P U B L I K A T I E 323

KIEMREMMING BIJ BEWARING VAN KONSUMPTIE-AARDAPPELEN

Ing. N. Buitelaar

INSTITUUT VOOR BEWARING EN VERWERKING VAN LANDBOUWPRODUKTEN - IBVL
Bornsesteeg 59 - Postbus 18 - 6700 AA WAGENINGEN

augustus 1979

277445

I N L E I D I N G

Een belangrijk aspekt van de bewaring van konsumptie-aardappelen is het onderdrukken van de kieming. Gekiemde aardappelen hebben zowel voor de teler/eigenaar als voor de konsument/verwerker verschillende nadelen, zoals grotere gewichtsverliezen en het slapper worden van de aardappelen. Slappe aardappelen laten zich minder gemakkelijk schillen en bij de frites- en chips-industrie ondervindt men moeilijkheden bij het snijden van deze aardappelen tot staafjes en schijfjes. Bovendien zijn dergelijke aardappelen gevoeliger voor beschadigingen en voor het optreden van blauw.

O N D E R D R U K K E N V A N K I E M I N G

Er zijn diverse methoden en middelen om kieming tegen te gaan, en wel :

A. Temperatuurregeling.
B. Chemische middelen.
C. Bestraling.

A. TEMPERATUURREGELING

Een natuurlijke eigenschap van aardappelen is dat ze bij temperaturen beneden $4^{o}C$ niet kiemen. In de moderne luchtgekoelde bewaarplaatsen werd het uitlopen van de knollen dan ook aanvankelijk door koeling voorkomen. De aardappeltemperatuur in luchtgekoelde bewaarplaatsen kan bij een juiste bediening overeenkomen met de dagelijkse minimum-buitentemperatuur (1).

Om na te gaan gedurende welke periode van het jaar de dagelijkse minimum-temperatuur beneden $4^{o}C$ ligt, is afbeelding 1 samengesteld. Het hiervoor benodigde cijfermateriaal is ontleend aan de maandelijkse overzichten van de weersgesteldheid van het KNMI. Van de vijf hoofstations - De Kooy (NH), Eelde, De Bilt, Vlissingen en Beek (ZL) - werden de normalen van de dagelijkse gemiddelde en de dagelijkse minimum-temperatuur over het standaardtijdvak 1931-1960 gemiddeld.

Tussen begin november en half april ligt de gemiddelde minimum-temperatuur in ons land (volgens afbeelding 1) beneden $4^{o}C$.

Met het hanteren van een juist ventilatieprogramma moet het dus in goed geisoleerde luchtgekoelde bewaarplaatsen mogelijk zijn aardappelen tot half april kiemvrij te houden.

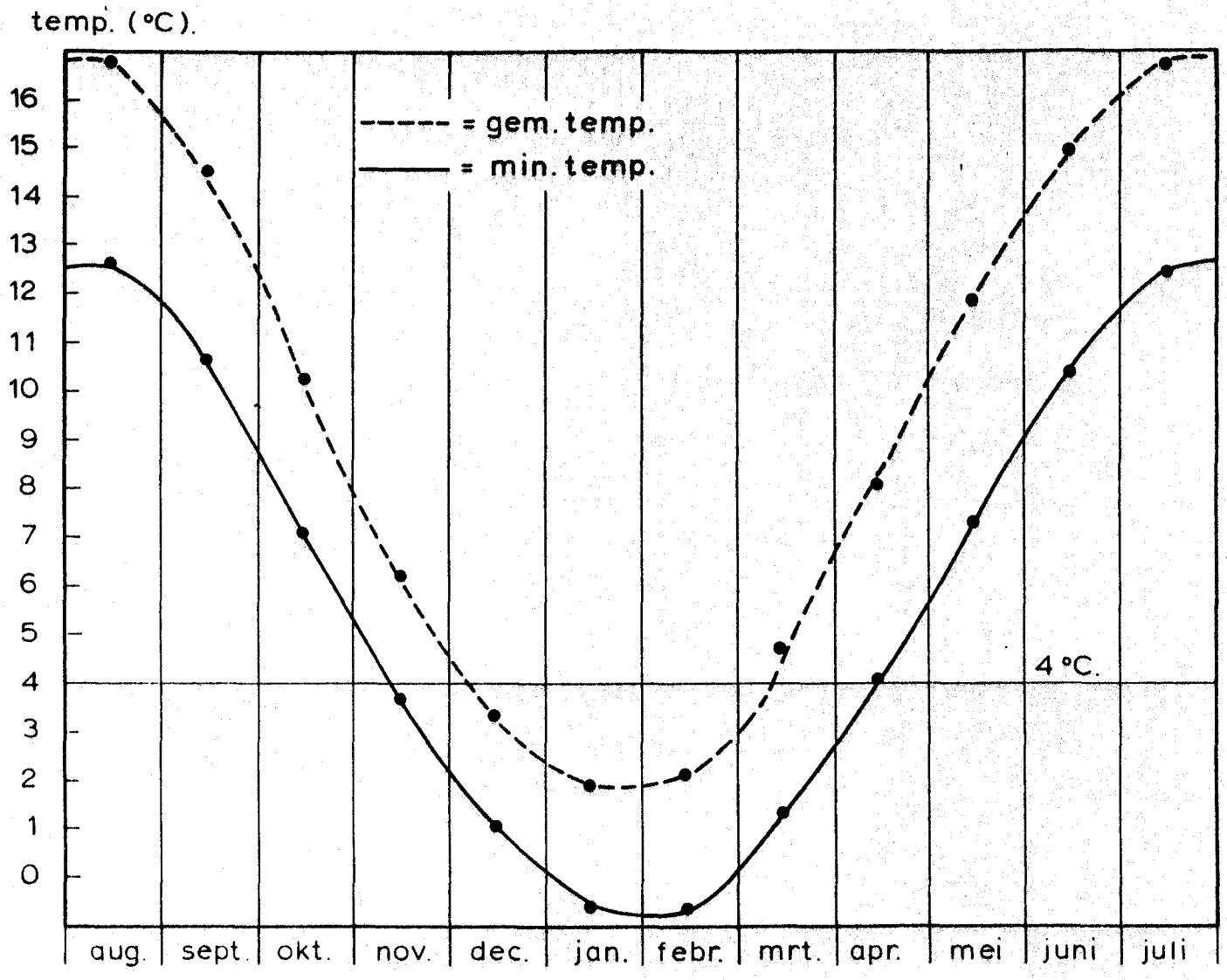
Milieutechnisch gezien is koude bewaring een aantrekkelijke methode.
Er zijn echter ook verschillende nadelen te noemen :

- Ophoping van reducerende suikers; de geschiktheid van dergelijke "zoete" aardappelen voor de bereiding van chips en pommes frites neemt i.v.m. bruinverkleuring hiervan af of wordt zelfs nihil.
- De gewenste lage temperatuur kan slechts tot half april met buitenluchtkoeling worden bereikt. Bij langere bewaring zal gebruik gemaakt moeten worden van mechanische koeling, hetgeen een stuk duurder is.
- Het ventileren vraagt veel meer aandacht.
- Na het opwarmen van de aardappelen voor de aflevering zullen ze spoedig gaan kiemen.

Gelet op de uiteindelijke bestemming van de aardappelen worden thans de volgende bewaartemperaturen geadviseerd :

- konsumptie-aardappelen : $4\text{-}7^{o}C$
- aardappelen voor de frites- en droogindustrie : $5\text{-}8^{o}C$
- aardappelen voor de chipsindustrie : $7\text{-}12^{o}C$.

Deze bewaartemperaturen maken het gebruik van andere kiemremmingsmiddelen of -methoden noodzakelijk.



Afb. 1: Gemiddelde maandtemperatuur van vijf hoofdstations van het KNMI in Nederland (Standaardtijdvak 1931-1960).

B. CHEMISCHE MIDDELEN

De keus aan chemische kiemremmingsmiddelen in ons land is beperkt. Voor praktische en betrouwbare toepassing komen alleen IPC en/of CIPC (resp. Isopropyl-N-phenyl-carbamaat en Isopropyl-N-(3-N-chloorphenyl)-carbamaat)-houdende middelen in aanmerking; IPC en CIPC worden ook wel profam resp. chloorprofam genoemd.

Er wordt in deze publikatie niet ingegaan op andere kiemremmende of kiemdodende middelen, zoals bijv. Maleine Hydrazide (MH) of Nonylalcohol (Nonanol), waarvan het gebruik in ons land voor aardappelen niet is toegestaan.

De IPC- en/of CIPC-bevattende middelen hebben in de praktijk bewezen zeer doeltreffend te zijn en een lange werkingsduur te hebben, ook bij hogere temperaturen (bijv. 7-10°C).

Het gebruik van kiemremmingsmiddelen is sinds 1965 wettelijk geregeld. Het residugehalte van deze middelen mocht aanvankelijk maximaal 0,5 mg per kg geschilde aardappelen oftewel 0,5 ppm (= parts pro million) bedragen. Later is dit gewijzigd in 5 mg/kg gewassen, niet-geschilde aardappelen (= 5 ppm).

Aardappelen, die voor december voor konsumptiedoeleinden worden afgeleverd, moeten niet worden behandeld. Ook dienen aardappelen onder normale omstandigheden niet binnen enige weken na behandeling in de handel te worden gebracht. De profam- en/of chloorprofammiddelen kunnen worden onderverdeeld in poedervormige en vloeibare middelen.

P o e d e r v o r m i g e m i d d e l e n

Volgens een overeenkomst tussen onze volksgezondheidsautoriteiten en fabrikanten van kiemremmingsmiddelen mogen de voor grootverbruik bestemde poedervormige middelen 1% werkzame stof bevatten. Om aan de residu-eis te voldoen, wordt voor bewaring in aardappelbewaarplaatsen geadviseerd 1 kg van een 1%-middel per ton aardappelen (= 10 ppm) aan te wenden. Bij bewaring van konsumptie-aardappelen in kuilen is het gebruik van 2 kg/ton aardappelen toegestaan. Partijen waarop poedervormige kiemremmingsmiddelen worden toegepast mogen slechts eenmaal met dit middel worden behandeld.

Voor huishoudelijke gebruik bestaan er kleinverpakkingen, die in totaal 0,5% profam en chloorprofam bevatten.

Het juiste tijdstip van toediening en een nauwkeurige verdeling van het middel zijn de basis voor een goede werking.

Van de poeders zijn vele merken in de handel. Met het oog op de toepassing bestaan er verschillen in fijnheid en kleur. Fijne poeders (stuifpoeders) voor doorblazen en wat grovere, zwaardere poeders voor strooien (strooipoeders). Voor behandeling van wit- en roodschillige rassen bestaan er overeenkomstige kleuren poeders.

Sinds 1978 brengt een fabrikant van gewasbeschermingsmiddelen een middel op de markt dat een kombinatie is van een fungicide en een kiemremmingsmiddel. Dit middel bevat 2% thiabendazole (TBZ), 0,74% chloorprofam en 0,25% profam. Thiabendazole is een middel ter voorkoming van droogrot en zilverschurft in zowel konsumptie- als pootaardappelen. De kombinatie van fungicide en kiemremmingsmiddel houdt in, dat het in deze vorm alleen bij konsumptie-aardappelen kan worden toegepast. In het gebruiksvoorschrift wordt een dosering van 1,5 kg/ton aardappelen geadviseerd.

Een voordeel van een behandeling met poedervormige kiemremmingsmiddelen is dat het in een éénmalige, niet veel inspanning vergende handeling over de aardappelen kan worden verdeeld.

Als nadelen kunnen worden aangevoerd :

- Bij het bepoederen van onvoldoende afgeharde (verkurkte) aardappelen wil er weleens een lichte verbranding (huidirritatie) optreden. Hoewel dit aanvankelijk als een schoonheidsgebrek werd gezien, bleek dit later moeilijkheden te kunnen geven bij het schillen, waardoor meer schil- en pitverliezen optreden.
- Hoewel er voor wit- en roodschillige aardappelen poeders met overeenkomstige kleuren kunnen worden gebruikt, gaat de natuurlijke kleur van de aardappelen toch enigszins verloren.
- Bij het ledigen van de bewaarcellen en tijdens het sorteren van de aardappelen kan er hinderlijke stofvorming optreden.

V l o e i b a r e m i d d e l e n

Vloeibare middelen kunnen tijdens het bewaarseizoen met speciale apparaten worden verneveld en met behulp van het interne-ventilatiesysteem door de aardappelen worden verdeeld. De werking en het residu van deze middelen zijn - vergelijking met gelijke hoeveelheden werkzame stof van poedervormige middelen - minder. Vandaar dat van vloeibare middelen meer aktieve stof mag worden aangewend en wel maximaal 20 gram werkzame stof per ton aardappelen (= 20 ppm).

De vloeibare middelen zijn sterker gekoncentreerd; ze bevatten 250 gram of meer werkzame stof per liter. Rekeninghoudend met de toegelaten hoeveelheid aktieve stof, mag er per ton aardappelen in totaal 80 cm^3 van een 25%-middel, 67 cm^3 van een 30%-middel of 40 cm^3 van een 50%-middel worden toegediend. Naar keuze kan deze totaal toegelaten hoeveelheid worden verdeeld over één, twee of drie behandelingen. Goede resultaten worden verkregen door de totale hoeveelheid in drie behandelingen te geven dus van bijv. een 30%-middel per keer 22 cm^3 per ton aardappelen. Voor erg kiemlustige aardappelen verdient het aanbeveling de eerste dosering wat groter en de volgende wat kleiner te kiezen.

Om een goede werking te verkrijgen moet de eerste dosering twee à drie weken na de oogst worden verstrekt. De aardappelen hebben dan inmiddels de heel- of "curing"-periode achter de rug en zijn afgehard, zodat van beschadiging (huidirritatie) nauwelijks sprake kan zijn. Een duidelijk minder effekt wordt verkregen als de eerste behandeling later wordt uitgevoerd, bijv. als er reeds werking in de ogen is of als er zelfs al kleine kiempjes aanwezig zijn. Eventuele volgende behandelingen moeten eveneens tijdig worden uitgevoerd, dus niet met een volgende behandeling wachten tot er kiemen zijn. Afhankelijk van de bewaaromstandigheden en de kiemlustigheid van de aardappelen, zal bij het toedienen in etappes de tweede behandeling in december/januari en een eventuele derde behandeling in maart/april moeten worden uitgevoerd.

Een nadeel van de vloeibare middelen is dat ze steeds tijdig moeten worden toegediend, hetgeen weleens over het hoofd wordt gezien. Ook vormt de afzetting van het middel op de ventilator een nadeel; om dit zoveel mogelijk te voorkomen moet het middel - indien mogelijk - aan de blaaszijde van de ventilator in het interne-ventilatiesysteem worden ingebracht.

Voordelen van het toepassen van vloeibare middelen zijn :

- Bij het in-etappes-toedienen van het middel kan men bij vroege aflevering met minder behandelingen toe, dus wordt er minder kiemremmingsmiddel gebruikt.
- Er treedt geen hinderlijke stofvorming op zoals bij poeder.
- De aardappelen behouden meer hun natuurlijke kleur.
- De kans op huidirritatie op de aardappelen is niet of in veel mindere mate aanwezig; de aardappelen zijn bij de eerste behandeling reeds afgehard.

T o e d i e n e n v a n k i e m r e m m i n g s m i d d e l e n

Poedervormige middelen

Een nauwkeurige verdeling van de kiemremmingsmiddelen is de basis voor een goede werking. De poeders kunnen op verschillende manieren over en door de aardappelen worden verdeeld. In luchtgekoelde bewaarplaatsen werden kiemremmingsmiddelen aanvankelijk gezien als een aanvullende mogelijkheid, waarvan gebruik werd gemaakt als het gewenste kiemremmende resultaat met koeling niet of niet meer kon worden bereikt.

Met het toenemend gebruik van de kiemremmende middelen werd er apparatuur ontwikkeld waarmede men deze middelen zonder veel arbeidsinspanning kan verdelen.

Deze middelen werden het eerst toegepast bij bewaarmethoden, waarbij geen koeling wordt gehanteerd : opslag in kuilen en provisorische bewaring. Het poeder werd toentertijd met de hand over de aardappelen verdeeld. Eerst werd er wat poeder op het kuilbed of op de ondergrond gestrooid en vervolgens om en om een dunne laag aardappelen en poeder. Het tijdstip van behandelen valt op deze manier gelijktijdig met de aanleg van de kuil of het vullen van de provisorische ruimte. Bij de opslag van aardappelen in luchtgekoelde bewaarplaatsen heeft het gebruik van kiemremmingsmiddelen veel geleidelijker zijn intrede gedaan, omdat hier de kieming een groot deel van het bewaarseizoen door een lage temperatuur werd onderdrukt. Pas op het moment dat bij de aardappelen werking in de ogen te zien was, werden er kiemremmingsmiddelen toegediend.

Met behulp van een motor-poederverstuiver (zie afb. 2) werd het lichte stuifpoeder langzaam in het ventilatiekanaal gebracht en door middel van interne ventilatie door de aardappelen verdeeld. Een voordeel van deze behandelingsmethode is dat het poeder op elk gewenst tijdstip door de aardappelen kan worden verdeeld. Bij toepassing van stuifpoeder is de verdeling echter vaak niet optimaal. Er blijft te veel poeder in het ventilatiekanaal en in de onderste aardappelen achter. In partijen met veel grond en in stortkegels worden de aardappelen óók onvoldoende bereikt.

In verband met de bestemming van de aardappelen - chips-, frites- en droogindustrie - en de daarbij geadviseerde hogere bewaartemperaturen worden thans aan alle wat langer te bewaren aardappelen kiemremmingsmiddelen toegediend.

Bij het gebruik van poedervormige middelen wordt een goede verdeling verkregen als deze gelijktijdig bij het vullen van de bewaarruimte op de transportband over de aardappelen worden verdeeld. Aanvankelijk werd voor het verdelen van poeder over de aardappelen gebruik gemaakt van boven de transportband opgestelde geperforeerde trommels, die middels een loopwiel door de transportband (zie afbeelding 3) of door een elektromotor werden aangedreven. Later kwamen er poederverdeelapparaten op de markt, die eveneens boven de transportband moeten worden opgesteld en waarvan de poedertrechter een inhoud van 25-50 kg poeder heeft. Deze apparaten hebben onder de poedertrechter een trilmotor of vibrator, die voor het transport van het poeder zorgt. Een voorbeeld van een dergelijk apparaat toont afbeelding 4.

De kapaciteit van de trommel kan worden veranderd door het dichtmaken dan wel vergroten van een aantal perforaties. Bij andere apparaten kan de te doseren hoeveelheid worden geregeld door de opening van de doseerschuif groter dan wel kleiner te maken of de vibratiesnelheid te variëren.

In de praktijk wordt de vereiste hoeveelheid poeder ook wel over de nog op de wagen liggende aardappelen gestrooid. Bij het lossen en transporteren naar de bewaarruimte verdeelt het zich over de aardappelen. Is er een grondreiniger in het transportsysteem opgenomen, dan ontstaat hier wel wat verlies aan poeder.

Vloeibare middelen

Vloeibare middelen kunnen het best in lucht- of mechanisch gekoelde bewaarplaatsen worden gebruikt die de mogelijkheid van interne ventilatie hebben. De middelen worden met speciale apparaten verneveld en met behulp van het interne-ventilatiesysteem door de aardappelen verdeeld. Aanvankelijk werd voor het vernevelen van vloeibare middelen zware apparatuur (zie afb. 5) gebruikt, waarbij de nevel met behulp van kompressoren, slangen en injekteurs tussen de aardappelen werd geperst. De apparaten die momenteel voor het vernevelen van vloeibare middelen worden gebruikt - het pulsfog- en swingfog-apparaat - zijn heel wat handzamer (zie afb. 6). Tijdens het doseren van vloeibare middelen moet het interne-ventilatiesysteem in werking zijn en blijven tot de nevel is neergeslagen; ca. één kwartier na het stopzetten van de behandeling. Gedurende de behandeling moeten de deuren en ventilatie-openingen van de bewaarruimte goed gesloten zijn.

Teneinde de aardappelen het middel te laten opnemen, moet er na de behandeling indien mogelijk twee etmalen maar minstens gedurende één etmaal niet met buitenlucht worden geventileerd.

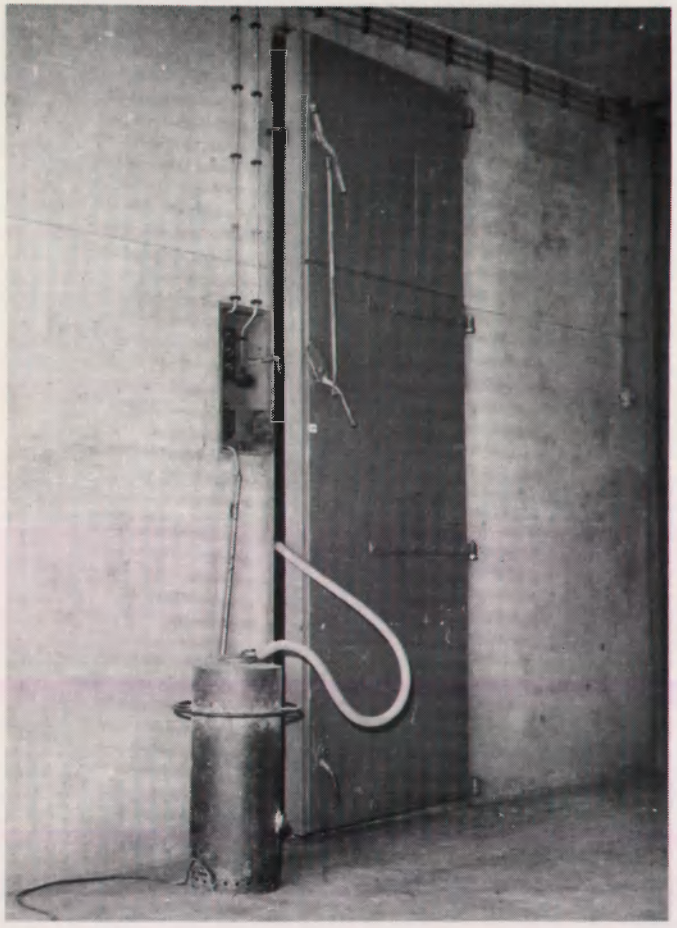
Om aanslag van het middel op de ventilator te voorkomen moet het zo mogelijk aan de blaaszijde van de ventilator in het ventilatiesysteem worden ingebracht.

H u i d i r r i t a t i e e n i n w e n d i g e k i e m i n g (2)

Bij de toediening van profam/chloorprofam-houdende middelen kan een vorm van huidirritatie optreden. Dit verschijnsel kan worden gekonstateerd in gevallen dat het kiemremmingsmiddel wordt toegediend als de huid van de aardappelen nog onvoldoende is afgehard. Huidirritatie is een oppervlakkige beschadiging die eruit ziet als een rood- en blaarachtige verkurking. Aanvankelijk werd deze huidirritatie als een schoonheidsgebrek gezien, later bleken er moeilijkheden uit voort te komen bij het schillen, waardoor er meer schil- en pitverliezen optreden.

Om inzicht te verkrijgen in deze materie werden in de jaren 1965 tot 1968 uit alle IBVL-proefcellen, die bij kiemremmingsmiddelen onderzoek waren betrokken, monsters beoordeeld om de frekwentie en mate van beschadiging vast te stellen.

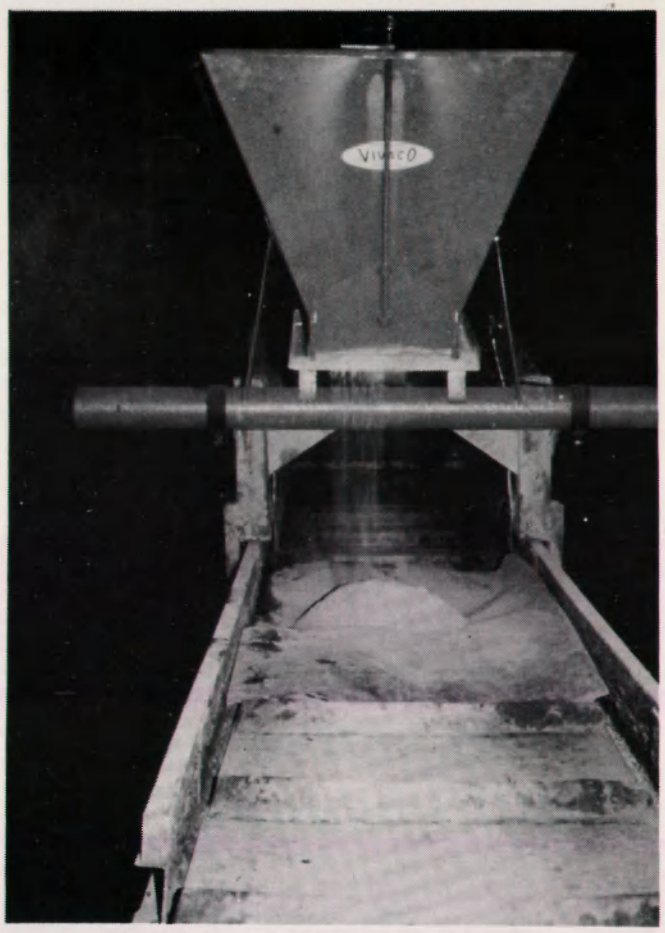
Voor dit doel werd uit elke proefcel een representatief monster van 100 knollen getrokken. De mate waarin huidirritatie optrad werd onderverdeeld in de klasse : geen, licht, matig en zwaar.



Afb. 2 Poederverstuiver voor het verdelen van stuifpoeder door de aardappelen



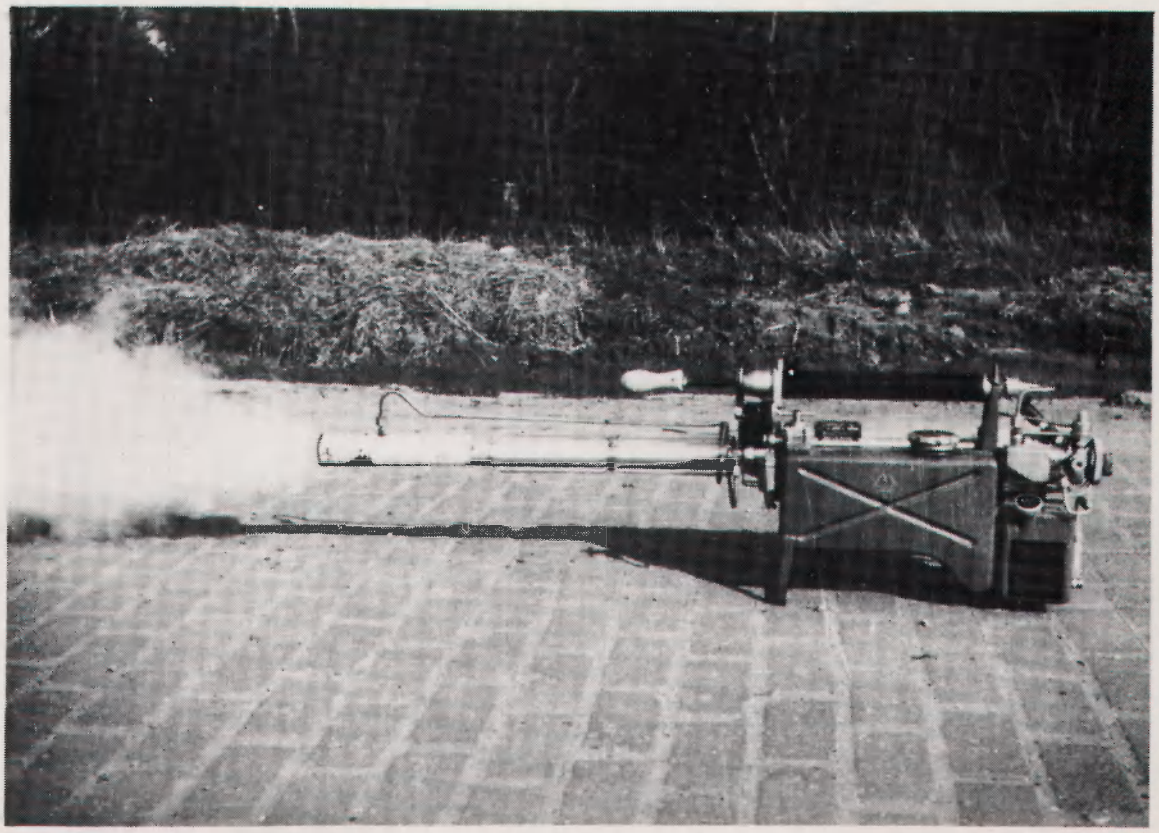
Afb. 3 Geperforeerde trommel die door de transportband wordt aangedreven



Afb. 4 Poederverdeler die met een elektrische vibrator werkt



Afb. 5 Hogedruksysteem waarbij vloeibaar kiemremmingsmiddel met behulp van kompressor, slangen en injekteur tussen de aardappelen wordt geperst



Afb. 6 Swingfog-apparaat waarmee vloeibare kiem-remmingsmiddelen worden verneveld

Een lichte beschadiging houdt in dat er op de betreffende knol slechts één rood-, blaarachtig plekje voorkwam; bij matig twee en bij zwaar meer dan twee. Tabel 1 geeft een overzicht van de mate van optreden per methode van behandeling met kiemremmingsmiddel. Een ander punt waaraan in dit onderzoek aandacht werd besteed was het optreden van inwendige kieming. Men spreekt van inwendige kieming indien de kiem in de aardappel groeit i.p.v. naar buiten. Het weefsel in de omgeving van de ogen met inwendige kiemen krijgt een geheel andere struktuur. Het verschijnsel is in Nederland bekend, maar het heeft gelukkig weinig te betekenen. Volgens Amerikaanse gegevens wordt men daar wel gekonfronteerd met ernstige vormen van inwendige kieming.

Per proefcel werd een representatief monster van 300 tot 500 knollen getrokken. Door de aardappelen in dunne schijfjes te snijden werd de mate van inwendige kieming vastgesteld. In de beoordeling werd geen onderscheidt gemaakt tussen de aantallen inwendige kiemen per knol. Tabel 1 geeft eveneens een overzicht van het optreden van inwendige kieming per methode van kiemremmingsbehandeling. Omdat het optreden van inwendige spruiting in de proefcellen op de proefboerderij "De Bouwing" in 1967/1968 sterk afweek van dat in de overige cellen, zijn deze apart in de tabel verwerkt.

Aan de hand van gegevens in tabel 1 kan worden vastgesteld, dat het optreden van inwendige kiemen in het algemeen bij de verschillende behandelingsmethoden gering is. Bij objekten, waarbij slechts enkele cellen zijn beoordeeld, kan het resultaat wat minder betrouwbaar zijn. Zo hebben de gegevens van het laatst in de tabel genoemde objekt Eigenheimer betrekking op twee cellen van één herkomst, waarbij door een late behandeling met kiemremmingsmiddel het kiemremmend effekt onvoldoende was. Over het algemeen bestaat de meeste kans op inwendige kieming als het kiemremmend effekt van de gebruikte middelen om welke reden dan ook te wensen overlaat.

Wat betreft het optreden van huidirritatie vermeldt de tabel dat deze beschadiging het sterkst optreedt bij behandeling met poeder, dat direkt na de oogst wordt toegediend. Verwacht zou kunnen worden, dat het optreden van huidirritatie wordt bevorderd door het rooien van aardappelen onder vochtige omstandigheden. De cijfers, waaruit de tabel is samengesteld, spreken dit echter tegen. Het optreden van deze beschadiging was het hoogst in het bewaarseizoen 1966/1967, waarbij de maand september door het droge weer uitgesproken gunstig was voor de aardappeloogst. Het niet voldoende laten afharden van de aardappelen in de grond na het doodspuiten heeft grote invloed op de beschadiging.

Tabel 1 - Overzicht in welke mate inwendige kieming en huidirritatie in proefcellen gedurende de jaren 1965-1968 is opgetreden.

RAS	Kiemremmings-middel poeder/ vloeibaar	Dosering en tijdstip[1]	Inwendige kiemen			Huidirritatie				
			Aantal bij de proeven betrokken		% inwendige kiemen	Aantal bij de proeven betrokken		% Huidirritatie		
			Cellen	Knollen		Cellen	Knollen	Licht	Matig	Zwaar
Bintje	Poeder	20 ppm[2]	9	3723	0,05	9	900	4,6	2,3	1,6
Bintje	Poeder	10 ppm[2]	6	2335	0,17	6	600	4,2	2,3	1,0
Bintje	Vloeibaar	20 ppm[3]	5	2173	0,28	5	500	0,2	0,2	0
Bintje	Vloeibaar	20 ppm[4]	9	3812	0,21	9	900	0,1	0,1	0
Bintje	Vloeibaar	2 x 10 ppm[3] 5)	7	2721	0,33	7	700	0,4	0	0
Bintje	Vloeibaar	2 x 10 ppm[4] 5)	4	2058	0,24	4	400	0	0	0
Bintje	Vloeibaar	10 ppm[3]	5	1699	0,35	4	400	1,5	0,5	0
Bintje	Vloeibaar	10 ppm[4]	4	1395	0,14	3	300	1,0	0	0
Eigenheimer	Poeder	20 ppm[2]	5	2125	0	5	500	2,8	0	0
Eigenheimer	Poeder	10 ppm[2]	2	928	0,11	2	200	4,0	0	0
Eigenheimer	Vloeibaar	20 ppm[3]	1	374	0	1	100	0	0	0
Eigenheimer	Vloeibaar	20 ppm[4]	3	1318	0,15	3	300	0	0	0
Eigenheimer	Vloeibaar	2 x 10 ppm[4] 5)	2	975	1,4	2	200	0	0	0
Proefboerderij "De Bouwing" 1967/1968										
Bintje	Poeder	20 ppm[2]	1	447	0	1	100	1,0	1,0	0
Bintje	Vloeibaar	2 x 10 ppm[3] 5)	4	1797	1,5	4	400	0	0	0

1) Tijdstip van de behandeling.
2) Bij het vullen van de cellen.
3) Binnen 2 weken na het vullen van de cellen.
4) Einde kiemrust.
5) 2e behandeling tijdens het bewaarseizoen.

Vooral als kort na het doodspuiten een periode van mooi droog weer volgt, durft men vaak met het rooien niet langer te wachten en worden de aardappelen gerooid als de schil nog onvoldoende is verkurkt.

Bij het gebruik van vloeibare middelen, die worden aangewend op een tijdstip dat de schil hetzij in de grond hetzij in de cel een kurklaag heeft kunnen vormen, is het optreden van huidirritatie gering. Hoewel het in deze tabel niet tot uitdrukking komt, hebben andere proeven aangetoond dat de gevoeligheid bij de verschillende rassen nogal uiteenloopt. Over het algemeen is Bintje gevoeliger dan Eigenheimer.

Nogmaals, het is in verband met het optreden van huidirritatie belangrijk de aardappelen voldoende in de grond te laten afharden.

K o s t e n v a n c h e m i s c h e k i e m r e m m i n g s - m i d d e l e n

De prijs die voor kiemremmingsmiddelen wordt berekend is in sterke mate afhankelijk van het af te nemen kwantum. Bij "grote" afname worden door verschillende leveranciers prijzen genoemd die uiteenlopen van *f* 0,80 - *f* 0,90 per kg 1%-poeder en van *f* 12,50 - *f* 18,- per liter vloeibaar kiemremmingsmiddel met 30% werkzame stof.

Uitgaande van de maximaal toegelaten dosis heeft men per 1000 kg aardappelen 1 kg 1%-poeder of 1/15 liter 30%-vloeibaar kiemremmingsmiddel nodig. Bij het hanteren van gemiddelde prijzen kost een dergelijke behandeling met poeder ca. *f* 0,85 en met vloeibare middelen ca. *f* 1,- aan middel per 1000 kg aardappelen. Hierbij komen uiteraard nog de kosten van een poederverdeel- of een vernevelapparaat plus de arbeid.

De aanschaffingsprijzen van poederverdeelapparaten lopen, afhankelijk van het type, uiteen van *f* 600,- tot *f* 1000,-. De richtprijzen van de kleinere typen swingfog en pulsfog, voor het vernevelen van vloeibare middelen, liggen in de buurt van *f* 1350,- tot *f* 1450,-.

Door een aantal koöperaties worden aardappelen met vloeibare middelen in loondienst behandeld. De richtprijzen voor een dergelijke behandeling, inklusief 20 cm^3 van een 30%-middel (ca. 1/3 deel van de maximaal toegelaten dosis) lopen vanaf *f* 0,70 tot *f* 0,80 per 1000 kg te behandelen aardappelen. Deze prijzen zijn sterk afhankelijk van de hoeveelheid per bedrijf te behandelen aardappelen.

Opmerking : Genoemde bedragen en prijzen zijn exkl. BTW en werden eind 1978 gehanteerd.

W a a r s c h u w i n g

De kiemkracht van pootaardappelen en zaaizaden kan door kiemremmingsmiddelen sterk dalen en zelfs nihil worden. Hoewel hierop reeds vele malen in publikaties is gewezen, worden er elk jaar weer fouten gemaakt die nare konsekwenties hebben.

Zaaizaden en pootgoed mogen i.v.m. de kiemkracht noch voor langere noch voor kortere tijd worden gedroogd, bewaard of opgeslagen in gebouwen of fust die met kiemremmingsmiddelen zijn besmet. Evenmin mag men ventilatoren, die met kiemremmingsmiddelen in aanraking zijn geweest, gebruiken voor het ventileren, koelen dan wel drogen van deze produkten.

C. BESTRALING

Naast temperatuurregeling en chemische middelen biedt het bestralen van aardappelen de mogelijkheid om konsumptie-aardappelen kiemvrij te bewaren (zie afbeelding 7). Het principe van bestralen berust op het stopzetten van de celdeling, zodat de aardappelen niet meer kunnen kiemen.

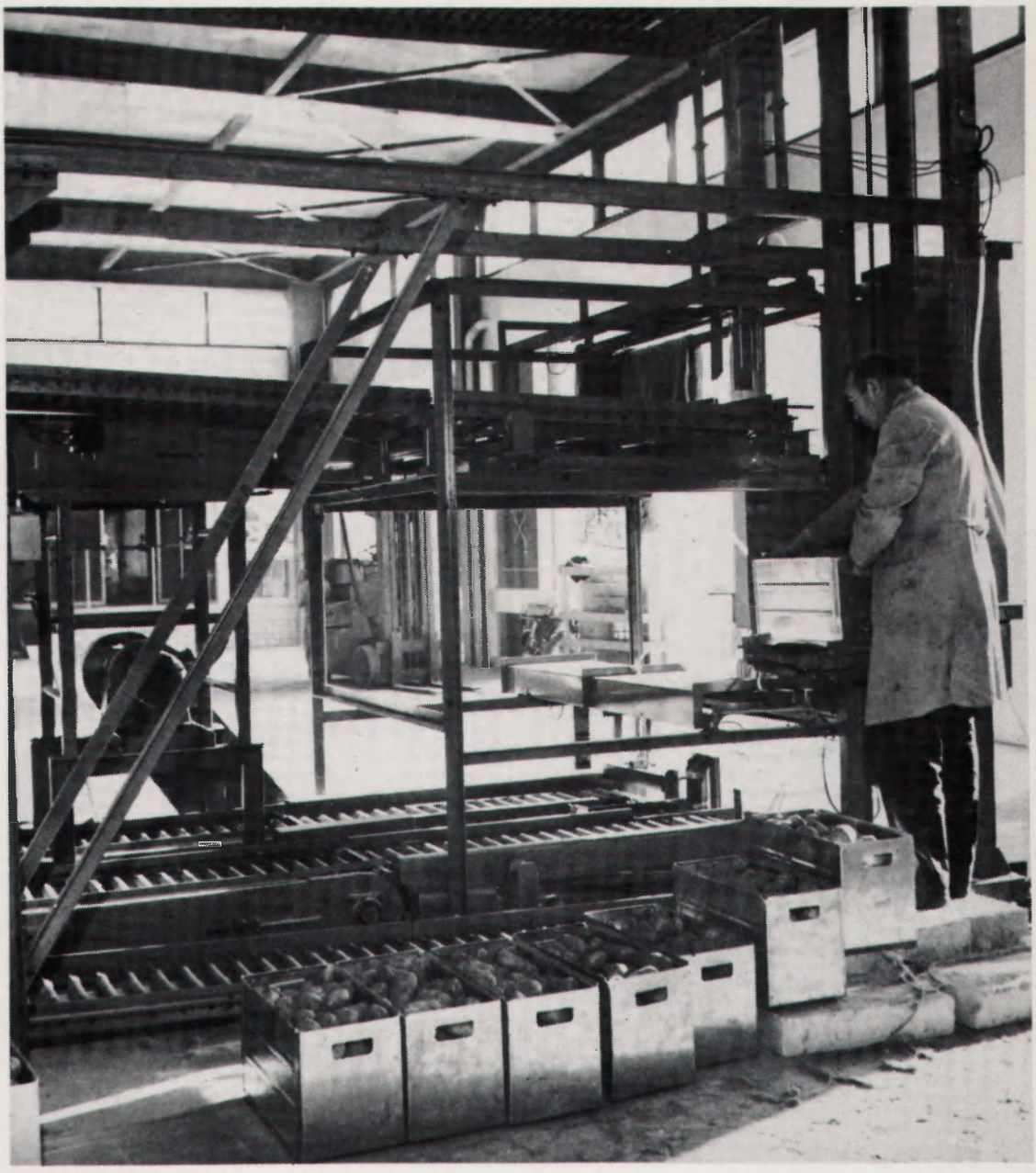
Reeds in het bewaarseizoen 1968/1969 was het in ons land toegestaan proef-partijen bestraalde aardappelen op de markt te brengen. Op instigatie van de WHO*) werd het in Nederland in maart 1970 en mei 1976 telkens voor een periode van vijf jaar toegestaan onbeperkte hoeveelheden bestraalde aardappelen op de markt te brengen. Deze termijnen zijn ingevoerd omdat nadere gegevens omtrent geschiktheid voor onbeperkte konsumptie diende te worden verkregen. In september 1976 heeft de WHO het in de handel brengen van bestraalde aardappelen onvoorwaardelijk vrij gegeven, hetgeen door onze gezondheidsautoriteiten bij een volgende aanvraag zeker zal worden overgenomen.

Het IBVL heeft in samenwerking met het Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw (ITAL) een groot aantal proeven uitgevoerd m.b.t. het bestralen van aardappelen. Hierbij werd zowel aandacht besteed aan de kiemremming als aan de neveneffekten van de bestraling. Bij het onderzoek werd gebruik gemaakt van elektronen- en gammastralen. Elektronenstralen dringen slechts tot op geringe diepte in het produkt door, afhankelijk van de elektronenenergie. Daarom is het bijv. voor aardappelen noodzakelijk dat de knollen in één enkele laag onder de stralingsbron worden doorgevoerd.

*) WHO = Wereld Gezondheidsorganisatie.



Afb. 7 Overzicht van het kiemremmend effekt van diverse doseringen gamma- en elektronenstralen en van IPC/CIPC-poeder, vergeleken met onbehandelde aardappelen.
De dosering 20 ppm poeder werd in 1967 nog geadviseerd; nu 10 ppm. Beide doseringen geven een goed kiemremmend effekt



Afb. 8 De aardappelen worden in 20-kg-containers op het transportsysteem naar de bron gezet

Bovendien moet dit produkt bij het passeren van de bron ronddraaien om de knol aan alle kanten bloot te stellen aan de straling.

Uit meerjarig onderzoek (3) is gebleken dat 20 Krad*) elektronenstralen, gedoseerd door een bron waarvan de elektronenenergie maximaal 1,7 MEV**) bedraagt, voor de meeste rassen voldoende is om gedurende een lange bewaarperiode kiemvrij te blijven. Voor het ras Eigenheimer, dat ook bij het onderzoek was betrokken, bleek deze hoeveelheid straling onvoldoende te zijn. Het doordringend vermogen van de elektronenstralen met een maximale energie van 1,7 MEV was te gering om de diepliggende ogen voldoende te bereiken.

Een lagere dosering elektronenstralen geeft wel een tijdelijk kiemremmend effekt.

Gammastralen hebben een groot doordringen vermogen. Hierbij kan de inhoud van grote kisten of dozen gelijktijdig worden bestraald (zie afbeelding 8). Vastgesteld is dat de laagdikte bij tweezijdige bestraling ten hoogste 80 cm kan zijn, dit in verband met de verhouding tussen de maximum- en de minimum-stralingsdosis ($\frac{D\ max.}{D\ min.}$), die ten hoogste 2 mag bedragen. Een dosis gammastralen van $7\frac{1}{2}$ - 10 Krad blijkt voor de meeste rassen voldoende te zijn voor een kiemvrije bewaring.

Het bestralen van aardappelen kan een aantal minder gewenste neveneffekten tot gevolg hebben. Te noemen hierbij vallen :

- toename Fusarium-aantasting.
- grauwverkleuring van de aardappelen na koken.
- toename reducerende-suikergehalte.
- grauwverkleuring van voorgebakken pommes frites.
- donkerder chipskleur.

Het in Nederland uitgevoerde onderzoek heeft zich vooral toegespitst op de gammastralen in vergelijking met chemische kiemremmers en in mindere mate op elektronenstralen. Tenzij anders vermeld heeft het hiernavolgende betrekking op gammastralen, hetgeen niet inhoudt dat het niet voor elektronenstralen kan gelden, maar de kennis hieromtrent ontbreekt.

*) rad = radiation absorbed dose = een eenheid van geabsorbeerde energie
1000 rad = 1 Krad

**) MEV = miljoen elektron volt.

Fusarium-aantasting

Het is bekend dat wondheling door bestraling wordt vertraagd danwel geheel achterwege blijft. Beschadigingen vormen dan de invalspoorten voor mikro-organisme. Bestraalde aardappelen worden aanzienlijk meer door Fusariumschimmels aangetast dan niet-bestraalde aardappelen (4,5). Over het algemeen zijn de voor het bestralen gesorteerde aardappelen gevoeliger voor deze aantasting dan niet-gesorteerde aardappelen (4). Betreffende het tijdstip van sorteren kon niet duidelijk worden aangetoond dat de lengte van de heelperiode, liggende tussen het sorteren en het bestralen, van invloed is op deze aantasting. In sommige gevallen is wel de tendens aanwezig dat, naarmate het sorteren korter voor het bestralen plaatsvindt, de aantasting ernstiger is (4).

Teneinde een toeneming van deze bewaarziekte te beperken, zal het aantal handelingen - opscheppen, sorteren, transport, enz. - voor, tijdens en na het bestralen tot een minimum beperkt dienen te blijven.

Grauwverkleuring na koken

Bestraalde aardappelen worden na koken veel sneller en sterker grauw dan vergelijkbare met chemische kiemremmingsmiddelen behandelde aardappelen. Een grauwverkleuring van gekookte aardappelen geeft een zeer onaantrekkelijk aanzien. Naarmate het bewaarseizoen vordert neemt de grauwverkleuring toe (5, 6).

Aardappelen behandeld met elektronenstralen geven eveneens een sterkere en snellere grauwverkleuring dan chemisch behandelde aardappelen (7). De mate van grauwverkleuring ligt bij gebruik van deze stralen op een wat lager niveau dan bij gammastralen, bovendien blijft deze verkleuring gedurende het bewaarseizoen op een gelijk niveau.

Het gedurende twee of vier weken bij 15°C rekonditioneren van met gammastralen behandelde aardappelen aan het eind van een bewaarperiode geeft geen verbetering betreffende het niveau van de grauwverkleuring (8).

Toename reducerende-suikergehalte

Het bestralen van aardappelen beinvloedt het gehalte aan reducerende suikers (glucose en fructose). Gemiddeld ligt dit gehalte bij bestraalde aardappelen aanzienlijk hoger dan van aardappelen die met een chemische kiemremmer zijn behandeld (6, 9).

De grootste verschillen worden hierbij aan het begin en aan het eind van het bewaarseizoen gevonden.

Voor de chips- en pommes-fritesindustrie vormen hogere reducerende-suikergehalten een groot nadeel in verband met de kleur van hun eindprodukt (te donker).

Grauwverkleuring van voorgebakken pommes frites

Voorgebakken pommes frites bereid uit bestraalde aardappelen vertonen steeds een matige tot sterke grauwverkleuring (10, 11). Deze grauwverkleuring is echter niet meer waarneembaar als het produkt is nagebakken, hoewel het nagebakken produkt dan vaak wel wat donkerder van kleur is dan nagebakken pommes frites bereid uit met een chemische kiemremmer behandelde aardappelen.

Elektronenstralen lijken een minder sterkere grauwverkleuring te veroorzaken dan gammastralen (7). Voor de verwerkende industrie, waarbij voorgebakken pommes frites het eindprodukt vormen, betekent een matige of sterke grauwverkleuring dat deze pommes frites onverkoopbaar zijn.

Donkere chipskleur

Het bestralen van aardappelen blijkt ook van invloed te zijn op de chipskleur. De chipskleur van zowel met gamma- als met elektronenstralen behandelde aardappelen blijkt tot enkele maanden na bestralen donkerder te zijn dan die van chips bereid uit met een chemisch kiemremmingsmiddel behandelde aardappelen. Vervolgens komt de kleur van de diverse kiemremmers op een ongeveer gelijk niveau. Aan het eind van het bewaarseizoen daalt de chipskleur van met gammastralen behandelde aardappelen weer tot een bedenkelijk laag niveau, terwijl die van de met elektronenstralen behandelde aardappelen dan op het niveau van de met chemische kiemremmingsmiddel behandelde aardappelen blijft.

E.e.a. stemt goed overeen met de hogere gehalten aan reducerende suikers die aan het begin en eind van het bewaarseizoen bij de gammastralen behandelde aardappelen worden gevonden.

Mogelijkheden voor het bestralen van aardappelen in de praktijk?

Het kiemremmend effekt van ioniserende stralen is uitstekend en valt niet te overtreffen door de thans in gebruik zijnde chemische kiemmingsmiddelen. Bovendien laten de stralen geen residu achter. De kosten van een behandeling met straling liggen veel hoger dan die van een chemische behandeling.

De minder gewenste neveneffekten van bestraling zijn een kwalijke zaak. Zolang de oorzaak hiervan niet is vastgesteld en geëlimineerd, dan wel zolang de eisen, die de konsument stelt aan gekookte aardappelen en uit aardappelen vervaardigde produkten, zich niet wijzigen, lijkt de kans van praktische toepassing voor deze kiemremmingsmethode gering.

L I T E R A T U U R

1. Aardappelbewaring. IBVL-uitgave 1961.

2. Buitelaar, N. - Het kiemvrij bewaren van konsumptie-aardappelen. IBVL-Publikatie 204.

3. Buitelaar, N. - Kiemremming d.m.v. bestraling bij konsumptie-aardappelen. IBVL-Publikatie 178.

4. Sparenberg, ir. H. en Buitelaar, N. - Bewaarproeven met bestraalde aardappelen op semi-praktijkschaal (1968-1969). IBVL-Publikatie 229.

5. Buitelaar, N. - Bewaarproeven met bestraalde aardappelen op semi-praktijkschaal (1971-1972). IBVL-Mededeling 400 (ITAL rapport no. 6).

6. Buitelaar, N. - Bewaarproeven met bestraalde aardappelen op semi-praktijkschaal (1970-1971). IBVL-Mededeling 397.

7. Buitelaar, ing. N. - De kook- en verwerkingskwaliteit van met elektronenstralen behandelde aardappelen. IBVL-Mededeling 426.

8. Sparenberg, H and Buitelaar, N. - Can reconditioning prevent the after-cooking darkening of irradited potatoes (1976/1977). IBVL-Publikatie 307.

9. Buitelaar, N. - Bewaarproeven met bestraalde aardappelen op semi-praktijkschaal (1969/1970). IBVL-Mededeling 371.

10. Sparenberg, ir. H. en Buitelaar, N. - Verwerking van bestraalde aardappelen tot pommes frites en chips. IBVL-Mededeling 394.

11. Buitelaar, ing. N. - Verwerking van bestraalde aardappelen tot pommes frites en chips II. IBVL-Medeling 422.