinder *b* gedaan — vervolgens werd het persblok *c* erop geplaatst — het geheel werd onder den drukstang van een sterke handpers gezet (hiervoor diende een oude, iets vermaakte copieerpers) — het sap werd uitgeperst en opgevangen in het bakje *a* — het sap werd na terugdraaien van de pers in een van tevoren gewogen erlenmeyer gegoten — bakje, cylinder en persblok werden onder den kraan van de waterleiding flink afgespoeld en daarna met een handdoek afgedroogd — vervolgens kon onmiddellijk een nieuwe tomaat aan dezelfde behandeling worden onderworpen.

Door den erlenmeyer met sap nogmaals te wegen, kon worden berekend hoeveel g sap verkregen was. Het sap werd vervolgens flink met water verdund ($\pm$ 10x) en getitreerd met NaOH $^1/_{10}$ N tegen phenolphtaleïne. De verkregen cijfers werden omgerekend tot het aantal cm^3 NaOH-oplossing, dat noodig was voor neutralisatie van 10 g sap.

In deze methode komt het tomatensap eenige minuten in aanraking met een door zuren aantastbaar metaal, n.l. met zink. Hierdoor ontstaat dus een nieuwe oorzaak, waardoor minder zuur bepaald wordt, dan er in werkelijkheid aanwezig was. Maar, daar het er bij de hierna te vermelden bepalingen steeds om gaat verschillen te constateeren tusschen een hooger en een lager zuurgehalte, en deze verschillen er steeds alleen door verkleind, maar niet vergroot kunnen worden, bestaat dus niet het gevaar, dat de methode een te geflatteerd resultaat zal opleveren. Met het oog op de toch reeds bestaande grofheid van de methode, heb ik gemeend deze fout er nog wel bij te kunnen nemen, zonder de resultaten wezenlijk te deprecieeren. Ik wijs er overigens op, dat geen enkele van de hierna getrokken conclusies uitsluitend berust op de bepalingen met deze methode, maar dat er steeds de bepalingen met een andere methode verkregen, naast staan. Vergelijking van de uitkomsten bij de verschillende methoden is dus ook steeds mogelijk geweest.

Van belang is nog te weten, of deze fout door kleine variaties in den verblijfsduur van het sap in het zinken bakje al of niet vrij sterk beïnvloed wordt.

Daartoe is een partijtje groene tomaten in een houten pers uitgeperst, zoodat het verkregen sap dus niet met zink in aanraking is geweest. Van dit sap werden hoeveelheden van ongeveer 25 cm^3 òf direct getitreerd, òf getitreerd na een verblijf gedurende 5 of 10 minuten in het zinken bakje. Het sap werd in het bakje door schudden flink heen en weer bewogen, zoodat het goed met het zink in aanraking kwam. De direct getitreerde monstertjes sap werden meteen vanuit den grooten voorraad sap in een erlenmeyer gepipetteerd, de andere monstertjes werden na hun verblijf in het bakje van daaruit in een erlenmeyer geschonken. In de erlenmeyers werden de monstertjes gewogen, vervolgens met water aan-

gelengd en getitreerd, precies als bij toepassing van de onder *a* beschreven methode.

De resultaten waren als volgt:

TABEL 28.

Verblijfsduur in het bakje	Zuurheid in cm³ NaOH (0.0995 N) per 10 g sap
0 minuten	14.6
0 ,,	14.6
5 minuten	14.2
5 ,,	14.3
10 minuten	14.3
10 ,,	14.2

Een verblijfsduur van 10 minuten in het bakje maakt geen verschil ten opzichte van een verblijfsduur van 5 minuten. In beide gevallen is het gevonden zuurgehalte door aanraking met het metaal met 2 à 2.5 % verminderd Bij het gewone uitpersen van een tomaat in het toestelletje is het perssap hoogstens 3 minuten in aanraking met zink. Blijkbaar zullen kleine variaties in den verblijfsduur van het sap in het bakje dus geen belangrijke fouten kunnen veroorzaken.

Doordat verder in deze methode de tomaten met een handpers werden uitgeperst kan men denken aan de mogelijkheid van fouten door variaties in de aangewende perskracht. Zoo blijkt uit de volgende proef, dat het eerst uitgeperste sap van de tomaat zuurder is dan het later uitgeperste.

Van een tomaat werd het perssap gefractioneerd opgevangen. De zuurheid, uitgedrukt in cm³ Na OH (0.0977 N) bedroeg voor:

de eerste fractie sap van 5 cm³ . . . 5.9
de tweede ,, ,, ,, 5 ,, . . . 4.9

de derde fractie sap van 5 cm^3 . . . 3.8

Hoe harder men perst, hoe meer minder-zuur sap men dus bij het perssap moet krijgen. Toch schijnt volgens onderstaande proef de fout door harder of minder hard persen niet groot te zijn.

Van een groep van 38 groene tomaten werden op den dag van hun pluk negen tomaten zoo krachtig mogelijk met de handpers uitgeperst en negen met zeer matige kracht. Den daarop volgenden dag werd dit herhaald met de tweemaal tien overgebleven tomaten. Dat er inderdaad met verschillenden druk op de verschillende groepen geperst was, bleek o.a. uit het feit, dat bij de krachtig geperste tomaten alle persdoekjes stuk waren en bij de anderen niet één.

De verkregen cijfers waren als in tabel 29 is aangegeven.

TABEL 29.

Titratiezuurheid in cm^3 NaOH (0.0977 N) van sterk geperste en van minder sterk geperste tomaten.

Sterk geperst	Zwak geperst	Sterk geperst	Zwak geperst
11.8	13.6	12.4	13.6
11.3	13.5	12.2	11.7
11.2	10.9	12.1	10.9
11.0	10.7	12.0	10.8
10.3	10.7	11.5	10.8
9.2	10.3	11.3	10.8
8.1	10.3	10.8	10.4
7.5	9.2	10.1	10.4
7.3	8.7	9.6	9.8
—	—	8.9	8.7
Gem. 9.8 ± 0.6	Gem. 10.9 ± 0.6	Gem. 11.1 ± 0.4	Gem. 10.8 ± 0.4
Verschil + 1.1 ± 0.9		Verschil — 0.3 ± 0.6	

Bij de eerste vergelijking was het sap van de minder sterk geperste groep tomaten iets zuurder dan dat van de sterk geperste, maar bij de tweede vergelijking was de sterk geperste groep iets zuurder. De verschillen zijn echter niet groot genoeg om als reëel te kunnen worden beschouwd.

Samenvattende kan worden aangenomen, dat bij het gebruik van deze methode verschillende fouten in de verschillende verkregen uitkomsten zullen voorkomen, die in hun grootte een min of meer toevallige wisseling zullen kunnen vertoonen.

Hiertoe behooren de fouten tengevolge van variaties in de uitgeoefende perskracht, variaties in de percentages zuur, die in het persresidu achterblijven, variaties in de intensiteit, waarmee het sap met het metaal in aanraking komt, variaties in het bufferende vermogen van het perssap, en misschien nog andere. Voor enkele van deze fouten zijn hierboven eenige cijfers vermeld, waaruit blijkt, dat deze op zichzelf geen groote verschillen teweeg kunnen brengen. De natuurlijke variatie in het tomatenmateriaal komt hier echter nog bij, zoodat er alles tezamen toch heel wat wisseling in de afzonderlijke uitkomsten van de afzonderlijke bepalingen voor moet kunnen komen.

Het berekenen van de middelbare fout geeft ons echter een middel aan de hand waardoor de gezamenlijke werking van al deze, min of meer toevallig wisselende, fouten in het oog kan worden gehouden. Deze grootheid verschaft ons een maat voor den graad van spreiding van de afzonderlijke uitkomsten. Wanneer deze spreiding tengevolge van een al of niet bekende toevallig wisselende fout groot mocht worden, zal zulks aan onze waarneming niet kunnen ontsnappen, mits we maar de middelbare afwijking in oogenschouw nemen. Wanneer hierna wordt gesproken van middelbare fout of middelbare afwijking, wordt steeds bedoeld de mid-

delbare fout van het gemiddelde van een reeks waarnemingen: $m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n\ (n-1)}}$.

b. Methode van de hydraulische uitpersing van monsters tomaten.

Bij deze methode werden monsters van 20 tomaten onder eenzelfden hydraulischen druk uitgeperst. Deze druk bedroeg steeds 65 kg per cm^2 op den drukkolf van de hydraulische pers. Behalve in een kan, die uit het moeilijk door zuren aantastbare V 2 A staal was gemaakt, kwam het uitgeperste sap niet met metaal in aanraking.

Hier waren dus variaties in de kracht waarmee geperst werd en fouten door metaalaantasting uitgesloten.

De bruikbaarheid van de methode blijkt uit het kloppen van duplo-bepalingen, bij porties van het sap uit eenzelfde monster en uit het overeenstemmen van de resultaten die voor verschillende vergelijkbare monsters werden verkregen.

c. De rasp-methode.

Hierbij werden monsters van 10 tomaten eerst gewogen en vervolgens op een Bircher-Benner rasp in een groote geëmailleerde pan fijngeraspt. De verkregen brij werd sterk met water verdund en met normaal NaOH tegen phenolphtaleïne getitreerd.

De bruikbaarheid van deze methode blijkt uit het overeenstemmen van de gevonden waarden voor duplomonsters van tomaten.

Bij de hierna vermelde bepalingen is zoo te werk gegaan, dat steeds eerst een reeks bepalingen is gedaan met methode *a*. Daarna zijn geconstateerde toenamen of afnamen in het zuurgehalte nog eens getoetst met de methoden *b* of *c*.

§ 34. Verloop van het zuurgehalte van tomaten bij schadelijk-lage temperatuur.

De eerste vraag is nu, of het zuurgehalte van tomaten bij schadelijk-lage temperatuur bij het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur al of niet iets opvallends vertoont.

Uit de volgende drie proeven blijkt, dat dit niet het geval is.

Voor de eerste proef werden uit een partij versch geplukte groene tomaten 54 exemplaren uitgezocht, die in grootte en voorkomen zooveel mogelijk met elkaar overeenkwamen. Hiervan werden zes direct op hun zuurgehalte onderzocht; de overige werden in een koelcel van + 2° C gezet. Hiervan werden achtereenvolgens steeds zes opnieuw onderzocht.

Het resultaat ziet men in tabel 30.

TABEL 30.

Verloop titratiezuurheid van geplukte groene tomaten bij + 2° C, uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.0879 N) per 10 g sap

Dagen bij + 2° C	0	3	5	6	7	10	12	14	17
	16.2	14.1	18.0	14.4	13.7	15.0	16.9	18.6	15.5
	11.8	15.3	20.0	16.6	17.9	18.8	14.5	16.4	16.5
	18.8	18.4	12.7	16.8	14.1	16.9	12.1	15.8	16.1
	14.7	15.0	13.3	18.0	13.0	16.6	16.4	14.2	14.4
	15.2	14.2	13.9	12.5	16.6	14.7	14.9	15.9	14.4
	11.7	12.0	13.1	12.0	16.8	11.8	15.8	15.3	14.8
Gem.	14.7±1.2	14.8±0.9	15.1±1.3	15.0±1.0	15.3±0.8	15.6±1.0	14.4±0.9	16.0±0.6	15.3±0.4

De gemiddelden blijven ongeveer even groot, of zijn een klein weinig gestegen. Een stijging is echter niet met zekerheid vast te stellen. De toelaatbare inwerkingsduur

bedraagt bij + 2° C volgens § 9 ongeveer 4 tot 7 dagen. Omstreeks of in verband met dezen tijd is in het verloop van het zuurgehalte niets opvallends te ontdekken.

In de tweede en derde proef zijn roode tomaten gebruikt. Om het materiaal zoo homogeen mogelijk te krijgen, zijn hiervoor tomaten uitgezocht, die juist rood waren. Dit was daaraan te zien, dat de roode kleur nog een zweem oranje bezat. Voor de tweede proef zijn groote exemplaren genomen, voor de derde proef kleine.

De resultaten ziet men in de tabellen 31 en 32.

TABEL 31.

Verloop titratiezuurheid van roode tomaten (groote exemplaren) bij + 2° C, uitgedrukt in cm³ NaOH (0.0879 N) per 10 g sap.

Dagen bij + 2° C	1	3	6	9	11	14	22
	13.5	14.8	16.2	14.8	13.1	12.5	12.3
	12.3	14.3	14.2	14.3	14.7	14.4	14.5
	16.6	16.9	13.9	13.1	13.5	9.8	12.3
	14.7	16.1	14.4	15.6	14.0	13.8	13.3
	13.9	11.7	11.3	12.1	14.6	14.3	11.9
	13.1	13.3	12.2	9.7	13.5	14.8	7.9
Gem.	14.0 ± 0.6	14.5 ± 0.8	13.7 ± 0.7	13.2 ± 0.9	13.9 ± 0.3	13.2±0.8	12.0±0.9

Het gemiddeld zuurgehalte vertoont een geringe geleidelijke daling. Bij het overschrijden van den toelaatbaren inwerkingsduur is niets opvallends waar te nemen.

Vervolgens is voor groene tomaten nog een proefje met de rasp-methode uitgevoerd. In de eerste van bovenstaande tabellen ligt een flauwe aanduiding voor een geringe stijging van het zuurgehalte gedurende het verblijf bij lage temperatuur. Nagegaan is, of hiervan met de rasp-methode al of niet iets zou blijken.

Daartoe werden van 40 uiterlijk overeenkomstige groene tomaten twee monsters van ieder 10 stuks direct onderzocht en twee andere monsters van ieder 10 stuks pas nadat zij 12 dagen bij 0° C hadden gestaan.

De gevonden cijfers (cm^3 NaOH 0,1032 N per 10 cm^3 sap) waren als volgt:

direct bepaald: 8.7 en 8.9; gemiddeld 8.8
na 12 dagen 0° C: 9.2 en 9.5; „ 9.35

Er was dus een geringe toename te constateeren. Deze bedroeg 6 % van de beginzuurheid.

TABEL 32.

Verloop titratiezuurheid van roode tomaten (kleine exemplaren) bij + 2° C, uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.0879) per 10 g sap.

Dagen bij + 2° C	2	3	6	9	14	16	17	24
	15.5	14.9	15.1	12.6	13.8	14.0	11.3	12.7
	13.7	12.6	15.0	15.9	13.2	15.1	10.6	14.3
	13.5	10.6	12.7	12.8	13.2	14.1	13.4	13.6
	14.6	14.4	13.4	10.1	11.2	12.2	11.7	13.6
	16.3	13.0	14.5	9.6	11.9	13.4	14.3	11.9
	16.9	16.6	12.9	10.5	12.9	13.8	9.1	9.5
Gem.	15.1±0.6	13.7±0.9	13.9±0.4	11.9±1.0	12.7±0.4	13.8±0.4	11.7±0.8	12.6±0.7

§ 35. Verloop van het zuurgehalte bij veilige temperatuur van gezonde tomaten.

De in § 34 vermelde proeven geven geen reden om aan te nemen, dat het optreden van lage-temperatuurbederf op duidelijke wijze in het verloop van het zuurgehalte bij schadelijk-lage temperatuur weerspiegelt.

We komen dus nu tot de vraag hoe het verloop is van het zuurgehalte bij veilige temperatuur van normaal narijpende tomaten, en of tomaten met lage-tempera-

tuur-bederf bij hun narijping bij veilige temperatuur al of niet een afwijking in den gang van hun zuurgehalte vertoonen.

In de eerste plaats dus de vraag naar het verloop van het zuurgehalte van gezonde tomaten bij veilige temperatuur.

Als antwoord hierop volgen, om te beginnen, onderstaande twee proeven, waarin van kleine hoeveelheden tomaten van verschillende rijpheidstoestand het zuurgehalte per afzonderlijke tomaat bepaald werd.

De tomaten waren op grootte en uiterlijk gesorteerd. Die van de eerste proef bestonden uit groote exemplaren, die van de tweede uit kleine. Hoewel een kleine tomaat even volwassen kan zijn als een groote, is het toch waarschijnlijk, dat men in een groep kleine groene tomaten meer tomaten in een zeer onrijp stadium heeft, dan in een groep groote. Onder eenig voorbehoud mag men dus de tweede groep tomaten als jonger beschouwen dan de eerste groep.

De opzet van beide proeven bestond hierin, dat de heele partij uitgezochte tomaten bij 15° C werd gezet, en dat hiervan periodiek een zestal werd weggehaald voor de zuurbepalingen. In één geval werden inplaats van zes acht tomaten genomen en in één geval ging één van de zes bepalingen verloren.

De gevonden cijfers ziet men in tabel 33.

Als men de beginzuurheid vergelijkt met die van de laatste bepaling voor den kleurovergang, dan ziet men bij de groote exemplaren een stijging van de gemiddelden van 15.1 tot 18.6. Deze stijging gaat bij de kleine exemplaren van 11.8 tot 14.6. In beide gevallen bedraagt de toename van het gemiddelde zuurgehalte 23 % van de beginzuurheid.

Wanneer we de middelbare fouten in rekening brengen krijgen we verschillen van respectievelijk

3.5 ± 0.9 en 2.8 ± 1.2

De kans dat het eerste verschil reëel is, is grooter dan 99.98 %, zoodat dit verschil als zeker beschouwd kan worden. Voor het tweede verschil is deze kans 98.82 %, of ongeveer 83 tegen 1. De kans dat dit verschil reëel is, is dus nog vrij groot, maar veel minder dan bij het eerste verschil. Toch was de toename in beide gevallen 23 %. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in de grootere natuurlijke variatie in de partij kleinere tomaten.

TABEL 33.

Verloop van titratiezuurheid van tomaten bij 15° C, uitgedrukt in cm³ NaOH (0.0879 N) per 10 g sap.

Groote exemplaren.

Kleur	groen	iets bleekgroen	iets gekleurd	rood
Dagen 15° C .	1	4	7	10
	13.7	15.0	9.0	11.1
	13.9	19.0	10.9	11.2
	14.4	19.1	11.5	11.6
	15.8	19.3	12.8	11.6
	16.0	19.4	13.5	13.4
	16.7	20.0	13.8	—
			13.9	
			14.4	
Gem.	15.1±0.5	18.6±0.7	12.9±0.7	11.8±0.4

Kleine exemplaren.

Kleur	groen	groen	groen	iets gekleurd	rood
Dagen 15° C.	1	4	10	11	11
	7.7	7.2	12.7	7.9	5.5
	11.6	12.1	12.8	8.3	5.7
	12.3	12.2	13.4	8.9	7.4
	12.6	15.4	14.9	10.0	8.0
	13.0	15.9	15.2	10.1	9.0
	13.4	16.4	18.5	10.2	12.1
Gem.	11.8±0.8	13.2±1.4	14.6±0.9	9.2±0.4	7.9±1.0

Vergelijkt men vervolgens de laatste meting vóór den kleurovergang met die bij het begin van den kleurovergang, dan ziet men een daling van de gemiddelden van respectievelijk 18.6 tot 12.9 en van 14.6 tot 9.2; of van 30.6 en 36.9%.

Na uitrekening van de middelbare fouten zien deze verschillen er als volgt uit:

5.7 ± 1.0 en 5.4 ± 1.0.

Beide verschillen zijn dus reëel.

De gemiddelde zuurgehalten van de tomaten wanneer ze rood zijn geworden, zijn nog iets lager dan die van de iets gekleurde. De verschillen zijn respectievelijk 1.1 ± 0.8 en 1.3 ± 1.1, en zijn dus niet met zekerheid vast te stellen.

Volgens bovenstaande uitkomsten mag al met vrij groote zekerheid worden aangenomen, dat het zuurgehalte in de tomaten gestegen is, zoolang zij nog groen waren en dat het bij het intreden van de kleurverandering vrij plotseling gedaald is.

Ter verifieering van deze conclusie zijn toch nog een paar proeven genomen, waarin een aantal van de foutenbronnen van de boven gebruikte methode waren uitgesloten. Hierbij is alleen de stijging van het zuurgehalte in groene tomaten nog eens nagegaan. Deze proeven worden beschreven in de volgende paragraaf.

§ 36. Toetsing van de uitkomst van § 35.

Hiertoe werden groepen tomaten van twintig stuks per groep onder eenzelfden hydraulischen druk uitgeperst. Met metaal kwam het perssap niet in aanraking.

Het uitgeperste sap van iedere groep werd opgevangen en hiervan werden duplo's van 10 cm^3 getitreerd.

Met deze methode werd nu nagegaan of het verschijnsel van de stijging van het zuurgehalte in tomaten bij veilige temperatuur zoolang zij groen zijn, weer kon worden geconstateerd.

Daartoe werden veertig groene tomaten in een thermostaat van 18° C geplaatst. In den thermostaat bevonden zich openingen voor luchting. Ten overvloede werd er echter een bakje met loog ingeplaatst ter absorptie van koolzuurgas. Nadat de tomaten acht uren in den thermostaat hadden gestaan, werden er twintig uitgehaald. Deze werden hydraulisch geperst met een druk van 65 kg per cm^2 op den drukkolf.

Ter neutralisatie van 10 cm^3 sap was noodig 9.7 cm^3 NaOH (0.0995N) (duplo eveneens 9.7 cm^3).

Vier dagen na de eerste zuurbepaling werden de overgebleven twintig tomaten uit 18° C gehaald en onderzocht.

Ter neutralisatie van 10 cm^3 sap was nu noodig 10.9 cm^3 NaOH (0.0995N) (duplo eveens 10.9 cm^3).

De toename van het zuurgehalte in deze vier dagen bij 18° C was dus equivalent met 1.2 cm^3 NaOH of ongeveer 12% van het oorspronkelijk zuurgehalte.

De tijd tusschen de twee bepalingen was zoo kort gemaakt uit vrees voor een spoedige roodkleuring van de groene tomaten. Dit hield echter in, dat ook maar een betrekkelijk klein deel van de stijging kon worden waargenomen.

Om een langere tusschenruimte te kunnen riskeeren, werden in een tweede soortgelijke proef meer groene tomaten dan voor het onderzoek noodig waren in den thermostaat geplaatst. Dan was de kans grooter dat er voor de tweede bepaling, ook als deze wat later uitgevoerd werd, een voldoende aantal tomaten in groenen toestand beschikbaar zouden zijn.

In de tweede proef werden per tijdstip niet één, maar twee monsters van 20 tomaten onderzocht. Verder was de temperatuur van den thermostaat nu 20° C.

De resultaten waren als volgt. (Zie tabel 34).

In beide gevallen komen de zuurgehaltes van de twee naast elkaar bepaalde monsters van 20 tomaten goed

TABEL 34.

Titratiezuurheid van groene tomaten uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.0995 N) per 10 cm^3 sap bij 20° C.

0 dagen 20° C		6 dagen 20° C	
monster 1	monster 2	monster 3	monster 4
8.9	8.95	10.8	10.75
8.85	9.—	10.8	10.8
Gem. 8.9	Gem. 9.—	Gem. 10.8	Gem. 10.8

met elkaar overeen. Daardoor is met zekerheid vast te stellen, dat in de hier onderzochte groene tomaten een toename van het zuurgehalte is opgetreden en wel zooveel, als equivalent is met 1.8 cm^3 NaOH (0,0995 N), d. i. 20 % van het oorspronkelijk zuurgehalte. Dit is een stijging, die van dezelfde orde is als die, welke in § 35 geconstateerd werd (23 %).

Ondertusschen kan men nog de vraag stellen, of de toename van de titratiezuurheid van een gewichts- of volume-eenheid van het perssap van de tomaten niet veroorzaakt kan zijn door concentratie van de zuren tengevolge van waterverlies tijdens de bewaring. Immers, als er maar flink wat water uit de vruchten verdampte, zou men, ook als de hoeveelheid zuur in de vruchten gelijk bleef, reeds daardoor een zuurder sap kunnen krijgen.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is de in de volgende § beschreven proef genomen.

§ 37. De invloed van waterverlies tijdens de bewaring.

Eerst is nagegaan, hoeveel het gewichtsverlies van tomaten door bewaring bij veilige temperatuur kon bedragen. Voor drie monsters groene tomaten, ieder van 10 stuks, bedroeg dit na bewaring gedurende een week bij 14° C respectievelijk 3.7, 3.7 en 3.6 % van het aanvankelijk gewicht. Dit kan een toename van het zuurgehalte met een 20 % onmogelijk verklaren, temeer,

daar de vermindering van het gewicht niet alleen door waterverlies, maar mede door verlies van stoffen tengevolge van de ademhaling moet zijn ontstaan.

Toch is nog een proef gedaan met de rasp-methode (§ 33). Daarbij werd dus niet de titratiezuurheid van het sap bepaald, maar bij benadering de hoeveelheid zuur, die in de heele vrucht aanwezig was. Door bovendien de titratie-uitkomsten niet te betrekken op het gewicht dat de tomaten na hun bewaring hadden verkregen maar op dat, wat zij bij het begin van de proef bezaten (oorspronkelijk versch gewicht), werd de eventueele fout door gewichtsverandering tijdens de bewaring uitgeschakeld.

Er werd als volgt te werk gegaan.

Van 60 versch geplukte groene tomaten werden na weging twee monsters van tien bij 18° C en twee monsters van 10 bij 14° C geplaatst. Twee monsters van tien werden direct op hun zuurgehalte onderzocht. De monsters bij 18° en 14° respectievelijk na vier en zeven dagen. De zuurbepaling geschiedde aldus, dat de tien tomaten van één monster op een Bircher-Benner rasp in een groote geëmailleerde pan werden fijngeraspt. De verkregen brij werd sterk met water verdund en met 1.0322 N NaOH tegen phenolphtaleïne getitreerd.

De zuurheid van een monster van 10 tomaten is in onderstaande tabel omgerekend op die van 10 g tomaat. De resultaten waren als volgt:

TABEL 35.

Titratiezuurheid van groene tomaten uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.1032 N) per 10 g tomaat (oorspronkelijk versch gewicht)

Direct na de pluk	4 dagen 18° C	7 dagen 14° C
Monster no. 1: 8.7	Monster no. 3: 10.9	Monster no. 5: 11.4
„ „ 2: 8.9	„ „ 4: 10.8	„ „ 6: 11.3
Gem. 8.8	Gem. 10.8	Gem. 11.3
	Toename 2.0 = 23%	Toename 2.5 = 28%

Bij 18° is het zuurgehalte weer met 23 % toegenomen, bij 14° C met 28 %.

De toename van het zuurgehalte is dus ook met deze methode te constateeren. Blijkbaar speelt de fout door gewichtsverlies tijdens de bewaring geen noemenswaarden rol.

Plaatsen we nu de verkregen resultaten nog eens naast elkaar, dan zien we het volgende.

TABEL 36.

Methode	Bewaar-temperatuur	Toename titratiezuurheid
1. individueele uitpersing	15° C	23% en 23%
2. hydraul. uitpersing v. monsters ..	20° C	20%
3a. rasp-methode	14° C	28%
3b. „ „	18° C	23%

Deze uitkomsten zijn niet zonder meer met elkaar te vergelijken, want vastgesteld is de toename van het zuurgehalte vanaf een zeker varieerend punt in de ontwikkeling van de groene tomaat tot aan een punt vlak voor zijn kleurovergang. De eindpunten komen in de onder 1, 2 en 3 vermelde proeven dus vrij goed met elkaar overeen, maar van de beginpunten kunnen we niets zeggen. Een nadere vergelijking, b.v. in verband met de bewaartemperatuur, of in verband met de toegepaste methoden, laat ik daarom achterwege.

Ik meen nu echter met zekerheid aan te mogen nemen, dat geplukte groene tomaten in ongeveer een week tijds bij 14—20° C een stijging van het zuurgehalte vertoonen van circa 20 % of meer. Zoodra de groene kleur begint over te gaan in geel-oranje, slaat de stijging om in een scherpe daling.

§ 38. Verloop van het zuurgehalte bij veilige temperatuur van tevoren ziekgemaakte tomaten.

We komen nu tot de vraag, hoe bij veilige temperatuur het zuurgehalte verloopt van tomaten met lage-temperatuur-bederf.

Voor de beantwoording van deze vraag kan ik de uitkomsten van vier proeven aanvoeren. In de eerste drie is de methode van de individueele uitpersing gebruikt, in de laatste proef de rasp-methode.

Ik laat hier eerst den opzet en de verkregen cijfers van de proeven volgen.

a. Van veertig uiterlijk overeenkomstige tomaten werden tien direct na hun pluk onderzocht en dertig bij 0° C. geplaatst. Nadat deze laatste veertien dagen bij de lage temperatuur hadden gestaan, werd weer bij tien het zuurgehalte bepaald. De andere twintig werden bij 18° C gezet. Daarvan werden respectievelijk na 7 dagen en na 14 dagen nog eens tien stuks onderzocht.

Het resultaat ziet men in tabel 37.

TABEL 37.

Titratiezuurheid van tomaten met lage-temperatuur-bederf bij 18° C uitgedrukt in cm³ NaOH (0.0963 N) per 10 g sap.

Tijdstip van zuurbepaling	Direct na den pluk	Na 14 dagen 0° C	14 dagen 0°; daarna	
			7 dagen 18° C	14 dagen 18° C
Kleur	groen	glazig groen	glazig groen	glazig rood
	12.0	10.5	12.0	5.8
	12.5	14.2	12.2	7.4
	13.9	16.2	12.6	8.4
	14.0	16.6	13.8	9.1
	15.6	16.6	13.8	9.2
	16.7	17.0	14.1	9.8
	17.5	17.7	15.0	10.1
	18.4	18.8	15.3	10.2
	19.5	18.9	15.7	11.3
	19.5	19.5	16.1	12.1
Gem.	16.0±0.9	16.6±0 9	14.1 ± 0.5	9.3±0.6

b. De volgende twee proeven zijn in opzet een herhaling van de eerste. De zuurbepalingen direct na den pluk en die van de tomaten na roodkleuring, zijn hier weggelaten, daarentegen zijn er twee bepalingen na plaatsing bij veilige temperatuur gedaan.

De cijfers ziet men in de tabellen 38 en 39.

TABEL 38.

Titratiezuurheid van tomaten met lage-temperatuur-bederf bij 19° C, uitgedrukt in cm³ NaOH (0.1027 N) per 10 g sap.

Tijdstip van zuurbepaling	Na 14 dagen 0° C	14 dagen 0°; vervolgens:	
		2 dagen 19°	4 dagen 19°
Kleur	glazig groen	glazig groen	glazig groen
	10.1	10.9	9.5
	10.9	11.1	9.7
	11.1	12.1	10.2
	11.7	12.4	11.5
	13.5	12.5	11.9
	13.7	13.3	12.1
	15.1	13.6	13.3
	15.5	13.9	— *)
	15.7	14.1	—
	17.0	14.4	—
Gem.	13.4 ± 0.8	12.8 ± 0.4	11.2 ± 0.5

*) Drie tomaten waren iets gekleurd en vielen daardoor uit.

c. Van een groep van 150 groene versch-geplukte tomaten werden 13 maal 10 stuks in een koelcel bij 0.5°C gezet en 2 maal tien stuks direct op hun zuurgehalte onderzocht. Van de 13 maal 10 tomaten werden na respectievelijk 2, 3, 5 en 7 dagen, twee of vier monsters van tien uit de koelcel gehaald. De helft van deze monsters werd dan direct op hun zuurgehalte onderzocht, de andere helft pas na een verblijf van vijf dagen bij

TABEL 39.

Titratie-zuurheid van tomaten met lage-temperatuur-bederf bij 16° C, uitgedrukt in cm³ NaOH (0.1027 N) per 10 g sap.

Tijdstip van zuurbepaling	Na 15 dagen 0° C	15 dagen 0°; vervolgens	
		2 dagen 16°	5 dagen 16°
Kleur	glazig groen	glazig groen	glazig groen
	9.0	7.7	6.5
	9.1	8.0	6.9
	9.3	8.5	7.0
	10.2	8.8	7.3
	10.6	9.9	8.3
	10.6	10.1	9.2
	11.0	11.1	9.6
	11.3	11.1	9.8
	11.4	11.9	10.5
	11.4	—	10.6
Gem.	10.4±0.3	9.7 ± 0.5	8.1 ± 0.6

17° C. Na één dag 0.5° C werd één monster van 10 tomaten uit de koelcel gehaald en na vijf daaropvolgende dagen bij 17° C onderzocht. Het was beter geweest als voor ieder geval twee monsters hadden kunnen worden onderzocht, maar hiervoor waren niet genoeg tomaten te verkrijgen.

Voor de bepaling van het zuurgehalte van een monster diende de rasp-methode (§ 33).

De resultaten ziet men in tabel 40.

In de laatste kolom is aangegeven, hoeveel tomaten nog over waren van het monster, dat bij 17° C bewaard was geweest. De rest was met kleuren begonnen. In één geval zijn de resten van twee monsters tot een van 13 stuks vereenigd.

Het gaat nu in de eerste plaats om de vraag of in de ziek-gemaakte groene tomaten na terugkeer bij veilige

TABEL 40.

Titratiezuurheid van groene tomaten na een verschillend lang verblijf bij 0.5° C, uitgedrukt in cm^3 NaOH (1.0322 N) per 100 gr tomaat.

Aantal dagen bij 0.5° C	Titratiezuurheid bij terugkeer uit 0.5° C		Titratiezuurheid na vervolgens 5 dagen bij 17° C	Aantal tomaten in laatste monster
0	8.2	gem.	—	—
duplo	8.2	8.2		
1	—		10.8	7
2	8.3	gem.	7.9	8
duplo	8.3	8.3	7.9	9
3	9.8		7.5	7
5	9.4	gem.	7.0	13
duplo	9.9	9.7	—	—
7	9.7		7.2	6

temperatuur dezelfde stijging van het zuurgehalte is waar te nemen, als in de gezonde groene tomaten is vastgesteld. Daarvoor moeten we vergelijken de gemiddelde zuurheden direct na terugkomst uit de kou en na een zoo lang mogelijk verblijf daarna bij veilige temperatuur, waarbij de tomaten dan echter groen gebleven moeten zijn.

Uit de tabellen 37, 38 én 39 zet ik deze twee gemiddelden in tabel 41 nog eens bij elkaar. Tevens voeg ik hun verschillen erbij en de kans, dat deze verschillen reëel zijn.

Er is in geen van de drie gevallen een toename van de twee gemiddelden. In de plaats daarvan schijnt zelfs een geringe afname op te treden. Blijkens den ondersten regel in tabel 41 is de kans dat deze geringe afname reëel is nog betrekkelijk groot.

TABEL 41.

Gemiddelde titratiezuurheid na terugkeer uit de kou	16.6 ± 0.84	13.4 ± 0.75	10.4 ± 0.30
Verblijfduur daarna bij veilige temperatuur	7 dagen 18° C	4 dagen 19° C	5 dagen 16° C
Gemiddelde titratiezuurheid na verblijf bij veilige temperatuur	14.1 ± 0.46	11.2 ± 0.53	8.1 ± 0.62
Gemiddelde toename bij veilige temperatuur	—2.5 ± 1.0	—2.2 ± 0.92	—2.3 ± 0.7
Kans dat het gevonden verschil reëel is.....	99.39%	99.19%	99.94%

De hoofdzaak is overigens, dat de normale stijging van het zuurgehalte in de ziekgemaakte groene tomaten niet meer optreedt.

Een tweede vraag luidt, of deze invloed van de schadelijke koude pas optreedt na een inwerking van 4—7 dagen (toelaatbare inwerkingsduur) of ook reeds na een kortere inwerking. Daarvoor moeten we tabel 40 bekijken. Eén dag 0,5° C verhindert de tomaat blijkbaar niet om naderhand bij veilige temperatuur zijn normale stijging van het zuurgehalte te vertoonen. Na 2 dagen 0.5° C treedt zij niet meer op. Als de inwerking 3 of 5 dagen geduurd heeft, begint het er zelfs op te lijken, dat in de plaats van de normale stijging een daling is gekomen.

Merkwaardig in deze proef is de sterke betrekkelijke stijging, die het zuurgehalte bij 17° C na „1 dag 0,5° C, daarna 5 dagen 17° C" en gedurende het verblijf bij 0,5° C vertoont. Na „1 dag 0,5° C, daarna 5 dagen 17°C" bedraagt zij 31.7% van de beginzuurheid en na 3 dagen 0.5° C 18.3 % van de beginzuurheid. Van den 3en tot den 7en dag bij 0.5° C heeft geen verdere toename plaats. De stijging van de cijfers voor de zuurheid bij

lage temperatuur kan moeilijk aan toeval worden geweten, want de duplo's kloppen met elkaar. Die op den vijfden dag bij 0.5° C wijken weliswaar iets van elkaar af, maar daar staan de bepalingen op den 3en en den 7en dag naast. Evenmin kan zij aan de rasp-methode worden toegeschreven, want in § 34 is een proef vermeld, waarin met deze methode een soortgelijke stijging van slechts 6 % van de beginzuurheid is waargenomen. Neemt men echter in oogenschouw, dat de stijging bij 17° C in bovenstaande proef ook bijzonder hoog was, n.l. 31.7 % van de beginzuurheid in 5 dagen, dan ligt het eenigszins voor de hand om te denken dat deze groep tomaten in verhouding tot andere door de een of andere oorzaak bijzonder krachtig zuurvormend was.

Als besluit van deze paragraaf meen ik met zekerheid te mogen aannemen, dat de stijging van het zuurgehalte, zooals die in groene tomaten bij veilige temperatuur plaats heeft, achterwege blijft, wanneer de tomaten vooraf eenige dagen bij schadelijk lage temperatuur zijn geweest.

Een verblijf van één dag bij 0.5° C heeft geen kwaad gedaan, maar wanneer dit 2, 3 of meer dagen heeft geduurd, blijft de verhooging van het zuurgehalte al achterwege en naarmate de kou langer heeft ingewerkt, komt er met meer duidelijkheid een daling in de plaats van de stijging.

Op grond van uitwendig zichtbare symptomen van lage-temperatuur-bederf is de toelaatbare inwerkingsduur van temperaturen van 0 à + 2° C vroeger op 4 tot 7 dagen gesteld (§ 7). Aan den gang van het zuurgehalte is de schadelijke invloed van deze temperaturen dus al na een iets korteren tijd te bemerken.

§ 39. Methode voor de zuurbepaling bij de banaan.

Aansluitende op § 32 komen we nu tot de bepaling van het verloop van het zuurgehalte van bananen.

De banaan is arm aan sap. Daarom was bepaling van het zuurgehalte door titratie van perssap niet uitvoerbaar, en zijn de zuurbepalingen verricht door titratie van waterextracten van fijngehakt vruchtweefsel.

Filtratie van deze extracten bleek uiterst moeilijk. Ook wanneer afgezogen werd op een laagje grove asbestvezels (Seitz-theorit no. 2) liep na enkele minuten practisch niets meer door. Uitwasschen van het ten langen leste verkregen filtratie-residu was mogelijk door dit opnieuw, tesamen met het voor de filtratie gebruikte laagje asbest-vezels, in water te suspendeeren en het daarna op een nieuw laagje asbest af te zuigen. Het uitwasschen bood dan eenige keeren ongeveer dezelfde moeilijkheden als de eerste filtratie.

Daarom is nagegaan of wellicht kloppende duplo's verkregen konden worden, wanneer het extract zonder voorafgaande filtratie werd getitreerd.

Uit een partij groene bananen werden twee uiterlijk overeenkomstige monsters van zes vruchten uitgezocht. Van iedere banaan werd 20 g fijngehakt vruchtmoes met aanzittende schil 30 minuten met 200 cm^3 gedestilleerd water gekookt. Daarna werd met $^1/_{10}$ N loog getitreerd. Volgens onderstaand resultaat klopten de duplo-monsters.

TABEL 42.
Zuurgehalte van tweemaal zes bananen, uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.0972 N) per 20 g weefsel.

4.1	4.1
4.3	4.2
4.3	4.4
4.8	4.8
5.0	4.9
5.7	5.8
Gem. 4.7 ± 0.24	Gem. 4.7 ± 0.26

De gemiddelden van de twee overeenkomstige monsters bananen zijn aan elkaar gelijk en de middelbare afwijkingen zijn ook practisch even groot.

Zonder filtratie van het waterextract kunnen dus blijkbaar bruikbare resultaten worden verkregen. Daarom zijn bij de hierna beschreven bepalingen de waterextracten steeds zonder voorafgaande filtratie getitreerd.

Dat de extractieduur van 30 minuten niet te lang of te kort was, blijkt uit de volgende cijfers. Van twee groene bananen werd van ieder 3 × 20 g weefsel genomen (vruchtmoes en aanzittende schil). Van iedere banaan werden deze drie porties resp. 20, 30 en 40 minuten gekookt.

TABEL 43.

Extractieduur	Aantal cm^3 NaOH (0.0972 N) gebruikt bij titratie	
	1e banaan	2e banaan
20 min.	6.3	6.9
30 „	6.5	6.8
40 „	6.3	6.8

Dat de extractie van de bananen met kokend water geen belangrijke verschillen geeft t.o.v. extractie met koud water, blijkt uit de tabellen 44 en 45.

Voor het vaststellen van den gang van het zuurgehalte onder verschillende omstandigheden zijn bij de hierna te vermelden bepalingen vruchtmoes en schil van de vruchten afzonderlijk onderzocht, omdat volgens § 9 een verschil bestaat tusschen de vatbaarheid van deze twee deelen voor lage-temperatuur-bederf.

Bij vruchtmoes was de gevolgde methode aldus:

De banaan werd geschild — de geschilde vrucht werd in de lengte doorgesneden — een van de helften werd

TABEL 44.

Titratiezuurheid in cm^3 NaOH (0.0963 N) per 20 g weefsel. Gele bananen, schil en vruchtmoes aaneen, 20 g in 200 cm^3 water.

30 minuten gekookt, methode als boven beschreven.	Tot koken verhit, afgekoeld onder de kraan, met 3 cm^3 totuol 72 uren laten staan.
8.5	8.4
7.2	7.5
9.5	9.0
9.0	8.9
Gem. 8.55	Gem. 8.45

TABEL 45.

Titratiezuurheid in cm^3 NaOH (0.0963 N) per 20 g weefsel. Groene bananen; schil en vruchtmoes apart; 20 g in 200 cm^3 water.

30 min. gekookt, methode als boven beschreven.		Tot koken verhit, afgekoeld onder de kraan, met 3 cm^3 totuol 72 uren laten staan.	
Schil	Vruchtmoes	Schil	Vruchtmoes
2.6	8.1	2.8	7.8
3.0	8.0	2.9	7.8
3.4	8.2	3.3	8.0
Gem. 3.0	8.1	3.0	7.87

op een houten tafel met een mes in dunne dwarse schijfjes gehakt — hiervan werd 20 g in een tevoren getareerde erlenmeyer van 300 cm^3 afgewogen — daarna werd 200 cm^3 gedestilleerd water toegevoegd — vervolgens werd een half uur gekookt — het extract werd

zonder filtratie getitreerd met NaOH ($^1/_{10}$ N) tegen phenolphtaleïne als indicator.

Bij het toepassen van de methode bij de schil werd zoo gehandeld, dat van groene bananen de schil werd afgesneden en vervolgens fijngehakt, van gele bananen werd de schil afgetrokken.

Hoewel de hier toegepaste methode dus weer een globale is, zal uit de verkregen uitkomsten blijken, dat zij voor het hier gestelde doel (het vaststellen van den algemeenen gang van het zuurgehalte) goed bruikbaar is.

Bij bananen is het mogelijk vrij homogeen materiaal uit te zoeken door vruchten uit het midden van één bos te nemen. Aan den top van een bos zijn de vruchten wat klein en aan de basis wat groot. In overeenstemming daarmee zijn de topvruchten minder rijp dan de basisvruchten. Daartusschen zijn zij echter vrij gelijkmatig. Voor de meeste proeven waren de vruchten uit het midden van één bos niet voldoende, maar moesten zij van meerdere bossen worden genomen. Daardoor kwam er vaak toch weer wat meer variatie in het materiaal. Over het algemeen is deze echter minder geweest dan bij de tomaat.

Om de spreiding in de afzonderlijke titratieuitkomsten tengevolge van wisselende fouten in de methode en natuurlijke variaties in het bananenmateriaal in het oog te kunnen houden, is de middelbare afwijking weer vermeld.

In bijna alle gevallen zijn zes bananen per geval onderzocht. Soms echter slechts drie.

§ 40. Verloop zuurgehalte van de banaan bij schadelijk-lage temperatuur.

De eerstvolgende vraag luidt:

Hoe reageert het verloop van het zuurgehalte van de banaan op een verblijf bij schadelijk-lage temperatuur?

Voor het verkrijgen van een antwoord op deze vraag,

zijn eerst ongeveer zeventig groene bananen in een cel van + 2° C geplaatst. Van zes bananen van dezelfde partij werd het zuurgehalte direct bepaald, van de bij lage temperatuur gezette partij werden achtereenvolgens na 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 13, 15 en 20 dagen monsters van zes stuks te voorschijn gehaald en op hun zuurgehalte onderzocht. In deze proef werden vruchtmoes en schil niet apart behandeld. De resultaten volgen hieronder.

TABEL 46.

Verloop van het zuurgehalte van groene bananen bij + 2° C, uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.0972 N) per 20 g weefsel (vruchtmoes en aanzittende schil)

aantal dagen bij + 2° C	0	2	3	4	6	7	8	9	13	15	20
	6.4	6.6	5.7	5.8	4.6	4.2	3.2	3.1	4.3	3.2	2.7
	6.4	5.1	5.0	5.2	4.8	3.4	3.1	3.4	4.4	2.8	2.9
	6.0	5.5	4.8	4.5	4.8	4.4	3.3	3.3	2.9	3.7	4.0
	6.7	5.0	4.1	4.3	3.6	3.2	—	3.3	3.1	2.6	2.9
	4.7	5.4	4.3	4.1	4.2	3.1	3.1	3.0	3.0	3.3	2.9
	6.2	5.6	4,3	4.0	3.5	3.1	3.1	3.3	3.1	2.8	3.0
Gemiddeld	6.1 ±0.3	5.5 ±0.2	4.7 ±0.2	4.6 ±0.3	4.2 ±0.2	3.2 ±0.2	3.2 ±0.1	3.2 ±0.1	3.4 ±0.3	3.1 ±0.2	3.1 ±0.2

Gedurende de eerste dagen begint al een daling van het zuurgehalte op te treden, die na een week weer ophoudt. Dan blijft het zuurgehalte verder ongeveer gelijk.

De volgende proef met groene bananen is op dezelfde wijze opgezet als de eerste, met dit verschil, dat nu vruchtmoes en schil apart onderzocht zijn. Het resultaat was als in tabel 47 is aangegeven.

In het vruchtmoes treedt in de eerste paar dagen weer een duidelijke daling van het zuurgehalte op, die zich verder nog een klein weinig schijnt voort te zetten. In de schil is geen daling waar te nemen. Om nader te toetsen of de schil van groene bananen in dit opzicht werke-

TABEL 47.

Verloop zuurgehalte van vruchtmoes en van schil van groene bananen bij + 2° C, uitgedrukt in cm³ NaOH (0.0972 N) per 20 g vruchtmoes en per 20 g schil.

Aantal dagen + 2° C	0	2	3	4	6	7	10	14
Vruchtmoes	7.3	5.3	5.0	4.9	4.7	5.1	4.6	4.4
	7.6	5.4	5.0	5.0	4.8	5.1	5.1	4.5
	8.0	5.5	5.1	5.0	5.1	5.2	5.1	4.6
	— *)	5.6	5.1	5.3	6.1	5.2	5.2	4.9
	—	6.2	5.2	5.3	6.2	5.2	5.4	5.1
	—	6.7	6.3	5.9	6.7	5.2	5.4	5.4
Gemiddeld	7.6 ± 0.2	5.8 ± 0.2	5.3 ± 0.2	5.2 ± 0.2	5.6 ± 0.3	5.2 ± 0.03	5.1 ± 0.1	4.8 ± 0.2
Schil	3.3	3.1	2.7	3.0	2.9	3.2	2.8	2.7
	3.6	3.3	2.7	3.3	3.0	3.2	3.0	2.8
	3.7	3.3	3.3	3.4	3.2	3.3	3.0	3.1
	— *)	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.3
	—	3.7	3.4	3.5	3.7	3.3	3.3	3.5
	—	4.1	5.3	4.3	4.4	3.6	3.5	3.8
Gemiddeld	3.5 ± 0.1	3.5 ± 0.2	3.2 ± 0.2	3.5 ± 0.2	3.4 ± 0.2	3.3 ± 0.06	3.1 ± 0.1	3.2 ± 0.2

*) Slechts drie bepalingen gedaan.

lijk een verschil met het vruchtmoes vertoont, zijn nog twee proeven met de schil van groene bananen genomen.

Voor ieder van de twee proeven waren de bananen nu afkomstig uit het middengedeelte van één bos.

Een cel met de temperatuur van + 2° C was ditmaal niet beschikbaar, maar wel een van 0° C. Aangezien de reactie van bananen op + 2° C en 0° C geen belangrijk verschil vertoont, zijn de bananen van deze twee proeven bij 0° C geplaatst.

De resultaten waren als volgt. (tabel 48).

In de eerste plaats is nu in beide groepen een geringe daling in het zuurgehalte waar te nemen. Op de tweede dag bij 0° C is het respectievelijk gedaald:

0.6 ± 0.15 en 0.5 ± 0.15

TABEL 48.

Verloop zuurgehalte van de schil van groene bananen bij 0° C, uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.963 N) per 20 g schil.

Aantal dagen 0° C	0	2	4	6
Eerste proef	3.4	2.8	2.7	2.2
	3.5	2.9	2.7	2.6
	3.5	3.0	2.8	2.6
	3.6	3.1	2.8	2.7
	3.6	3.2	3.0	2.7
	4.0	3.2	3.0	2.9
Gemiddeld	3.6 ± 0.1	3.0 ± 0.1	2.8 ± 0.1	2.6 ± 0.1
Tweede proef	2.8	2.3	2.2	2.0
	2.8	2.3	2.2	2.1
	3.0	2.4	2.4	2.3
	3.1	2.7	2.4	2.3
	3.1	3.0	2.5	2.5
	3.6	3.0	2.6	2.6
Gemiddeld	3.1 ± 0.1	2.6 ± 0.1	2.4±0.1	2.3 ± 0.1

De kans, dat deze verschillen reëel zijn is voor beide proeven grooter dan 99.98 %. Aangezien de daling zich verder voortzet, mag wel worden aangenomen, dat ook in de schil van de groene bananen het zuurgehalte daalt onder invloed van lage temperatuur.

In de tweede plaats is waar te nemen, dat nu de middelbare fouten van de uitkomsten kleiner zijn dan in de vorige proef. Het bananenmateriaal is hier dus minder variabel dan daar. Daar de waargenomen daling verder slechts klein is, kan misschien de grootere variatie in het materiaal van de vorige proef de oorzaak zijn, dat daar geen daling kon worden waargenomen.

De volgende proef betreft gele bananen. De opzet was weer als bij de proeven met groene bananen, zoodat volstaan kan worden met vermelding van de verkregen uitkomsten (tabel 49).

TABEL 49.

Verloop zuurgehalte van vruchtmoes en van schil van gele bananen bij + 2° C, uitgedrukt in cm³ NaOH (0.0972 N) per 20 g vruchtmoes en per 20 g schil.

Aantal dagen +2° C	0	1	4	6	8	13
Vruchtmoes	10.4	8.5	7.2	6.3	5.2	7.0
	10.9	9.0	7.5	6.9	7.0	7.0
	11.7	9.1	7.6	7.1	7.3	7.5
	— **)	9.2	7.8	7.2	7.6	— **)
	—	9.3	8.0	7.2	7.8	—
	—	9.5	8.2	7.5	8.5	—
Gemiddeld	11.0 ± 0.4	9.1 ± 0.1	7.7 ± 0.2	7.0 ± 0.2	7.2 ± 0.5	7.2 ± 0.2
Schil	7.0	6.1	4.5	3.8	4.2	4.0
	7.3	6.5	5.1	4.0	4.8	4.3
	7.8	6.9	5.1	4.7	5.1	4.3
	— **)	7.3	5.3	5.5	5.2	— **)
	—	— *)	5.7	6.0	5.8	—
	—	—	6.5	— *)	6.1	—
Gemiddeld	7.4 ± 0.2	6.7 ± 0.3	5.4 ± 0.3	4.8 ± 0.4	5.2 ± 0.3	4.2 ± 0.02

*) Bepalingen verloren gegaan.

**) Slechts drie bepalingen gedaan.

Het zuurgehalte van gele bananen blijkt, zoowel in de schil als in het vruchtmoes, hooger te zijn dan van groene. De reactie op de lage temperatuur is echter een overeenkomstige, want in beide deelen van de vrucht heeft een daling van het zuurgehalte plaats, die na verloop van eenige dagen ophoudt of althans minder wordt. Volgens de middelbare fouten is er in sommige van de monsters bananen vrij veel variatie. Toch is deze niet zoo groot dat het vaststellen van de daling van het zuurgehalte er onzeker door wordt.

§ 41. Vergelijking van het verloop van het zuurgehalte bij veilige temperatuur van gezonde en van zieke bananen.

We komen nu tot de vraag, hoe het zuurgehalte ver-

loopt in gezonde bananen, die bij veilige temperatuur narijpen en hoe het bij veilige temperatuur verloopt in bananen, die van tevoren lage-temperatuur-bederf hebben opgedaan.

In § 40 is al gebleken, dat in gele bananen, zoowel in de schil als in het vruchtmoes een hooger zuurgehalte voorkomt dan in groene.

Nu moet worden nagegaan, in welk rijpheidsstadium deze verhooging optreedt. Daartoe is het verloop van het zuurgehalte nagegaan van een partijtje bij kamertemperatuur narijpende bananen. Kamertemperatuur was in dit geval ongeveer 18° C, met een daling gedurende den nacht van ongeveer 1° C. De temperatuur bleef zoo betrekkelijk constant, doordat gewerkt werd in een keldervertrek.

Behalve „na 9 dagen" en „na 15 dagen" is in deze proef met slechts drie bananen per monster gewerkt, omdat een zuurtoename zooals hier optreedt, daarmee voldoende duidelijk vast te stellen is.

De resultaten volgen in tabel 50.

Tegelijk met het week-worden van de bananen worden zij geel en treedt meteen de verhooging van het zuurgehalte op. Wanneer zij overrijp worden daalt het zuurgehalte weer.

Nu komen wij tot de vraag of een voorafgaand verblijf bij lage temperatuur den gang van het zuurgehalte van bij veilige temperatuur narijpende bananen al of niet verandert.

Drie proeven geven hierop antwoord.

In de eerste (*a*) werd de reactie van het zuurgehalte van het vruchtmoes nagegaan, in de tweede en derde (*b* en *c*) die van het zuurgehalte in de schil.

a. Een groote partij bananen werd in een cel van 2° C geplaatst. Na 6 dagen, na 9 dagen, na 14 dagen, na 20 dagen, na 23 dagen, na 28 dagen en na 34 dagen werden iedere keer 18 bananen uit de cel van + 2 °C

TABEL 50.

Verloop zuurgehalte van vruchtmoes en van schil gedurende de narijping van groene bananen bij kamertemperatuur in cm^3 NaOH (0.0972 N) per 20 g vruchtmoes en per 20 g schil

Aantal dagen kamertemp.	1	3	4	6	7	9	15	21
Vruchtmoes	7.3 7.6 8.0	7.5 7.9 7.9	6.8 7.9 8.4	6.5 8.3 9.4	9.8 10.8 10.8	10.3 11.3 11.5 12.4 12.6 13.1	7.8 8.0 8.0 8.1 9.0 9.5	7.2 7.3 7.5
Gemiddeld ..	7.6 ± 0.2	7.8 ± 0.2	7.7 ± 0.5	8.1 ± 0.9	10.5 ± 0.4	11.9 ± 0.4	8.4 ± 0.3	7.3 ± 0.1
Schil	3.3 3.6 3.7	3.6 3.8 4.0	3.6 3.7 4.5	3.4 4.0 4.1	5.2 5.3 7.2	5.3 6.1 6.1 6.3 9.4	3.3 4.2 4.3 4.7 5.1 5.5	3.1 3.7 4.4
Gemiddeld ..	3.5 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.9 ± 0.3	3.8 ± 0.3	5.9 ± 0.7	6.6 ± 0.7	4.5 ± 0.3	3.7 ± 0.4
Kleur en rijpheid	groen	groen plus iets geel	groen plus iets geel	geel plus iets groen	totaal geel; eetrijp	geel; rijp; niet overrijp; eenige narijpingsvlekjes	iets overrijp, vrij veel narijpings-vlekjes	overrijp

gehaald. Daarvan werden dan steeds 6 direct op het zuurgehalte van hun vruchtmoes onderzocht en 12 bij 20° C geplaatst. Zoodra een begin van narijping (eenige geelkleuring of bij reeds geheel zwart geworden bananen eenige zachtwording) optrad, werden weer 6 vruchten op het zuurgehalte van hun vruchtmoes onder-

zocht en tenslotte werd, zoodra de volle rijpheid tot stand gekomen was, van het vruchtmoes van de laatste 6 bananen het zuurgehalte vastgesteld.

Van de laatste twee groepen bananen was het derde zestal na het verblijf bij 20° C zoodanig door schimmels aangetast, dat het zuurgehalte van hun vruchtmoes niet meer kon worden nagegaan.

De gevonden uitkomsten ziet men in tabel 51.

De vermelde cijfers voor de zuurgehaltes zijn gemiddelden van de bepalingen bij zes aparte bananen, uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.1 N) per 20 g vruchtmoes. Ter besparing van plaatsruimte zijn de zes afzonderlijke waarden, waaruit een gemiddelde is berekend, weggelaten. De middelbare afwijkingen van de gemiddelden zijn echter vermeld, om een maatstaf te hebben voor de spreiding van de afzonderlijke bepalingen.

In de tabel ziet men, dat de monsters die 6, 9, 14 of 20 dagen bij + 2° C zijn geweest alle naderhand bij 20° C nog een zuurgehalte bereiken als equivalent is met ruim 10 cm^3 $^1/_{10}$ N loog. Voor sommige monsters ziet men dit in de tweede kolom, voor andere in de derde.

Het monster, dat 23 dagen bij + 2° C is geweest, was na een verblijf van zes dagen bij 20° C nog niet eetrijp en kon dus nog niet zijn hoogste zuurgehalte bezitten. Er begon toen echter een geringe schimmelaantasting van het vruchtmoes op te treden. Daarom kon niet langer worden gewacht. De 20 g weefsel van iedere vrucht, die voor de zuurbepalingen noodig waren, werden op zoo groot mogelijken afstand van de aangetaste plekken genomen. Het was mogelijk, om tusschen de plaats, waar de 20 g genomen werden en die, waar een schimmelaantasting was, steeds ten minste 5 cm ruimte te laten.

Daar dit monster bij het doen van de bepalingen dus nog niet eetrijp was, kan de stijging tot 9.2 op dit moment als normaal worden beschouwd.

TABEL 51. Verloop van de titratiezuurheid van vruchtmoes-extract van de banaan na een toenemenden verblijfsduur bij schadelijk-lage temperatuur.

1e Titratie Direct uit + 2° C			2e Titratie Na verblijf in + 20° C			3e Titratie Na verblijf in + 20° C		
Aantal dg. in + 2° C	Toestand van de bananen	Titratie-zuurheid in cm³NaOH $\frac{N}{10}$	Aantal dag. in + 20° C	Toestand van de bananen	Titratie-zuurheid in cm³NaOH $\frac{N}{10}$	Aantal dag. in + 20° C	Toestand van de bananen	Titratie-zuurheid in cm³NaOH $\frac{N}{10}$
6	groen met bruine vlekken	5.6 ± 0.1	3	gelig-groen; vruchtmoes eetbaar	10.1 ± 0.2	7	kl. geel met bruine vl.; vruchtmoes goed eetrijp, niet overrijp.	7.8 ± 0.4
9	gelig-groen met bruine vlekken	6.5 ± 0.2	4	groenig-geel; vruchtmoes eetbaar	10.5 ± 0.3	6	kl. groenig-geel; vruchtmoes zacht, bijna overrijp.	9.7 ± 0.1
14	groote bruine vlekken	5.5 ± 0.2	3	gelig-groen; groote bruingrijze vlekken; vruchtmoes al iets zacht; op de grens van eetbaarheid	10.4 ± 0.2	7	kl. grootendeles bruin; rest groenig geel; vruchtmoes zacht, bijna overrijp	9.0 ± 0.2
20	bijna geh. bruin	6.7 ± 0.1	—	——	—	7	kl. bijna geh. bruin, kleine plekjes groen, groenig-geel of geelachtig; vruchtmoes weinig zacht, eetbaar, maar nog geen smaak	10.2 ± 0.4
23	geheel bruin; geen schimmel	5.3 ± 0.2	4	schil bijna geh. br. nog kl. stukjes groen, geel-groen of geelachtig; vruchtmoes hard; schil aftrekbaar; schimmel-aantasting.	8.8 ± 0.4	6	geh. bruin; vruchtmoes iets zachter, nog niet rijpzacht; schimmelaant. ook van de vruchtmoes	9.2 ± 0.5
28	geheel bruin; geen schimmel	5.4 ± 0.3	5	geheel bruin; vruchtmoes iets zachter; nog niet rijpzacht; schimmel-aantasting ook van de vruchtmoes	9.1 ± 0.7	—	——	—
34	kleine kopjes schimmel op de schil	5.8 ± 0.3	4	ongeveer als boven	6.4 ± 0.4	—	——	—

Wat hier gezegd is, geldt ook voor de bananen, die 28 dagen bij + 2° C zijn geweest.

De bananen, die 34 dagen bij + 2° C zijn geweest, vertoonden reeds bij verplaatsing van deze temperatuur naar 20° C schimmel op de schil. Na 4 dagen 20° C was van het vruchtmoes van iedere banaan nauwelijks nog 20 g. gezond weefsel over. Of in deze 4 dagen een stijging van het zuurgehalte plaats gehad heeft, is niet met zekerheid uit te maken. Rijp waren de vruchten ook nog niet.

Het resultaat van deze proef is, dat het zuurgehalte van het vruchtmoes, ondanks de volkomen bruinkleuring van de schil, en tot op het moment dat de schil al zoo verzwakt is, dat hij het vruchtmoes niet meer tegen schimmelaantasting kan beschermen, nog steeds, tegelijk met de zachtwording van het vruchtmoes, zijn normale stijging vertoont.

b. Voor de schil scheen het resultaat aanvankelijk in overeenstemming te zijn met dat, wat voor de tomaat verkregen werd.

Een aantal groene bananen werd in een cel van 0° C geplaatst en na een verblijf aldaar van 18 dagen bij kamertemperatuur (± 18° C) gelegd. Hun zuurgehalte werd bepaald vlak voordat zij in de cel gingen, direct nadat zij eruit kwamen en vervolgens nog drie maal met tusschentijden van een paar dagen. De resultaten zijn in tabel 52 bijeengebracht. Per geval werden 6 bananen onderzocht. Alleen de gemiddelden van de zes bepalingen zijn weergegeven, echter weer met de middelbare afwijkingen ter beoordeeling van de spreiding van de afzonderlijke waarden.

Tegelijk met het zacht worden van het vruchtmoes behoort het zuurgehalte van de schil normaliter te stijgen. Aan bovenstaande cijfers ziet men echter, dat er sedert het terugkomen bij veilige temperatuur een geleidelijk doorgaande daling vastgesteld kan worden, die ook bij het zacht worden van het vruchtmoes aanhoudt.

TABEL 52.

Tijdstip	Toestand	Gem. titratiezuurheid in cm^3 NaOH (0.1027 N) per 20 g schil
Voor het plaatsen bij 0° C	schil frischgroen	3.7 ± 0.07
Na 18 dagen 0° C	schil geheel donkerbruin	2.7 ± 0.05
Na vervolgens 2 dagen kamertemperatuur	schil als boven; vruchtmoes nog hard	2.2 ± 0.08
Na nog eens 2 dagen kamertemperatuur	schil als boven; vruchtmoes nog hard	1.9 ± 0.02
Na nog eens 3 dagen kamertemperatuur	schil als boven, maar broos en brokkelig; vrij veel schimmel; vruchtmoes zacht.	1.6 ± 0.08

De volgende stap bestond in het nagaan van een eventueel verband tusschen het optreden van verschijnselen van lage-temperatuur-bederf en den veranderden gang van het zuurgehalte. Hierbij bleek, dat zulk een verband niet bestaat. Zelfs na een verblijf van negen dagen bij 0° C is de schil nog in staat zijn zuurgehalte na terugkeer bij veilige temperatuur te verhoogen, en dit ondanks de ontwikkeling van een zeer abnormale kleur. Schimmelaantasting kwam op de onderzochte bananen nog niet voor.

De cijfers der waarnemingen zijn weergegeven in tabel 53. Men vindt weer alleen de gemiddelden met hun middelbare afwijkingen.

De algemeene conclusie uit bovenvermelde waarnemingen is, dat het vermogen tot normale verhooging van het zuurgehalte gedurende den kleurovergang van een banaan, noch in de schil, noch in het vruchtmoes door het optreden van lage-temperatuur-bederf teloor

TABEL 53.

Verloop van de titratiezuurheid van de schil van de banaan na een toenemenden verblijfsduur bij schadelijk-lage temperatuur.

1e Titratie Direct uit 0° C.			2e Titratie Na verblijf bij 16° C.		
Aantal dagen bij 0° C	Toestand van de schil na verblijf bij 0° C	Zuurheid in cm³ NaOH (0.1027 N)	Aantal dagen bij 16°	Toestand van de schil na het verblijf bij 16° C	Zuurheid in cm³ NaOH (0.1027 N)
2	groen	4.2 ± 0.13	8	groenig-geel	5.8 ± 0.28
3	,,	4.0 ± 0.14	8	,, ,,	5.2 ± 0.43
5	iets bruin	3.2 ± 0.04	14	grauw-groenig-geel	6.7 ± 0.17
6	bruin	2.6 ± 0.08	13	grauw-bruingeel	7.0 ± 0.15
7	,,	2.6 ± 0.15	14	id. met zwarte plekken	7.1 ± 0.18
9	,,	2.3 ± 0.06	13	id. met id.	6.8 ± 0.11

gaat. In het vruchtmoes gaat dit vermogen pas verloren wanneer de schil zoo verzwakt is, dat hij het vruchtmoes niet meer kan beschermen en dit te gronde gaat door schimmelaantasting, voordat het kans heeft om na te rijpen. In de schil gaat het vermogen tot verhooging van het zuurgehalte al eerder verloren; maar toch pas wanneer hij zoo door de kou beschadigd is, dat hij meer dood dan levend is.

§ 42. Oorsprong van de zuurtoename in de banaan en in de tomaat.

De vraag rijst nu, waardoor het vermogen tot normale verhooging van het zuurgehalte in een tomaat wel tegelijk met het optreden van lage-temperatuur-bederf geschaad wordt, en waardoor dit in een banaan niet zoo is.

Onderstaande proeven maken waarschijnlijk, dat dit komt, doordat de oorsprong van de verhooging van het zuurgehalte in de twee vruchten een verschillende is.

Hierbij bleek n.l., dat wanneer het waterig extract van de schil of het vruchtmoes van groene bananen met

zuur gekookt werd, een verhooging van het zuurgehalte ontstond, terwijl deze behandeling van het waterig extract van schil of vruchtmoes van gele bananen geen verhooging van het zuurgehalte tengevolge had.

Het koken met zuur van sap van versch geplukte groene tomaten had geen verhooging van het zuurgehalte tengevolge.

Voor bananen werd de proef als volgt uitgevoerd. 150 g. bananenweefsel werd een half uur met 500 cm^3 water gekookt. Het aldus verkregen extract werd door glaswol ruw gefiltreerd. Uit het filtraat werden 3 porties van 100 cm^3 genomen. Eén portie werd direct kokend met lakmoes als indicator getitreerd, een tweede portie eveneens, maar na toevoeging van 5 cm^3 H_2SO_4 (0.9600 N) en de derde portie, nadat hij 6 uren met 5 cm^3 H_2SO_4 (0.9600 N) onder een terugvloeikoeler gekookt was. Phenolphtaleïne was als indicator niet bruikbaar, omdat het extract gedurende het koken onder den terugvloeikoeler een roode kleur aannam. De grootte van het verschil tusschen de titratiezuurheid van de tweede en de derde portie geeft aan of er door hydrolyse met H_2SO_4 zuur vrij is gekomen en van welke orde de hoeveelheid hiervan is. Het eindpunt van de drie titraties werd zoo bepaald, dat de drie oplossingen eerst zoo nauwkeurig mogelijk op dezelfde kleur van het lakmoes in de vloeistof werden getitreerd. Vervolgens werd het definitieve eindpunt vastgesteld door met een zeer dun staafje van glas kleine druppeltjes van de drie oplossingen naast elkaar op een neutraal lakmoespapiertje te strijken. Zeer kleine kleurnuances waren aldus vast te stellen.

De resultaten waren als volgt:

In het vruchtmoes en in de schil van groene bananen is blijkbaar gebonden zuur aanwezig, dat door hydrolyse vrij te maken is. In vruchtmoes en schil van gele bananen is dit door hydrolyse vrij te maken zuur niet meer aanwezig.

TABEL 54.

Titratiezuurheid waterig extract van bananen voor en na het koken met zuur. Uitgedrukt in cm^3 NaOH (0.0977 N)

		Vruchtmoes van		Schil van	
		groene bananen	gele bananen	groene bananen	gele bananen
No. 1	100 cm^3 waterig extract	4.9	6.25	4.4	6.85
No. 2	id. + 5 cm^3 H_2SO_4 (0.9600 N)	53.2	54.2	52.5	55.10
No. 3	als no. 2, maar 6 uur gekookt	57.2	54.1	54.5	55.15
Toename door koken met H_2SO_4		+ 4.0	— 0.1	+ 2.0	— 0.05

Bij de tomaat werd als volgt te werk gegaan:

Eenige versch geplukte groene tomaten werden geperst. Het perssap werd even opgekookt om colloidale stoffen uit te vlokken, waardoor tomatensap gewoonlijk mooi helder te maken is. Na bezinking van de troebele stoffen werd gedecanteerd en gefiltreerd door brillant theorit asbest (van Seitz). Van dit gefiltreerd sap werden zes porties van 25 cm^3 ieder genomen en ieder gemengd met 25 cm^3 water. Twee porties werden direct getitreerd, twee andere na toevoeging van 5 cm^3 H_2SO_4 (0.9600 N) en de twee overblijvende na toevoeging van 5 cm^3 H_2SO_4 (0.9600 N) en zes uren koken onder een terugvloeikoeler. Als indicator diende phenolphtaleïne.

De gevonden titratiewaarden waren als volgt:

TABEL 55.

		Titratiezuurheid in cm^3 NaOH (0.0995 N)		
No. 1	25 cm^3 sap	23.2	23.2	gem. 23.2
No. 2	25 cm^3 sap en 5 cm^3 H_2SO_4 (0.9600 N).....	70.9	71.2	„ 71.05
No. 3	als no. 2, maar 6 uren gekookt	70.7	70.9	„ 70.8
	Toename door koken met zuur			— 0.25

Door het koken is het zuurgehalte van het sap niet grooter geworden.

§ 43. Samenvatting van de in hoofdstuk IV verkregen resultaten.

Het verloop van het zuurgehalte reageert bij de tomaat op een andere wijze op schadelijk-lage temperatuur dan bij de banaan.

In een gezonde groene tomaat vertoont de gang van het zuurgehalte bij veilige temperatuur een stijging tot op het moment, dat de kleur gaat veranderen. Deze stijging wordt gevolgd door een scherpe daling tijdens den kleurovergang. (§§ 35, 36, 37).

Door een verblijf van enkele dagen bij schadelijk-lage temperatuur blijft daarna de normale stijging van het zuurgehalte bij veilige temperatuur geheel achterwege. Wanneer dit verblijf langer is geweest dan een dag of vijf, begint het er, na terugkeer bij veilige temperatuur, zelfs meer en meer op te lijken, dat in de plaats van een stijging een geringe daling van het zuurgehalte optreedt (§ 38).

In schil en vruchtmoes van de banaan vertoont het zuurgehalte in tegenstelling met dat in de tomaat, juist bij het optreden van den kleurovergang een vrij sterke stijging. Het daalt weer bij het overrijp worden van de vrucht (§ 41).

Wanneer groene bananen bij schadelijk-lage temperatuur worden geplaatst, treedt in de eerste dagen van het verblijf bij deze temperatuur een daling van het zuurgehalte op (§ 40). Na terugkeer van de banaan uit schadelijk-lage temperatuur vertoont zich bij het rijp worden echter weer de normale stijging van het zuurgehalte (§ 41).

Bij de tomaat wordt door de inwerking van schadelijk-lage temperatuur in het verloop van het zuurgehalte dus een irreversibele verandering aangebracht. Bij de banaan niet.

Nu zijn de waargenomen stijgingen in deze twee vruchten niet zonder meer met elkaar te vergelijken, want zij ontstaan in verschillende physiologische stadia. Bij den tomaat *vóór* den kleurovergang, bij de banaan *in* den kleurovergang.

Bij den kleurovergang heeft in de banaan, volgens literatuur-gegevens, een sterke zetmeelhydrolyse plaats. Dit kan tot de gedachte leiden, dat ook de verhooging van het zuurgehalte bij den kleurovergang door eenvoudige hydrolyse ontstaan zou kunnen zijn. Deze gedachte vindt steun in de waarneming, dat in water-extract van schil of vruchtmoes van groene bananen door koken met verdund zwavelzuur zuur vrijkomt, maar in dat van schil of vruchtmoes van gele bananen niet (§ 42).

In het sap van groene tomaten is door koken met verdund zwavelzuur geen zuur vrij te maken (§ 42).

De verschillende reactie van het verloop van het zuurgehalte bij tomaten en bananen op lage temperatuur vindt haar waarschijnlijke verklaring dus in een verschillende ontstaanswijze van de zuurtoename in de twee vruchten.

HOOFDSTUK V.

BESPREKING VAN DE VERKREGEN RESULTATEN.

§ 44. Verband tusschen de resultaten van de hoofdstukken III en IV.

In § 21 is opgemerkt, dat het ademquotient van een vrucht onder zeker voorbehoud kan worden opgevat als een indicator voor het materiaal, dat in de cellen wordt verademd.

We kunnen nu eens nagaan, in hoeverre met deze opvatting een mogelijk verband te leggen is tusschen den gang van het zuurgehalte en den gang van de gaswisseling van tomaten en van bananen.

Volgens deze opvatting moet bij een toenemend zuurgehalte het ademquotient kleiner dan één zijn, omdat voor de oxydatieve vorming van de organische zuren uit suiker, of uit een stof, die even zuurstofrijk of zuurstofarmer is dan suiker, meer zuurstof moet worden opgenomen dan koolzuur wordt afgegeven. Bij een afnemend zuurgehalte moet het ademquotient grooter zijn dan één, omdat dan het omgekeerde gebeurt. En bij een constant blijvend zuurgehalte moet het gelijk aan één zijn[1]), omdat verondersteld wordt, dat dan alleen de normale suikerverademing plaats heeft.

Behalve bij twee uitzonderingen, blijkt dit in alle hier voorgekomen gevallen werkelijk zoo te zijn.

1. In groene tomaten bij veilige temperatuur stijgt

---

[1]) Dit geldt alleen voor zuren die zuurstofrijker zijn dan suiker, zooals wijnsteenzuur, citroenzuur, appelzuur en barnsteenzuur. Het zuurgehalte van de tomaat bestaat in hoofdzaak uit deze organische zuren.

het zuurgehalte. Tegelijkertijd is het ademquotient kleiner dan één.

2. Wanneer tomaten bij een temperatuur, waarbij ze vlot na kunnen rijpen (b.v. 20° C) in de phase van den kleurovergang van groen over geel naar rood komen, daalt hun zuurgehalte, stijgt hun koolzuurafgifte en wordt hun ademquotient grooter dan één.

3. In groene tomaten bij schadelijk-lage temperatuur blijft de normale stijging van het zuurgehalte na een geringe stijging in het begin achterwege. Het ademquotient, dat bij schadelijk-lage temperatuur begint met kleiner dan één te zijn, wordt na eenige dagen gelijk aan één.

4. Wanneer groene tomaten bij schadelijk-lage temperatuur ziek zijn gemaakt en zij komen daarna bij veilige temperatuur terug, dan vertoont hun zuurgehalte een zeer langzame daling. Tegelijkertijd is hun ademquotient ongeveer gelijk aan één of een klein weinig hooger (0.9 à 1.2).

5. Wanneer groene tomaten bij schadelijk-lage temperatuur ziek zijn gemaakt en zij vertoonen na hun terugkeer bij veilige temperatuur hun min of meer gebrekkige roodkleuring, dan blijft het ademquotient bijna gelijk aan de waarde daarvan bij de lage temperatuur en de gewone toename van de koolzuur-afgifte blijft grootendeels achterwege. In de plaats van de gewone plotselinge afname van het zuurgehalte na de toename in de groene phase treedt een geleidelijke daling vanaf de terugkomst bij veilige temperatuur op.

6. In overrijpe bananen daalt het zuurgehalte. Tegelijkertijd is het ademquotient grooter dan één.

Afwijkingen vertoonen alleen de beide volgende gevallen:

7. In bananen, die in de phase van kleurovergang van groen naar geel verkeeren, stijgt het zuurgehalte, maar blijft het ademquotient zijn oorspronkelijke waarde be-

houden. Hierop past bovenvermelde voorstelling bij eerste beschouwing niet. Hij past echter wel, wanneer we de in § 42 vermelde ervaring in rekening brengen, n.l., dat de toename van het zuur waarschijnlijk niet in de oxydatie-processen nieuw ontstaat, maar door hydrolyse van een stof, waarin het zuur tevoren al gebonden aanwezig was.

8. In groene bananen vertoont het zuurgehalte, na plaatsing bij schadelijk-lage temperatuur, een daling. Het ademquotient echter blijft zooals het was, n.l. kleiner dan één. Dit is niet in overeenstemming met bovenvermelde voorstelling, die bij dalend zuurgehalte een ademquotient verwacht grooter dan één. Geval 7 bewijst echter, dat er een complicatie in het spel kan zijn. Daarom is er uit geval 8 niets af te leiden, zoolang niet bekend is, of de daling bij lage temperatuur al of niet het gevolg zou kunnen zijn van vastlegging van zuur in de een of andere hydrolyseerbare verbinding.

In de eerste zes gevallen laat zich met bovenvermelde voorstelling op ongedwongen wijze een kwalitatief verband leggen tusschen den gang van het zuurgehalte en den gang van de gaswisseling. In het zevende geval eveneens, mits in rekening wordt gebracht, dat de toename van het zuurgehalte bij den kleurovergang in de banaan waarschijnlijk door hydrolyse ontstaat. Het achtste geval behoeft voor verklaring nog onderzoek.

§ 45. Physiologische symptomen van lage-temperatuur-bederf.

De bedoeling van het hier vermelde onderzoek was, om na te gaan, of het lage-temperatuur-bederf zich al of niet zou uiten in een verandering van de ademhaling (§ 5). Daartoe zijn vervolgd:

de koolzuurafgifte,
het ademquotient,
de titratiezuurheid,

en wel:

van vruchten bij lage temperatuur,

van gezonde vruchten bij een gunstige narijpingstemperatuur,

van vruchten bij een gunstige narijpingstemperatuur, nadat zij tevoren bij lage temperatuur ziek waren gemaakt.

Voor de banaan kwam in dit schema van onderzoek niets aan het licht, dat op een schadelijke verandering van de normale ademhaling zou kunnen wijzen. (§ 15, § 18, § 24, § 27). Evenmin trad een irreversibele verandering in den gang van het zuurgehalte op. (§§ 40 en 41).

Voor de tomaat werden de volgende physiologische symptomen van lage-temperatuur-bederf vastgesteld.

a. het grootendeels wegblijven van den top in de koolzuurafgifte bij de kleurverandering (§ 17), gepaard gaande met het grootendeels wegblijven van de normale verhooging van het ademquotient op dit tijdstip.

b. het naderen van het ademquotient van groene tomaten tot de waarde één of het gelijk zijn aan één, (§ 23, § 26);

c. het wegblijven van de zuurtoename in groene tomaten (§§ 35—38).

Volgens § 44 zijn de symptomen *b* en *c* uit elkaar te verklaren. Zij wijzen derhalve niet op een verandering in de normale suikerverademing, maar op een verandering in de stofwisseling van de organische zuren.

Symptoom *a* kan eveneens voor een deel op een verandering in de stofwisseling van de organische zuren terug te voeren zijn (zie § 44, gevallen 2 en 5). Echter niet geheel, want de organische zuren, die in de tomaat voorkomen, zijn in hoofdzaak wijnsteenzuur, appelzuur en citroenzuur. Bij totale oxydatie van wijnsteenzuur ontstaat een „ademquotient" van 1.6. Bij de twee andere zuren is het nog lager. De oxydatie van deze zuren kan dus nooit ten volle een waarde van 2 à 3 voor het adem-

quotient tijdens den kleurovergang van gezonde tomaten verklaren.

Er moet iets anders naast gebeuren. Misschien is dit de vorming van reuk- en smaakstoffen, die het optreden van de phase van eetrijpheid bij een vrucht vergezellen. Inderdaad blijven bij den gebrekkigen kleurovergang van tomaten met lage-temperatuur-bederf zoowel de plotselinge verlaging van het zuurgehalte als de vorming van smaak- en geurstoffen, zooals in gezonde tomaten, grootendeels achterwege.

Symptoom *a* schijnt in ieder geval niet het gevolg te zijn van een verandering in de normale suiker-verademing, maar van het wegblijven van een of meer processen, die in een gezonde tomaat tijdens zijn kleurovergang naast de gewone suikerverademing plaats hebben.

Bij geen van de twee onderzochte vruchten zijn dus aanwijzingen gevonden voor het ontstaan van een schadelijke verandering in de normale suikerverademing.

In verband met symptoom *a* volgen nog eenige beschouwingen in § 46.

§ 46. Beschouwingen in verband met symptoom a.

In de jaarrapporten van de Engelsche Food Investigation Board is door K i d d & W e s t vastgelegd, dat appels gedurende hun ontwikkeling in den zomer een voortdurend dalende koolzuurkromme te zien geven. Omstreeks den tijd, dat de appels gaan narijpen, komt er in dit verloop echter tijdelijk een verhooging te voorschijn. Deze is door de onderzoekers aangeduid met den naam „*climacteric*".

De „climacteric" kan lang na den pluk van de vruchten optreden, kort na den pluk, of zelfs voor den pluk. Hij kan bij 12° C stijgen tot een koolzuurafgifte van ruim 70 cm^3 CO_2 per kg appels per uur of slechts tot 45 cm^3 CO_2 per kg appels per uur. Zijn vorm kan hoog en smal zijn, maar hij kan ook nauwelijks uit het beloop van de

koolzuurkromme te voorschijn treden. Hij kan aan den voorkant stijl en aan den achterkant flauwdalend zijn of omgekeerd; en hij kan ook aan beide kanten flauw dalend of aan beide kanten stijl zijn.

De vorm van de „climacteric" is dus zeer variabel.

Of er verband is tusschen het optreden van den „climacteric" en den kleurovergang van den appel wordt in de eerste artikelen over dit onderwerp niet besproken, maar K i d d zegt in zijn voordracht voor de Royal Institution of Great Britain op 9 November 1934 (45): „The climacteric marks, as I have said, the beginning of senescence and broadly the beginning of the development of odour and flavour and the beginning of yellowing."

En in een particulier schrijven van 2 December 1935 deelde Dr. W e s t mij mede: „With regard to the relation between the climacteric in apples and the yellowing of the fruit, we have evidence that the yelllowing of the fruit is initiated about the time the rise begins, but it would be incorrect to state that the apple was always yellow at the peak of the climacteric rise."

In hun studies komen de twee onderzoekers tot de conclusie, dat het ontstaan van de „climateric" niet kan worden teruggebracht tot een concentratie-toename van suiker of ander adem-materiaal, en zij werpen de hypothese op, dat hij het gevolg zal zijn van een verandering in den colloidalen toestand van den protoplast (43).

K i d d heeft in zijn bovengenoemde voordracht verder de mogelijkheid geopperd, dat deze verandering het gevolg zou kunnen zijn van het dalen van de zuurheid van het celvocht beneden een critische grens. In het jaarrapport van de Food Investigation Board voor 1934, p 132. twijfelen K i d d & W e s t er echter weer aan, of dit wel de goede verklaring kan zijn. Dit doen zij o.a. op grond van de waarneming van G a n e (22) dat „the acidity of the pulp of bananas rises during the climacteric."

De appel en de banaan zijn in dit opzicht echter niet te vergelijken, want in de appel (Bramley's Seedling) is het zetmeel al lang voor het optreden van de „climacteric" verdwenen, terwijl de toename in de koolzuurafgifte tijdens den kleurovergang van de banaan juist samenvalt met het begin van de zetmeelafbraak. Bij de banaan kan men de toename van de koolzuurafgifte dus wel in betrekking brengen tot een toename van beschikbaar adem-materiaal.

Misschien is de „climacteric" van de tomaat meer van hetzelfde karakter als die van den appel.

In verband met de hypothese van Kidd & West, dat de „climacteric" bij den appel het gevolg zal zijn van een verandering in de structuur van den protoplast, is het interessant, dat Millardet (52), G. en F. Tobler (82) en Duggar (18) hebben waargenomen, dat met den kleurovergang in de tomaat inderdaad een structuurverandering van den protoplast samengaat.

De „climacteric" is een verschijnsel, dat niet tot vruchten alleen is beperkt. Zoo nam Blackman (10) waar, dat geplukte bladeren van Prunus Lauro-Cerasus en van Tropaeolum een afnemende koolzuurafgifte vertoonden tot op het moment, dat zij geel werden. Tegelijk met de kleurverandering van groen in geel verscheen in de kromme voor de koolzuur-afgifte echter een top, waarna de daling zich voortzette. Hetzelfde werd voor geplukte bladeren van Prunus Lauro-Cerasus vastgesteld door Godwin & Bishop (23). Zij konden dezen kleuringstop niet herleiden tot een toename van het beschikbare ademmateriaal en opperden ook reeds de hypothese, dat de oorzaak zou moeten liggen in een verandering in de structuur van den protoplast.

Samenvattende blijkt dus, dat de tijdelijke verhooging van de koolzuurafgifte tijdens den kleurovergang niet alleen bij tomaten voorkomt, maar dat hij ook bij appels en bij sommige bladeren is vastgesteld. Verder, dat men

hiervoor geen chemische oorzaak heeft kunnen aanwijzen en derhalve tot de hypothese van een physische verandering in den protoplast als oorzaak is gekomen.

Wanneer wij deze hypothese, mede in verband met de waarnemingen van Millardet, G. en F. Tobler en Duggar, voor de tomaat als werkhypothese zouden willen overnemen, dan zou dit meebrengen, dat wij zouden moeten nagaan, of het in § 45 genoemde symptoom *a* op het uitblijven van de veronderstelde colloid-chemische verandering van den protoplast te herleiden zou zijn.

§ 47. Beschouwingen in verband met de symptomen b en c.

Tenslotte kom ik dan nog tot eenige korte beschouwingen in verband met de in § 45 genoemde symptomen *b* en *c*.

Het zuur, dat in gezonde groene tomaten de stijging van het zuurgehalte veroorzaakt, ontstaat niet door eenvoudige hydrolyse (§ 42). Wel is het volgens het gedrag van het ademquotient aannemelijk, dat voor zijn vorming een oxydatie met vrije zuurstof noodig is.

De zuren, die in de groene tomaat voorkomen, zijn in hoofdzaak wijnsteenzuur, citroenzuur en appelzuur. Vorming van deze zuren door directe oxydatie van suiker is niet bekend. Wel kent men de vorming van citroenzuur bij de eiwitstofwisseling van Cytromyces glaber en Aspergillus niger (9, 13, 47, 83) en de vorming van barnsteenzuur uit glutaminezuur gedurende de alkoholische gisting (19).

Men zou dus kunnen denken aan een geleidelijke hydrolyse van eiwitten in groene tomaten (in het stadium waarin zij onderzocht zijn) met een daaropvolgende desamineering van de ontstane aminozuren tot organische zuren. Deze ontstaanswijze is voor wijnsteenzuur, citroenzuur en barnsteenzuur in planten echter nog

niet vastgesteld. Wel ontstaan in Begonia semperflorens en in Rheum hybridum volgens Ruhland en Wetzel aldus appelzuur en oxaalzuur (69, 70, 71).

Een verder perspectief ontstaat, wanneer men in dit verband denkt aan waarnemingen als van Hille Ris Lambers (37) en van Arisz (3).

Hille Ris Lambers onderzocht den invloed van de temperatuur op de protoplasmastrooming in cellen en spruiten van Characeeën. Tusschen ongeveer 15° C en ongeveer 35° C bleek de stroomsnelheid practisch evenredig met de temperatuur te zijn. Beneden ongeveer 15° C ondervond de stroomsnelheid echter door temperatuur-verlaging een toenemende vertraging. Bij + 2 à + 3° C stond de strooming volkomen stil. Hille Ris Lambers tracht deze verschijnselen te verklaren door aan te nemen, dat beneden 14 à 15° C een aggregatie van plasmadeeltjes plaats heeft, die bij de lagere temperaturen tot gelatineering en zelfs tot syneresis zal leiden. Hij neemt aan, dat boven 14 à 15° C geen aggregatie van plasmadeeltjes meer optreedt, en dat het daardoor komt, dat de snelheid van de protoplasmastrooming hier met de temperatuur practisch evenredig kan toenemen.

Aan de publicatie van Arisz over de sol- en geltoestand van gelatine-oplossingen ontleen ik, dat een oplossing, die minder dan ½ % gelatine bevat bij alle temperaturen vloeibaar is. Oplossingen, die geconcentreerder zijn, zijn bij hooge temperaturen eveneens een sol, doch bij lage een gel. De temperatuur, waarbij de oplossing overgaat van den soltoestand in den geltoestand, ligt hooger, naarmate de oplossing geconcentreerder is. Voor een oplossing van ½ % is deze temperatuur 10° C; voor een oplossing van 5 % is hij 30° C.

Als parallel uit de literatuur van het lage-temperatuurbederf zou men hier naast kunnen plaatsen de ervaring, dat stikstofrijke [= protoplasmarijke (2)] appels vat-

baarder voor de ziekte zijn, dan stikstofarme, dus, dat hun gehalte aan protoplasma mede hun vatbaarheid voor de ziekte bepaalt. Het is dus denkbaar, dat gelatineering van den protoplast een rol speelt bij het optreden van de ziekte.

Men zou langs dezen weg tot de werkhypothese kunnen komen, dat de symptomen *b* en *c*, evenals symptoom *a*, mogelijkerwijze te herleiden zouden zijn tot een irreversibele colloidchemische verandering in den protoplast, waarbij men dan in de eerste plaats zou moeten bewijzen, dat de normale verhooging van het zuurgehalte in groene tomaten aan de eiwitstofwisseling ontspringt en in de tweede plaats dat bij schadelijk-lage temperatuur een verstoring van dit proces plaats zou vinden, b.v. tengevolge van gelatineering van de betrokken eiwitten, gevolgd door syneresis. Voor meer literatuur over deze hypothese moge ik naar B ě l e h r á d e k (8) verwijzen.

SUMMARY IN ENGLISH.

1. An investigation has been made into the physiological symptoms of chilling, in tomatoes and in bananas, especially in connection with respiration.
2. For a pathological change of normal sugar respiration no evidence was found.
3. The „climacteric" (see: Kidd & West, 43) in carbon dioxide production of normal tomatoes is accompanied by a R.Q. (respiration quotient) > 1. When chilled green tomatoes are afterripened at a good ripening temperature (20° C) the climacteric is much reduced and is accompanied by a R.Q. of about 1.
4. The R.Q. of normal green tomatoes is 0,6 to 0,7. When the fruits are cooled down to 0° C, the R.Q. after some days is about 1. When the chilled fruits are returned to a normal ripening temperature, the R.Q. does not get its normal value, but remains 1, or increases up to 1,2.
5. In normal green tomatoes the acid content is increasing till the moment of colour changing. Then it is falling rapidly. After being chilled, green tomatoes do not show an increasing acid content, but instead of it a gradual decreasing one.
6. The symptom of the reduced climacteric is partially attributed to the changed acid metabolism. The symptom, mentioned under 4, is thought to be a direct consequence of the changed acid metabolism.
7. With bananes it is only the peel that is being chilled by low temperatures. In the pulp no symptoms of chilling could be detected.
8. No pathological changes could be found in the course of carbon dioxide production, R.Q., or acidity of chilled bananas.

9. The climacteric in carbon dioxide production of bananas is not accompanied by a change in the respiratory quotient; it is accompanied by an increasing acid content.
10. The origin of the incresse in acidity of colouring bananas is attributed to a process of hydrolysis, the increase in green tomatoes to an oxidation process.
11. I/N of green tomatoes and bananas was about 0.7. When the fruits were put at 5—6° C this value in some weeks increased to 1,3—1,4; after return to 13° C the chilled fruits got a value for I/N of 0,7 again.
12. The viscosity hypothesis for the cause of chilling is discussed in connection with the determined physiological symptoms of chilling in tomatoes.

LITERATUUR.

1. ADAM, Cold storage of fruit, *J. Dep. Agr. Victoria 22*, 577, 1924.
2. ARCHBOLD, Chem. Studies in the physiology of apples, *Ann. of Bot. 46*, 407, 1932.
3. ARISZ, Sol- en geltoestand van gelatine-oplossingen, Diss. Utrecht, 1914.
4. BANGA, De bewaareigenschappen van tuinbouwproducten, L.E.B.-fonds. 1933.
5. BARKER, Cold storage trials with tomatoes, Rep. F.I.B. for 1927, p. 43.
6. — Wastage in fruit commerce, Rep. F.I.B. for 1927, p. 39.
7. BECKER, Gemüsebau, 2e druk.
8. BĚLEHRÀDEK, Temperature and living matter, *Protopl. Monogr. 8*, 1935.
9. BERNHAUER, Vergl. Stud. Säurebildung Pilzen, *Bioch. Z. 197*, 278, 1928.
10. BLACKMAN, Report of Brit. Ass. Adv. of Sc. 1908, p. 884.
11. BOSWELL, Maryland Agr. Exp. Stat., bull. 258, 1923.
12. BOYSEN-JENSEN, Det Kgl. Danske Videnskab. Selskab. *Biol. Medd. 4*, 1, 1923.
13. BUTKEVICH, Ueber die Säurebildung bei Pilzen, *Bioch. Z. 182*, 99.
14. CALKIUS, Storage of Bananas, Refrigeration, Dec. 1924, p. 41.
15. COLLINS, A low temp. type of albinism in barley, *J. Hered., 18*, 331, 1927.
16. DASH, Banana investigations, *Trop. Agr. 3*, 167, 1926.
17. DIEHL, The chilling of tomatoes, U.S. Dep. Agr., Dep. circ. 315, 1924.
18. DUGGAR, Lycopersicin enz., Wash. Un. Studies, Serie IV, *1*, 22, 1913.
19. EHRLICH, Ueber die Entstehung der Bernst. s. enz., *Bioch. Z., 18*, 391, 1909.
20. v. EULER, KARRER, v. KRAUSS & WALKER. Zur Bioch. der Tomatenfarbstoffe, *Helv. chim. Acta 14*, 154, 1931.
21. FARIS, Cold chlorosis of sugar cane, *Phyt. 16*, 885, 1926.
22. GANE, The acidity and sugar-content of bananas Rep. F.I.B. for 1934, p. 132.
23. GODWIN & BISHOP, The behaviour of the cyanogenetic glucocides of cherry laurel during starvation. *New Phytologist 26*, no. 5, 1927.
24. GORE, Changes compos. peel and pulp bananas, *J. Agr. Res. 3*, 187, 1914.
25. GUSTAFSON, Chem. anal. of tomato fruits. *Papers of the Mich. Ac. of Sc. Arts and Letters 8*, 121, 1927.
26. — Growth studies on fruits, enz. *Plant Phys. 4*, 349, 1929.
27. — Intramol. respiration of tomato fruits. *Amer. J. Bot. 17*, 1011, 1930.
28. — Prod. of alcohol and acetaldehyde by tomatoes, *Plant Phys. 9*, 259, 1934.
29. HARDING, Resp. stud. of Grimes apples enz., Proc. Am. Soc. Hort. Sc. 1929, p. 319.

30. HARTSHORN, ...ripening processes of bananas, *Plant. Phys. 6*, 467, 1931.
31. HARVEY, Hardening process in plants enz., *J. Agr. Res. 15*, 83, 1918.
32. HASSELBRING & HAWKINS, Physiol. changes, enz. *J. Agr. Res. 3*, 331, 1915.
33. HAYNES, The change in the acid content of stored apples enz. *Ann. of Bot. 39*, 76, 1925.
34. — and Archbold, chem. changes in apples. *Ann. of Bot. 42*, 965, 1928.
35. HENRICKSON, A prel. rep. on pineapple shipping problems, Agr. Ext. Notes publ. by PortoRico Agr. Exp. St., no 55, 1923.
36. — An exper. in shipping Citrus fruit, id. No. 57, 1923.
37. HILLE RIS LAMBERS, Temperatuur en protoplasmastrooming, Diss. Utrecht, 1926.
38. HULME, The metabolism of nitrogen by apple fruits, enz. Rep. F. I. B. for 1934, p. 135.
39. KIDD, WEST and ARCHBOLD, A correlation between amount of protoplasmic nitrogen and respir. activity. Rep. F. I. B. f. 1924, p. 35.
40. KIDD and WEST, A relation between the respir. activity and the keeping quality of apples. Rep. F. I. B. f. 1925—1926, p. 37.
41. — and —, The influence of soil enz. Rep. F. I. B. f. 1927, p. 27.
42. KIDD, ONSLOW and KIDD, Bioch. study of senescence in apples. Rep. F.I.B. f. 1929, p. 44.
43. KIDD and WEST, Changes in the respiratory activity of apples during their senescence at diff. temp. *Proc. Roy. Soc. B*, 106, 93, 1930.
44. — and —, Reports F. I. B. f. 1931, p. 124, f. 1933, p. 57, f. 1934, p. 117.
45. KIDD, The respiration of fruits. Roy. Inst. of Gr. Brit. Weekly Evening Meeting, Friday, Nov. 9, 1934.
46. KIDD and WEST, The effect of ammonia enz. Rep. F. I. B. f. 1934, p. 130.
47. KOSTYTSCHEW und TSCHENESNOKOV, Bildung Zitr.s. enz. *Planta 4*, 181, 1927.
48. KÜSTER, Krit. Studien enz. *Z. f. anorg. Chem. 13*, 127, 1897.
49. LIDFORSS, Die wintergrüne Flora, enz. *Bot. Centr.bl, 110*, 291, 1909.
50. MARCARELLI, La produzione risicola enz. *Intern. Rev. Sci. and Pract. Agr.* (Rome), 9, 539, 1918.
51. MC CLELLAND and TILLER, Flesh collapse of apples, *via* F. I. B. Spec. Bull. 23, 1925.
52. MILLARDET, Note sur une substance colorante enz. *Bot. Ztg.* 1876, p. 733.
53. MOLISCH, Das Erfrieren von Pflanzen, enz. *Sitz. b.K. Akad. Wiss. Wien; Math. Naturw. Cl., Abt. I, 105*, 82, 95, 1896.
54. MULDER en SPRENGER, Proeven met het bewaren van tomaten bij lage temperatuur. Med. Lab. Tuinb. Pl. T. no. 16, 1932.
55. MÜLLER-THURGAU, Ueber Zuckeranhaüfung enz. Landw. Jahrb. 11, 751, 1882.
56. NELSON, Storage and transp. diseases of veg. due to suboxidation. Mich. State Coll. Agr. Exp. Sta., Techn. bull. 81, 1926.

57. NELSON, Some storage and transp. diseases of Citrus fruits apparently due to suboxidation. *J. Agr. Res.*, *46*, 695, 1933.
58. OLNEY, Temp. and respir. of ripening bananas. *Bot. Gaz. 82*, 415, 1926.
59. OVERHOLSER, WINKLER and JACOB, Factors infl. the dev. of internal browning enz. Agr. Exp. St. Berkeley, bull. 370, 1923.
60. PLAGGE and MANEY, Soggy breakdown enz. Agr. Exp. St. Iowa, Res. bull., 115, 1928.
61. PLAGGE, A study of soggy breakdown. Proc. Am. Soc. Hort. Sc. 1929, p. 315.
62. —, Do successive applic. of nitrogenous fert. enz. Proc. Am. Soc. Hort. Sc. 1930, p. 23.
63. —, and GERHARDT, Acidity changes enz. Iowa Agr. Exp. St. Res. bull. 131, 1930.
64. PRINSEN GEERLIGS, Snelle verandering in samenstelling van eenige tropische vruchten enz. Versl. Kon. Ak. Wet. A'dam, 30 Mei 1908.
65. REYNOLDS, The story of the banana. Publ. by Un Fr. Co. 1922, via Minnestota. Agr. Exp. Sta. bull. 247, 1928.
66. TEN RODENGATE MARISSEN, Bijz. Plantenteelt, Bouwland III, 3e druk, 1925.
67. ROSA, Ripening of tomatoes. Proc. Am. Soc. Hort. Sc., 1925, p. 315.
68. — Ripening and storage of tomatoes. Proc. Am. Soc. Hort. Sc. 1926, p. 233.
69. RUHLAND und WETZEL, Zur Physiol. der organ. Sären in grünen Pflanzen I. *Planta 1*, 558, 1926.
70. — und —, Id. III, Id. *3*, 7651, 1927.
71. — und —, Id. V, Id, *7*, 503, 1929.
72. SACK, Het zwart worden van bacovenschillen. Insp. v. d. Landb. in W.-Indie. Bull. 13, Sept. 1908, p. 30.
73. SARTORIS, Low temp. injury to stored sugar cane. *J. Agr. Res. 38*, 195, 1929.
74. SCHAFFNIT, Studien ü. d. Einfl. niederer Temp. enz. Mitt. Kaiser Wilhelm-Inst. f. Landw. *3*, 93, 1910.
75. SCHUNCK, The xantophyll group enz. *Proc. Roy. Soc.*, *72*, 165, 1903.
76. SCURTI et PAVARINO, Sulle alterazione biochimiche che le banane enz. Giorn. di. Ch. Ind. ed Applic. Mrt. 1933, p. 136.
77. SELLSCHOP and SALMON, The infl. of chilling enz. *J. Agr. Res. 37*, 315, 1928.
78. STRATTON and v. LOESECKE, Changes in osmot. pressure enz. *Plant Phys. 6*, 361, 1931.
79. THOMSON, PUTTERILL and HOBSON, Investigations on export citrus fruit enz. Union S. Africa Dep. Agr. bull. 2, 1922.
79a. THORNTON, Carbon dioxide of fruits, enz. *Industr. and Engin. Chemistry 22*, 1186, 1930.
80. TILLMANS and HEUBLEIN, Ueber die Titration enz. *Z. f. anorg. Ch. 24*, 874, 1911.

81. TOBLER und TOBLER, Ueber den Vorgäng der Carotinbildung bei der Fruchtreife. *Ber. d. d. bot. Ges. 28*, 499, 1910.
82. — und —, Zur Bildung des Lycopins enz. Id. *30*, 33, 1912.
83. VIRTANEN et PULKKI. *Ann. Acad. Sci. Fennicae* (A), *33*, 1, 1930, *via Chem. Abstr. 25*, 4299.
84. DE VRIES (HUGO), De invloed der temperatuur op de levensverschijnselen der planten. Diss. A'dam, 1870.
85. WARDER, Treadwell's Lehrbuch der Anal. Chemie II, p. 486 (1927).
86. WARDLAW and MC GUIRE, Transport and storage of bananas enz. Empire Marketing Board, Rep. no. 45, 1931.
87. WILLSTÄTTER und ESCHER, Ueber den Farbstoff der Tomate. *Z. f. phys. Chem.*, *64*, 47, 1910.
88. WILSON, Ueber Atmung der Pflanzen. *Flora 90*, 93, 1882.
89. WINKLER, Ausgewählte Untersuchungsverfahren für das chem. Laboratorium. 1931, p. 25—31.
90. WRIGHT, PENTZER, WHITEMAN and ROSE, Effect of various temp. on the storage and ripening of tomatoes. U. S. Dep. Agr., Techn. Bull. 268, 1931.