

**BEWARING VAN KNOFLOOK (*ALLIUM SATIVUM* L.)**

**Een literatuurstudie uitgevoerd door ATO-DLO in opdracht van WFO, coöperatieve groente-  
en fruitveiling.**

Ir. Harald N. van der Hoek

Drs. Ing. Koos Oosterhaven

Ir. Herman W. Peppelenbos

September 1994

Agrotechnologisch Onderzoek Instituut ATO-DLO

Bornsesteeg 59

Postbus 17

6700 AA Wageningen

2221185

## SAMENVATTING

In deze literatuurstudie worden de mogelijkheden voor bewaarduurverlenging van verse knoflook onderzocht. De in Nederland geteelde knoflook wordt als vers produkt op de markt gebracht. Momenteel kan verse knoflook twee maanden bewaard worden. Verlenging van de bewaarduur kan de afzetperiode verlengen en bijdragen in uitbreiding van de teelt.

De voor knoflook kenmerkende geur-, smaak- en farmacologische stoffen zijn vluchtige zwavelverbindingen. Tijdens bewaring treedt kwaliteitsverandering op ten gevolge van verandering in samenstelling en hoeveelheid van deze stoffen. Knoflook kan een hulpmiddel zijn in de bestrijding en voorkoming van hart- en vaatziekten. Tevens zijn stoffen in knoflook werkzaam tegen bacteriën, schimmels en insecten. In de handel moet knoflook aan een aantal minimale kwaliteitscriteria voldoen.

Ter voorkoming van ziekten en plagen tijdens bewaring kan knoflook gedroogd worden. De optimale bewaartemperatuur ligt tussen -3 en 0 °C. Vooral tussen 5 en 18 °C treedt kieming op. De relatieve luchtvochtigheid (R.V.) bij bewaring van gedroogde knoflook dient lager dan 70% te zijn. Over CA-bewaring van knoflook is weinig bekend. Uien kunnen in CA-bewaring tot juni bewaard worden. De kieming wordt onderdrukt en de kwaliteit is uitstekend bij 1% O<sub>2</sub>, 0-1% CO<sub>2</sub>, 2 °C en 100% R.V. Verse knoflookstengels kunnen 270 dagen bewaard worden bij 1% O<sub>2</sub> en 6% CO<sub>2</sub>, afgewisseld met korte perioden van 5% O<sub>2</sub> en 1% CO<sub>2</sub>. MA-verpakken van knoflook in polyethyleen zakken behoudt de kwaliteit en verlengt de bewaarduur. De optimale CO<sub>2</sub>-concentratie voor bewaring van gedroogde knoflook ligt tussen 2 en 7%. Behandeling met maleïne hydrazide of gamma-straling kan de bewaarduur verlengen en kwaliteitsafname tegengaan. Bestraling is echter in Nederland verboden.

Ten aanzien van bewaarfaciliteiten verdient mechanische koeling de voorkeur boven buitenluchtkoeling, omdat de temperatuur beter beheerst kan worden. Bij gebruik van CA-bewaring moeten extra eisen worden gesteld. CA-bewaarruimten dienen goed geïsoleerd te zijn en moeten voorzien zijn van meet- en regelapparatuur, die de CA-condities instellen en controleren.

Onderzoek naar CA-bewaring van verse knoflook lijkt goede perspectieven te hebben. Er zou begonnen kunnen worden met lage O<sub>2</sub>-condities en een CO<sub>2</sub>-concentratie tussen 2 en 7% met een temperatuur tussen 0 en 2 °C. Een optimale bewaarconditie voor verse knoflook zal het verloop van kwaliteitsaspecten als geur, smaak en farmacologische eigenschappen positief moeten beïnvloeden.

## **INHOUDSOPGAVE**

<b>1 INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2 KWALITEIT VAN KNOFLOOK</b>	<b>2</b>
2.1 In knoflook aanwezige stoffen	2
2.2 Eigenschappen knoflook	6
2.3 Kwaliteitsbeoordeling	7
<b>3 BEWAARMETHODEN</b>	<b>8</b>
3.1 Drogen van knoflook	8
3.2 Temperatuur	9
3.3 Luchtvochtigheid	11
3.4 CA-bewaring	12
3.5 MA-bewaren van knoflook	14
3.6 Maleïne hydrazide	15
3.7 Gamma-straling	16
<b>4 BEWAARINSTALLATIES</b>	<b>16</b>
4.1 Koeling	16
4.2 CA	18
<b>5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK</b>	<b>20</b>
5.1 Conclusies	20
5.2 Aanbevelingen voor onderzoek	21
<b>6 LITERATUUR</b>	<b>21</b>

## 1 INLEIDING

Knoflook (*Allium sativum* L.) wordt tegenwoordig, evenals de ui (*Allium cepa* L.) tot de familie van de Alliaceae gerekend (Brewster, 1994). Het oorsprongsgebied van knoflook ligt waarschijnlijk in Centraal-Azië met het Middellandse Zee-gebied als tweede genencentrum (Kalra, 1987; Brewster, 1994). Tegenwoordig wordt knoflook vrijwel wereldwijd geteeld en is na ui het meest geteelde allium-gewas (Melissant, 1985). Enkele produktiecijfers staan in tabel 1.1. In Nederland beslaat het areaal voor de knoflookteelt slechts 20 hectare, wat ongeveer 300.000 kilo produkt oplevert (versgoed, gedroogd en pootgoed) (Anon., 1994).

Tabel 1.1. Knoflookproduktie van de wereld en de vijf leidende landen in 1987 (Anon., 1988a).

land	produktie (x 1000 MT)	geogst areaal (x 1000 ha)
wereld	2662	421
China	615	71
Zuid-Korea	280	40
Spanje	230	40
India	217	60
Egypte	215	5

Knoflook wordt al duizenden jaren gebruikt als voedsel en smaakmaker. Zo kregen de Egyptische piramidebouwers het in hun rantsoen en hoewel de Romeinen de geur verafschuwden, gaven ze het te eten aan hun legioenen. In de middeleeuwen gold knoflook als een medicijn tegen melaatsheid. Knoflook staat lang bekend om zijn geneeskrachtige werking, evenals ui. Het is bloedsuikerverlagend, hartactiverend, vaatverwijdend en stimulerend voor gal- en urineproductie. (Buishand *et al.*, 1986). Meer recent is gebleken, dat bestanddelen van knoflook een antimicrobiële, fungicide en insecticide werking hebben (Kalra, 1987).

De in Nederland geteelde knoflook wordt grotendeels als vers produkt verkocht. Het verschil met gedroogde knoflook is hoofdzakelijk de smaak; die van verse knoflook is rijker en milder. Daarnaast is de geur van verse knoflook minder penetrant. De geneeskrachtige waarde van

verse knoflook zou ook groter zijn dan van gedroogde (Anon., 1994).

In de eerste maanden van het jaar wordt verse knoflook geïmporteerd uit Egypte. In april en mei uit Spanje en Frankrijk. Daarna komt de Nederlandse knoflook op de markt. In november en december komt de knoflook uit Chili. In de maand oktober is er geen verse knoflook beschikbaar (Anon., 1994). Hieruit blijkt, dat het perspectieven biedt om de bewaarperiode van verse knoflook te kunnen verlengen. Daarbij dient een goede kwaliteit van het produkt gewaarborgd te worden, waarbij ook de farmacologische eigenschappen van belang zijn. Lage temperatuur en CA zijn mogelijkheden die onderzocht kunnen worden.

In deze literatuurstudie wordt eerst ingegaan op de kwaliteit van knoflook, de kenmerkende stoffen in knoflook en de eigenschappen hiervan. Daarna worden de verschillende methoden van bewaring behandeld. Verder worden de installaties, nodig voor gekoelde en CA-bewaring, besproken. Dit zal tenslotte leiden tot conclusies en aanbevelingen voor onderzoek.

## **2 KWALITEIT VAN KNOFLOOK**

Knoflook wordt vooral gewaardeerd vanwege zijn geur, smaak en (veronderstelde) farmacologische eigenschappen. In dit hoofdstuk zal eerst een beschrijving van de in knoflook aanwezige stoffen en hun eigenschappen gegeven worden. Hierbij zal de nadruk liggen op de geur-, smaak- en farmacologische stoffen. Daarna zullen enkele parameters voor kwaliteitsbeoordeling genoemd worden.

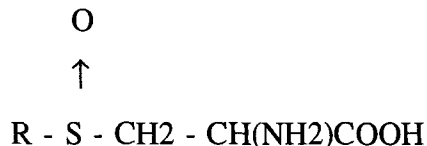
### **2.1 In knoflook aanwezige stoffen**

De globale chemische samenstelling van knoflook, zoals bepaald door Choudhury (1979) en Flores (1954), staat in tabel 2.1. Het betreft hier gedroogde knoflook. Er is een groot verschil tussen de getallen, die de auteurs vermelden voor het vochtgehalte en het suiker- en koolhydraatgehalte. Waarschijnlijk zijn de getallen niet volledig betrouwbaar.

Tabel 2.1. Chemische samenstelling van knoflook (%) (Kalra, 1987).

	Choudhury (1979)	Flores (1954)
Vocht	62,0	79,79-79,04
Eiwitten	6,3	3,14-3,17
Vet	0,1	0,95-1,25
Totaal gehalte suikers	-	3,94-4,26
Koolhydraten	29,0	-
Vezels	0,8	-
Mineralen	1,0	0,72-0,78
Zuur oplosbare mineralen	-	0,48-0,52

Alle Alliaceae worden gekenmerkt door zwavel bevattende bestanddelen, welke de opvallende geur en smaak geven. De voorlopers van deze bestanddelen zijn zwavel bevattende aminozuren. Deze zijn geurloos, niet-vluchtig en hebben de algemene naam *S*-alk(en)yl cysteïne sulfoxide. De structuurformule is:



De groep rechts van de R heet de -L-cysteïne sulfoxide groep. De R-groep zelf kan bestaan uit:

1. CH<sub>3</sub>                                    (+)-*S*-methyl genoemd
2. CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-                        (+)-*S*-propyl genoemd
3. CH<sub>3</sub>-CH=CH-                         *trans*(+)-*S*-(1-propenyl) genoemd
4. CH<sub>2</sub>=CH-CH-                         (+)-*S*-(2-propenyl) genoemd.

Bestanddeel 4 komt het meest voor in knoflook en wordt meestal alliïne of *S*-allyl-cysteïne sulfoxide genoemd. Het enzym alliïnase katalyseert de reactie waarbij alliïne wordt omgezet tot reaktieve sulfeenzuren. Deze reactie kan pas plaatsvinden als cellen worden beschadigd, omdat de substraten van alliïnase en het enzym zelf in verschillende compartimenten van de cel voorkomen. De sulfeenzuren ondergaan spontaan reacties, welke een reeks van vluchtige, sterk geurende stoffen opleveren (Brewster, 1994). De in knoflook aanwezige vluchtige

stoffen staan vermeld in tabel 2.2.

Tabel 2.2. Vluchtige bestanddelen in knoflook (Kalra, 1987).

<u>Nr.</u>	<u>Bestanddelen</u>
1	Dimethyl sulfide
2	Diallyl sulfide
3	Methyl allyl sulfide
4	Dimethyl disulfide
5	Dipropyl disulfide
6	diallyl disulfide
7	Allyl propyl disulfide
8	Methyl allyl disulfide
9	Methyl propyl sulfide
10	Dimethyl trisulfide
11	Diallyl trisulfide
12	Methyl allyl trisulfide
13	Methyl propyl trisulfide
14	Diallyl thiosulfinaat (Allicine)
15	Methanol
16	Zwaveldioxide
17	2-Propeen-1-ol.
18	p-Cymeen

De absolute hoeveelheden van deze bestanddelen zijn volgens Kalra (1987) afhankelijk van ras, ontwikkeling en omgevings-, bewarings- en verwerkingsfactoren, terwijl de relatieve hoeveelheden slechts rasafhankelijk zijn.

Tijdens bewaring treedt verandering op van kwaliteit. De mate, waarin deze verandering optreedt is onder andere afhankelijk van de bewaarmethode en de vorm waarin het produkt bewaard wordt. Het is aannemelijk, dat vanwege de vluchtigheid een deel van de olie, waarin de voor knoflook zo kenmerkende zwavelverbindingen zitten, zal verdampen tijdens het droogproces. Het zou daarom goed kunnen, dat verse knoflook meer van deze verbindingen zal bevatten dan gedroogde knoflook.

Bij onderzoek aan verandering van smaak tijdens bewaring van gedroogde knoflook bleek, dat in de eerste 190 dagen van bewaring een toename van smaakintensiteit werd gemeten (Freeman, 1978). Dit werd toegeschreven aan het vrijkomen van smaakcomponenten uit gebonden substraat van alliinase of andere enzymen, welke niet gereageerd hadden met deze

enzymen in de verse bollen. De laatste 50 dagen van de bewaring trad een snelle smaakafname op. De zwavelverbindingen, ontstaan uit de enzymatische reacties, zouden nodig zijn om bouwstenen te leveren voor de kieming.

Hoewel er weinig bekend is over de invloed van bewaarmethoden op de kwaliteit van knoflook, is het effect van gamma-straling en bewaarduur op geur- en smaakstoffen van gedroogde knoflook onder andere onderzocht door Kwon en Yoon (1985). Ze bestraalden knoflook met verschillende doses gamma-straling en bestudeerden het verloop van de hoeveelheid diallyl disulfide gedurende de bewaring (Fig. 2.1). Het bleek, dat een lage dosis van 0,1 kGy nauwelijks effect had op de hoeveelheid diallyl disulfide, maar dat hoge doses van 0,5 en 3,0 kGy een sterke vermindering in de hand werkten van deze stof.

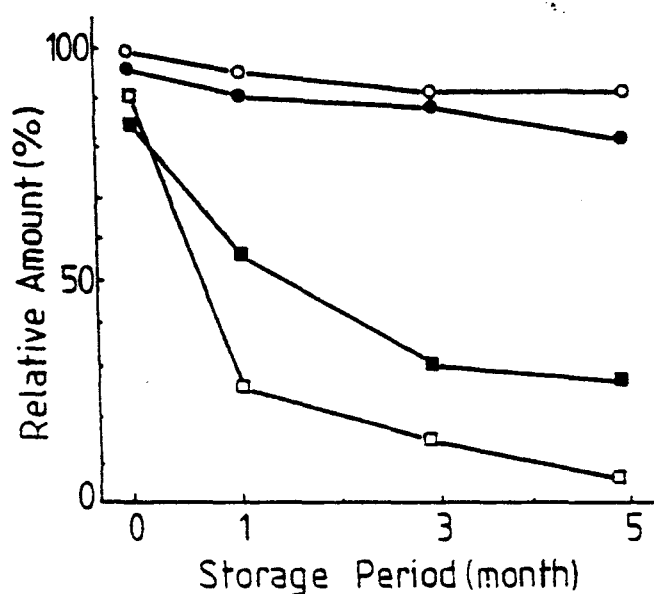


Fig. 2.1. Effect van gamma-straling op het diallyl disulfide gehalte van knoflook tijdens bewaring bij 3 °C. ○ , 0 kGy; ● , 0,1 kGy; ■ , 0,5 kGy; □ , 3,0 kGy.

Uit ander onderzoek, met knoflook cv "Red", bleek dat produkt bestraald met 30 Gy na 270 dagen bewaring een hogere smaakindex had dan de onbestraalde controle. Deze index was bepaald aan de hand van toegenomen enzymatisch pyruvaat, hogere zuurgraad en lager gehalte aan wateroplosbare koolhydraten (Curzio *et al.*, 1986). Daarentegen bleek uit onderzoek van Ceci *et al.* (1991), dat met 50 Gy gamma-stralen behandelde knoflook cv



"Red" zich tijdens een ander onderzoek niet anders gedroeg dan onbestraalde knoflook. Tijdens 300 dagen bewaring nam het gehalte enzymatisch pyruvaat en allicine af en de concentratie diallyl disulfide sterk toe in beide behandelingen.

Samenvattend kan gesteld worden, dat de voor knoflook kenmerkende geur-, smaak- en farmacologische stoffen vluchtige zwavelverbindingen zijn, die gevormd worden uit enzymatische reacties, welke plaatsvinden na beschadiging van de cellen. Verder is het onduidelijk in welke mate veranderingen optreden in de gehalten van deze stoffen tijdens bewaring. Tevens is het niet duidelijk, wat de invloed van gamma-straling is op de kwaliteitsontwikkeling van gedroogde knoflook tijdens bewaring.

## **2.2 Eigenschappen knoflook**

Alliaceae hebben een lange geschiedenis van medicinaal gebruik. Wetenschappelijk onderzoek heeft een aantal farmacologische effecten aangetoond, welke zijn toe te schrijven aan specifieke moleculaire structuren, die meestal afgeleid zijn van de zwavel bevattende bestanddelen die in de voorgaande paragraaf behandeld zijn.

Er is vooral grote belangstelling voor de gunstige invloed van knoflook op het voorkomen en de behandeling van aderverkalking en coronaire hartziekten. Deze ziekten vormen het ernstigste medische probleem in de rijke delen van de wereld. Onderzoek heeft aangetoond, dat extracten van knoflook en ui de klontering van bloedcellen tot stolsels in vitro kunnen remmen. Deze stolsels kunnen in potentie de aderen verstoppen. Een combinatie van drie moleculen allicine produceert een stof genaamd ajoene, die minstens zo goed in staat is als aspirine om de klontering van bloedcellen te voorkomen (Brewster, 1994). Kalra (1987) noemt methyl allyl trisulfide als de stof die klontering remt.

In experimenten met dieren met een bijzonder vet dieet werd verhoging van het bloedcholesterol niveau, opbouw van vetafscheiding, wat aderen vernauwt en de klontering van bloedcellen tot stolsels, allemaal voorkomen of gekeerd door het voedsel te combineren met knoflook, ui of sappen uit knoflook of ui. Enkele van deze effecten zijn ook aangetoond in mensen met hartziekten. Tevens is er bewijs, dat opname van knoflook, ui of hun extracten

in het dieet bijdraagt in de behandeling van diabetes, kanker en astma (Brewster, 1994). Het gebruik van 20 g verse knoflook per dag zou de remming van nitriet reducerende bacteriën induceren en nitrietvorming verminderen. Dit wordt gezien als een postieve factor tegen maagkanker (Kalra, 1987).

Verscheidene onderzoekers hebben de antibacteriële bestanddelen van knoflook beproefd en vonden, dat ze de groei remmen van *Salmonella typhimurium*, *S. typhosa*, *Staphylococcus aureus*, *S. sonnei*, *S. faecalis*, *Saccromyces cerevisiae*, *Entrobacteria clebsiella*, *E. coli*, *Shiqulla dysenteriae*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis*, *Dandida albicans*, *Pseudomonas pyocyaneus*, *Vibrie paraeaemmolyticus*, *L. plantarum* en *L. casei* (Kalra, 1987).

Gemalen knoflook en knoflook extract zou ook een remmend effect hebben op myceliumgroei en aflatoxinevorming. Fungicide werking van knoflook is gemeld tegen *Aspergillius flavus* en *P. citrinum* (Kalra, 1987).

Tevens heeft knoflook een insecticide werking. Knoflookolie doodt namelijk muggelarven. Het principe van de insecticide werking is onderzocht bij larven en adulten van de gewone huisvlieg, *Musca domestica*, en de Khapra kever, *Trogoderma granarium*. Zowel adulten als larven vertoonden vergiftigingsverschijnselen die het gevolg waren van een biochemische reactie veroorzaakt door de behandeling met knoflookolie (Kalra, 1987).

Kortom, knoflook bevat bestanddelen, die een verhoging van bloed-cholesterol niveau in mens en dier remmen, vetafscheiding keren en klontering van bloedcellen voorkomen. Verder is knoflook werkzaam tegen een groot aantal bacteriën en bezit het ook een fungicide en insecticide werking.

### **2.3 Kwaliteitsbeoordeling**

Veel landen hebben een standaard opgesteld, waaraan kwaliteitscriteria moeten voldoen. Deze standaard geldt voor gedroogde knoflookbollen. Het is niet duidelijk of deze ook voor verse knoflook geldt. De bol moet de volgende eigenschappen hebben (Kalra, 1987):

1. uniform model
2. natuurlijke kleureigenschappen van het ras
3. compacte structuur, waarbij de tenen geheel omsloten worden door een schede
4. zwaar in gewicht, want laag gewicht duidt op excessief vochtverlies en bederf
5. geen wortelgroei en kieming.

In Nederland wordt verse knoflook op maat gesorteerd. De maat 50-70 mm wordt via de veiling afgezet. De verse knoflook wordt verpakt aangeboden aan de consument. Als er teveel bollen in de verpakking zitten, oogt dit te massaal. Daarom wordt op grotere maten gesorteerd (Anon., 1994).

### **3 BEWAARMETHODEN**

#### **3.1 Drogen van knoflook**

Het drogen van knoflook wordt toegepast, om tijdens langdurige bewaring het optreden van ziekten en plagen tegen te gaan. Bovendien blijven op deze wijze de teentjes mooi blank (Melissant, 1985). In streken waar neerslag of dauw kan voorkomen tijdens de oogsttijd dienen speciale maatregelen te worden genomen om het droogproces succesvol te laten verlopen (Jones en Mann, 1963; Kalra, 1987). Dit laatste geldt natuurlijk voor de Nederlandse situatie. Standaard wordt in 30 dagen ongeveer 35 tot 45% vocht onttrokken. Dit kan bereikt worden door een reeks van behandelingen. Direct na het inschuren worden de bollen 48 uur onafgebroken geventileerd met buitenlucht. Bij lage temperatuur of nat produkt dient de lucht verwarmd te worden om een snelle droging te bewerkstelligen. Vervolgens wordt de ruimte 3 tot 7 dagen geventileerd, per dag 6 tot 20 uur, waarbij de relatieve luchtvochtigheid (R.V.) lager moet zijn dan 90%. Daarna moet nog 7-20 dagen geventileerd worden, per dag 8-16 uur (Melissant, 1985).

In Frankrijk wordt de knoflook ongeveer 80 cm hoog gestort op gaasvloeren, waarna er warme lucht (40-65 °C) van onder door het gaas wordt geblazen. In 8 dagen is de partij dan tot 60% van het oorspronkelijke gewicht gedroogd (Melissant, 1985; Kalra, 1987). Melissant

(1985) acht de eerder beschreven droogmethode geschikter voor de Nederlandse situatie dan de Franse methode. Kalra (1987) vermeldt nog een reukproces om knoflook te drogen. De bewaarduur wordt verlengd en de organoleptische kwaliteit is beter in vergelijking met een controle.

Kortom, knoflook kan langdurig bewaard worden door de bollen te drogen. Hierdoor wordt het optreden van ziekten en plagen tegengegaan.

### 3.2 Temperatuur

De gewichtsverliezen, die optreden tijdens bewaring, zijn een gevolg van evaporatie, respiratie en rotting (Kalra, 1987). De invloed van temperatuur op deze processen zal in deze paragraaf worden besproken, de invloed van de relatieve luchtvochtigheid in de volgende.

Tabel 3.1. Optimale bewaartemperaturen (°C) en bewaarduur van gedroogde knoflook.

<u>Temperatuur</u>	<u>Bewaarduur</u>	<u>Bron</u>
-0,5 - 0	6-7 maanden	Ryall en Lipton, 1979
0	28-36 weken	Salunkhe en Desai, 1984
0	100-160 dagen	Folchi en Mari, 1984
-1 - -3	-	Brewster, 1994
-1,5 - 0	180-210 dagen	Kalra, 1987
27 - 32	< 1 maand	Ryall en Lipton, 1979
26,7 - 32,2	< 1 maand	Salunkhe en Desai, 1984
20 - 30	-	Brewster, 1994

Mits goed gedroogd kan knoflook gedurende een lange periode bewaard blijven bij een reeks van temperaturen (Jones en Mann, 1963). In geventileerde opslag is de bewaarduur 3 tot 4 maanden (Ryall en Lipton, 1979; Salunkhe en Desai, 1984). Bij de in tabel 3.1 vermelde temperaturen wordt kieming geremd. Kieming treedt vooral op bij temperaturen tussen 5-10 °C volgens Brewster (1994) en 4,4-18,3 °C (Salunkhe en Desai, 1984). Ter vergelijking: de optimale bewaartemperatuur voor uien ligt tussen 0-1 °C (Anon., 1988b). In fig. 3.1 is het percentage gekiemde bollen weergegeven na 70 en 100 dagen bewaring bij verschillende

temperaturen. Het verschil in kieming tussen de optimale en suboptimale temperaturen is aanzienlijk (Folchi en Mari, 1984).

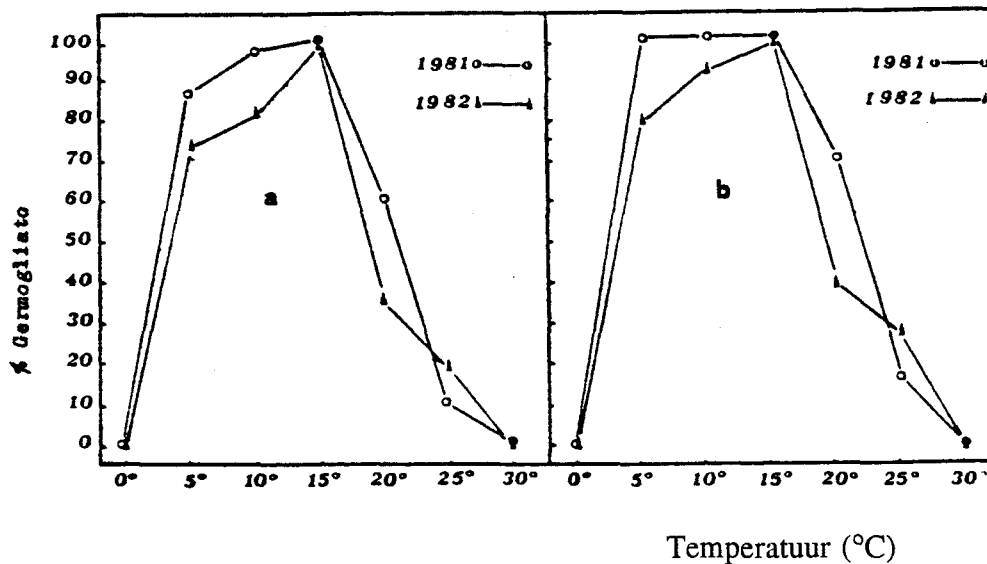


Fig. 3.1. Percentage gekiemde bollen na 70 (a) en 100 (b) dagen van bewaring bij verschillende temperaturen (Folchi en Mari, 1984).

Een nadeel van de hogere bewaartemperatuur is de grotere vatbaarheid voor schimmelziekten. Folchi en Mari (1984) onderzochten gedurende twee jaar het effect van de temperatuur op infectie van gedroogde knoflook. Bij een onderzochte temperatuurreeks van 0-30 °C nam de infectie duidelijk toe met stijgende temperatuur (Fig. 3.2). De belangrijkste schimmels waren *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.* en *Penicillium sp.* Een andere belangrijke reden om hogere temperaturen niet aan te bevelen voor langdurige bewaring, is het dan optredende hoge gewichtsverlies als gevolg van evaporatie (Ryall en Lipton, 1979).

De respiratie van knoflook is, evenals die van ui, relatief laag in vergelijking met andere groenten. Tevens neemt de respiratie slechts weinig toe met stijgende temperaturen gedurende langere tijd in bewaring. Een mogelijke verklaring voor deze lage respiratiesnelheid, is dat de buitenste, gedroogde huid een sterke barrière vormt tegen gasdiffusie, wat een lage O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> ratio in de bol tot gevolg heeft. Als de buitenste huid wordt verwijderd neemt de ademhaling namelijk sterk toe (Brewster, 1994).

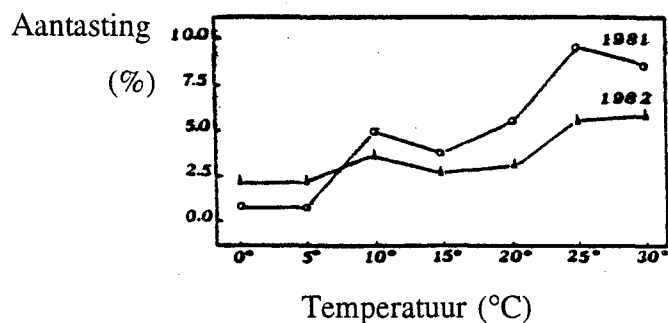


Fig. 3.2. Percentage door schimmel aangetaste bollen na 100 dagen bewaring bij verschillende temperaturen in verschillende jaren (Folchi en Mari, 1984).

Uit bovenstaande volgt, dat gedroogde knoflook het best bewaard kan worden bij temperaturen tussen -3 en 0 °C. Ook is bewaring goed mogelijk tussen 27 en 30 °C, maar nadelen zijn de hogere vatbaarheid voor schimmels en het grote vochtverlies. Vooral bij 5 °C treedt veel kieming op.

### 3.3 Luchtvochtigheid

De relatieve luchtvochtigheid (R.V.) dient bij bewaring van gedroogde knoflook altijd lager dan 70% te zijn. Dit om schimmelaantasting en wortelgroei te voorkomen dan wel te remmen (Ryall en Lipton, 1979; Salunkhe en Desai, 1984; Brewster, 1994; Kalra, 1987; Jones en Mann, 1963). De R.V. moet niet alleen rond de bewaarkisten minder dan 70% zijn, maar vooral ook rond de knoflookbollen zelf. Om dit te bereiken is een goede luchtcirculatie noodzakelijk (Ryall en Lipton, 1979).

Voor de bewaring van uien wordt in Nederland een R.V. van 80-85% aanbevolen. Boven deze waarde treedt wortelgroei en kieming op. Bij een R.V. van 70% of lager treden te hoge gewichtsverliezen op en worden er teveel zachte uien waargenomen (Anon., 1988b). In het buitenland worden lagere R.V.'s geadviseerd. Lutz en Hardenburg (1977) noemen een R.V. van 65-70% voor de Verenigde Staten, Gatzke (1982) gaf een R.V. van 70-80% voor de bewaring in de voormalige DDR en Yamaguchi (1983) stelt, dat sommige uierassen in Japan bijna een jaar bewaard kunnen worden bij 3 °C en de extreem lage R.V. van 40% of nog lager.

Samenvattend kan gesteld worden, dat de R.V. voor bewaring van gedroogde knoflook lager dan 70% moet zijn. Voor de bewaring van uien wordt in Nederland een R.V. van 80-85% aanbevolen. Verse knoflook zal bij 90-95% R.V. bewaard moeten worden.

### 3.4 CA-bewaring

Tot nu toe is nog weinig onderzoek verricht naar de CA-bewaring van knoflook. Reden hiervoor is waarschijnlijk, dat gedroogde knoflook onder de gunstigste omstandigheden, zoals in voorgaande paragrafen beschreven al een jaar bewaard kan worden. De markt voor verse knoflook is tot nu toe klein, zodat de behoefte voor onderzoek naar andere dan conventionele bewaarmethoden gering was. Er is al wel veel onderzoek verricht naar de CA-bewaring van uien, overigens ook alleen voor het gedroogde produkt. Tevens is er onderzoek gedaan naar CA-bewaring van verse knoflookstengels. In dit hoofdstuk zal daarom achtereenvolgens ingegaan op het CA-bewaringsonderzoek van ui, en het CA-onderzoek van knoflook.

Naar CA-bewaring van uien is al veel onderzoek verricht, maar het wordt op praktijkschaal nog niet toegepast. Het belangrijkste voordeel van CA-bewaring boven normale koelhuisbewaring is de betere kiemremming (Hak, pers. meded.).

Adamicki en Kepka (1974) testten het Poolse ras Wolska. De geteste CA-condities waren combinaties van 3 of 5% O<sub>2</sub> met 5 of 10% CO<sub>2</sub> bij 1 en 5 °C. Ze kwamen tot de conclusie, dat 3% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> het beste resultaat gaf. Fysiologisch bederf trad op bij 10% CO<sub>2</sub> en 1 °C. De kwaliteit van CA-bewaarde uien werd beter bevonden dan die van conventioneel bewaarde uien. Chawan en Pflug (1968) behaalden de beste resultaten bij 5-10% CO<sub>2</sub> en 3-5% O<sub>2</sub>.

In ander onderzoek (Schouten, 1976) werd bevestigd, dat bij 10% CO<sub>2</sub> grote verliezen optreden als gevolg van fysiologisch bederf, maar daarin werd tevens geconcludeerd dat andere gassenstellingen met lagere CO<sub>2</sub>-concentraties ook geen voordelen opleverden ten opzichte van gewone koelhuisbewaring. In het seizoen 1993-1994 is op het ATO-DLO onderzoek uitgevoerd, waarbij de condities <1% CO<sub>2</sub>, 0,5, 1 of 2% O<sub>2</sub>, 2 °C en 100% R.V. waren. De spruitgroei kon tot juni worden onderdrukt en de kwaliteit was uitstekend. Bij de

in lucht bewaarde uien kon deze kwaliteit slechts tot maart gehandhaafd worden. Het beste resultaat werd behaald bij 1% O<sub>2</sub>. Bij nog lagere O<sub>2</sub>-concentraties (0,5%) was het risico van alcoholvorming groot (Kristiaan, pers. meded.)

Een onderzoek aan CA-bewaring van gedroogde knoflook (Cessari en Tonini, 1966) werd uitgevoerd in 5,7% CO<sub>2</sub> en 3,7% O<sub>2</sub>. Gedurende de 88 dagen van de bewaarperiode was de temperatuur 2,5-3 °C en de R.V. 90%. De resultaten werden vergeleken met die van bewaring van gedroogde knoflook in normale atmosfeer bij een temperatuur van 0-1 °C. Het belangrijkste aspect dat bekeken werd, was de kieming. Er bleek geen verschil te zijn in kiemingspercentage tussen de behandelingen. Hieruit werd geconcludeerd dat CA-bewaring van knoflook geen zin heeft. Echter, het zou kunnen, dat bewaring onder andere CA-condities wel een gunstig effect heeft op de bewaarduur en het kwaliteitsbehoud van knoflook.

Kalra (1987) noemt CA-onderzoek waarbij knoflook gedurende 6 maanden bewaard werd bij 2-8% O<sub>2</sub>, 3-6% CO<sub>2</sub> en 3 °C. Het is niet bekend of het hier gedroogde dan wel verse knoflook betreft. Tevens is niet duidelijk of in deze onderzoeken een reeks van CA-condities werd getest of dat de condities fluctueerden. De beste kwaliteit knoflook zou bereikt worden bij een lage O<sub>2</sub>-concentratie. Verder werd vermeld, dat een hoge CO<sub>2</sub>- of lage O<sub>2</sub>-concentratie koprot kan voorkomen.

In China eet men niet alleen knoflooktenen, maar ook de verse stengels. CA-bewaring van dit produkt is gericht op handhaving van het chlorofyl-gehalte in de stengels en vermindering van microbiëel bederf. Verse knoflookstengels werden bewaard bij een lage O<sub>2</sub>- en hoge CO<sub>2</sub>-concentratie afgewisseld met korte perioden van hoge O<sub>2</sub>- en lage CO<sub>2</sub>-concentratie. De condities waren 1-5% O<sub>2</sub> + 1-6% CO<sub>2</sub>, 2-5% O<sub>2</sub> + 2-5% CO<sub>2</sub> en 1-5% O<sub>2</sub> + 2-8% CO<sub>2</sub>. Na 270 dagen waren de stengels nog steeds groen. Het chlorofyl-gehalte was het hoogst bij 1-5% O<sub>2</sub> + 2-8% CO<sub>2</sub>. Fluctuerende CA-condities verminderden het bederf ten opzichte van gekoelde bewaring in normale atmosfeer en CA-bewaring met constante gassenstellingen. De onderzoekers concludeerden, dat de bewaring van verse knoflookstengels het beste is bij 1% O<sub>2</sub> en 6% CO<sub>2</sub> waarbij het produkt gedurende de bewaring korte perioden wordt blootgesteld aan 5% O<sub>2</sub> en 1% CO<sub>2</sub> (Yu *et al.*, 199?)



Samenvattend; uien kunnen bij 1% O<sub>2</sub>, <1% CO<sub>2</sub>, 2 °C en 100% R.V. langer bewaard worden dan bij gekoelde bewaring. Met name de kieming wordt onderdrukt. In China kunnen verse knoflookstengels gedurende 270 dagen bewaard worden bij 1% O<sub>2</sub> en 6% CO<sub>2</sub> afgewisseld met korte perioden van 5% O<sub>2</sub> en 1% CO<sub>2</sub>.

### 3.5 MA-verpakken van knoflook

In Korea is onderzoek gedaan naar het MA-verpakken van gedroogde knoflook. Knoflook werd verpakt in een 0,1 mm dikke poly-ethyleen (PE) zak of in een acryl doos. Als controle diende onverpakte knoflook. De knoflook was gedroogd tot 65% van het oorspronkelijke gewicht. De verpakte knoflook verloor vervolgens gedurende 9 maanden nauwelijks vocht (max. 0,4%), terwijl de controle tot 4,5% vocht kwijtraakte. Het gewichtsverlies als gevolg van bederf was bij de verpakte knoflook maximaal 20%, terwijl dit bij de controle varieerde van 25 tot 77%. De CO<sub>2</sub>-concentratie in de verpakking liep in de eerste 2 maanden op tot 13-15%, maar daalde daarna tot 8-9% (Song *et al.*, 1982). Het blijkt, dat de gebruikte verpakkingen duidelijk bijdragen aan het kwaliteitsbehoud van knoflook, welke ook 3-4 maanden langer bewaard kon worden dan de controle.

Een probleem, dat optrad tijdens de bewaring in PE verpakking was bruining. Dit was waarschijnlijk het gevolg van CO<sub>2</sub>-ophoping door ademhaling van het produkt. Om te achterhalen of dit probleem te voorkomen is, werd knoflook verpakt in PE zakken van verschillende dikte: 0,03, 0,05, 0,08, 0,1 en 0,1 mm met gaatjes. De knoflook werd bewaard in een buitenlucht gekoeld pakhuis van juli tot mei. Vanaf maart trad bruining op in de meeste behandelingen en in april werd bruining in alle behandelingen aangetroffen. Deze bruining varieerde van 6,8 en 13,8% in 0,03 en 0,05 mm PE resp. tot 71,8 en 100% in 0,08 en 0,1 mm PE resp (zie ook tabel 3.2). Het bruiningspercentage was ook laag in de controle en 0,1 mm met gaatjes, maar hier was het microbiëel bederf bijzonder groot. De CO<sub>2</sub>-concentratie bedroeg 12-18% in de PE zakken van 0,08 en 0,1 mm dikte. In 0,03 en 0,05 mm PE was de CO<sub>2</sub>-concentratie 2-7% en volgens de onderzoekers is dit de optimale waarde voor MA-bewaring van knoflook (Song *et al.*, 1986). Er trad wel 80-100% kieming en wortelgroei op in 0,03 en 0,05 mm PE, terwijl dit volledig uitbleef in 0,08 en 0,1 mm PE. Kennelijk wordt kieming en wortelgroei tijdens bewaring niet als een bijzonder negatief kenmerk

ervaren door de onderzoekers.

Gedroogde knoflook kan in een PE verpakking langer bewaard worden dan bij normale gekoelde bewaring. De dikte van de verpakking heeft invloed op de CO<sub>2</sub>-concentratie. De optimale CO<sub>2</sub>-concentratie voor bewaring van gedroogde knoflook ligt tussen 2 en 7%, welke bereikt wordt bij 0,3 en 0,5 mm PE.

Tabel 3.2. Bruining van knoflook (%) en CO<sub>2</sub>-concentraties (%) in PE van verschillende dikten (Song *et al.*, 1986).

Behandeling	Bruining (%)	CO <sub>2</sub> -concentratie (%)
Controle	3,5	0
0,03 mm PE	6,8	2-7
0,05 mm PE	13,8	2-7
0,08 mm PE	71,8	12-18
0,1 mm PE	100	12-18
0,1 mm PE + gaatjes	10,1	2-7

### 3.6 Maleïne hydrazide

Het gebruik van groeiregulatoren, zoals maleïne hydrazide, kan de bewaarduur van gedroogde knoflook aanzienlijk verlengen. Maleïne hydrazide wordt enkele weken voor de oogst toegediend. Uit onderzoek is gebleken, dat het geen effect heeft op de opbrengst en de chemische samenstelling van knoflook (El-Oksh *et al.*, 1971; Croci *et al.*, 1990). Verder wordt de respiratie gereduceerd. Bovendien zou het rottingspercentage sterk afnemen. Een onderzoek meldt een afname van rot van 33% in de controle tot 5% in de met maleïne hydrazide behandelde partij (Kalra, 1987). De belangrijkste waarde van maleïne hydrazide is echter, dat het spruit- en wortelgroei remt en het gewichtsverlies beperkt blijft (El-Oksh *et al.*, 1971). Uiteindelijk kan de kwaliteit van gedroogde knoflook een jaar op een voor de markt aanvaardbaar niveau blijven na toediening van maleïne hydrazide, mits de knoflook gekoeld bewaard is (El-Oksh *et al.*, 1971).

Gesteld kan worden dat behandeling van knoflook met de groeiregulator maleïne hydrazide

spruit- en wortelgroei en het gewichtsverlies remt, waardoor de kwaliteit van gedroogde knoflook gedurende een jaar op een aanvaardbaar niveau kan blijven.

### **3.7 Gamma-straling**

Bestraling van knoflook en de meeste andere voedingsmiddelen is in Nederland verboden, mede omdat de consument bestraald voedsel niet accepteert (Hartmans, pers. meded.). In andere landen is onderzoek gedaan naar het effect van bestraling van knoflook.

Gamma-straling een gunstig effect op de bewaarduur en op het kwaliteitsbehoud (El-Oksh *et al.*, 1971). Salunkhe en Desai (1984) melden dat een dosis van 2-krd, toegediend binnen 8 weken na de oogst, kieming aanmerkelijk remt, gewichtsverlies beperkt en de bewaarduur verlengt tot een jaar. Als de dosis later werd toegediend, dan werd de kieming niet geremd. Het gewichtsverlies wordt toegeschreven aan verminderde transpiratie en het remmende effect op enkele biochemische mechanismen betrokken bij de respiratie en kieming (Crocì en Curzio, 1983; Crocì *et al.*, 1990; Kalra, 1987). Hoewel El-Oksh *et al.* (1971) melden, dat het gunstige effect van gamma-straling teniet wordt gedaan als de temperatuur hoger is dan 0 °C of fluctueert, wordt dit weerlegd door onderzoek van Crocì en Curzio (1983) en Crocì *et al.* (1990), die gedroogde knoflook cvs "Red" en "Rosado Paraguayo" na behandeling met gamma-straling een jaar goed konden houden bij temperaturen variërend van 6-32 °C en een R.V. van 40-50%.

Bestraling van knoflook is verboden in Nederland, maar gamma-straling remt kieming, beperkt gewichtsverlies en kan de bewaarduur tot een jaar verlengen.

## **4 BEWAARINSTALLATIES**

### **4.1 Koeling**

De bewaarinstallaties voor gedroogde knoflook zijn vergelijkbaar met die van uien. Er zijn twee methoden in gebruik voor koeling: met buitenlucht of mechanisch. Een voordeel van

mechanische koeling boven buitenluchtkoeling is dat de temperatuur beter geregeld kan worden.

In luchtgekoelde bewaarplaatsen worden uien los gestort tot 3,5 meter hoogte opgeslagen. De lucht wordt onderin toegevoerd via een roostervloer of via luchtkanalen in of op de vloer (Anon., 1988b). Uit de literatuur zijn geen gegevens bekend tot welke hoogte knoflook gestort zou kunnen worden. In paragraaf 4.1 is een droogmethode beschreven, waarbij de knoflook tot 80 cm hoogte gestort werd.

Melissant (1985) adviseert om de knoflook in kuubskisten te bewaren. De kisten kunnen direct op een droogvloer geplaatst worden of worden aangesloten op een ventilator. Een voordeel hiervan is dat men gemakkelijk een kist kan weghalen om klaar te maken voor de veiling. De ventilatie kan hierbij ongestoord doorgaan. In kuubskisten opgeslagen knoflook dient wel langer geventileerd te worden, omdat het verdampingsoppervlak kleiner is dan bij losse bewaring.

Overigens kan alleen geventileerd worden met buitenlucht als de buitentemperatuur enkele graden lager is dan de temperatuur van het produkt. Ventilatie met warmere lucht kan leiden tot ongewenste condensvorming op het produkt, resulterend in gunstige condities voor ziekteaansteking (Schouten, 1987). In gematigde streken is het vrijwel onmogelijk om de gewenste bewaartemperatuur van ongeveer 0 °C te bereiken en vast te houden. Bij hogere temperaturen treedt kieming op. Om deze kieming tegen te gaan kan een kiemremmingsmiddel gebruikt worden. Hoewel uien en knoflook ongeveer gelijke optimale bewaartemperaturen hebben, ligt de optimale kiemtemperatuur van knoflook 10 °C lager tussen 5 en 18 °C (Salunkhe en Desai, 1984). Daarom zal bij knoflook eerder worden overgegaan op mechanische koeling.

Mechanische koeling wordt momenteel ook toegepast bij verse knoflook (Anon., 1994) en wordt ook aanbevolen voor groen geogste uien, zilveruien, sjalotten en uien met loof (Anon., 1988b). De toepassing van mechanische koeling bij los gestorte opslag vereist gedwongen luchtcirculatie door de lading heen, bijvoorbeeld van beneden naar boven zoals hierboven beschreven voor de buitenluchtkoeling. Bij gebruik van kisten is niet-geleide luchtcirculatie

toe te passen met bijvoorbeeld plafondkoelers. In dit koelsysteem van vrije luchtcirculatie moeten de stapelkisten voorzien zijn van spleten in de wanden en in de kistbodem (Anon., 1988b).

In geval van bewaring bij hoge temperaturen (ongeveer 30 °C) wordt de door te blazen lucht eerst verwarmd. De bewaarduur is veel korter dan bij gekoelde bewaring en wordt over het algemeen alleen geadviseerd in tropische streken (Schouten, 1987).

Mechanische koeling heeft in Nederland voorkeur boven buitenluchtkoeling, omdat de temperatuur beter beheerst kan worden. Bewaring bij hoge temperaturen wordt alleen geadviseerd in tropische streken.

## 4.2 CA

Voor CA-bewaring is een speciale ruimte vereist met een systeem, dat de CA-condities regelt en beheerst (Fig. 4.1) (Schouten, 1993). De wanden, vloer en plafond moeten goed geïsoleerd zijn tegen warmte van buiten. Deuren en ramen moeten gasdicht afgesloten kunnen worden. Verder moet er een drukventiel zijn, dat problemen voorkomt met koeling (krimpende lucht) en weersomstandigheden. De veiligheid wordt meestal gecompleteerd door een zogenaamde long. Dit is een plastic zak, die in open verbinding staat met de bewaarruimte en lucht uit de ruimte bevat. Dan wordt er nog een kleine ventilator aangebracht in een wand, welke lucht in de ruimte kan brengen indien noodzakelijk. Alle gasleidingen van en naar de CO<sub>2</sub>-scrubber, N<sub>2</sub>-generator en analysers gaan door de wanden van de ruimte. De temperatuur wordt op dezelfde wijze gerealiseerd als bij mechanische koeling.

Voor een snelle realisatie van CA-condities worden verschillende apparaten gebruikt. Er zijn branders, die verbrande lucht (arm aan O<sub>2</sub>) in de ruimte brengen. Ook zijn er zogenaamde ammonia-krakers, welke N<sub>2</sub> produceren door ammonia te "kraken". Tenslotte bestaan er tegenwoordig luchtscheidingsystemen. Deze laatste scheiden lucht in haar bestanddelen en de N<sub>2</sub>-rijke lucht wordt in de ruimte gebracht.

CO<sub>2</sub> kan ook op verschillende manieren verwijderd worden. De eenvoudigste manier is om

de lucht uit de ruimte door kalk te leiden. CO<sub>2</sub> wordt dan geabsorbeerd. In plaats van kalk kan actieve kool gebruikt worden, maar deze methode is gecompliceerder, omdat de CO<sub>2</sub> verwijderd moet worden uit de actieve kool.

CA-condities worden gecontroleerd door de CO<sub>2</sub>- en O<sub>2</sub>-concentraties te meten in bijvoorbeeld infrarode en paramagnetische analysers en de concentraties te veranderen door de scrubber, ventilator en N<sub>2</sub>-generator aan of uit te zetten.

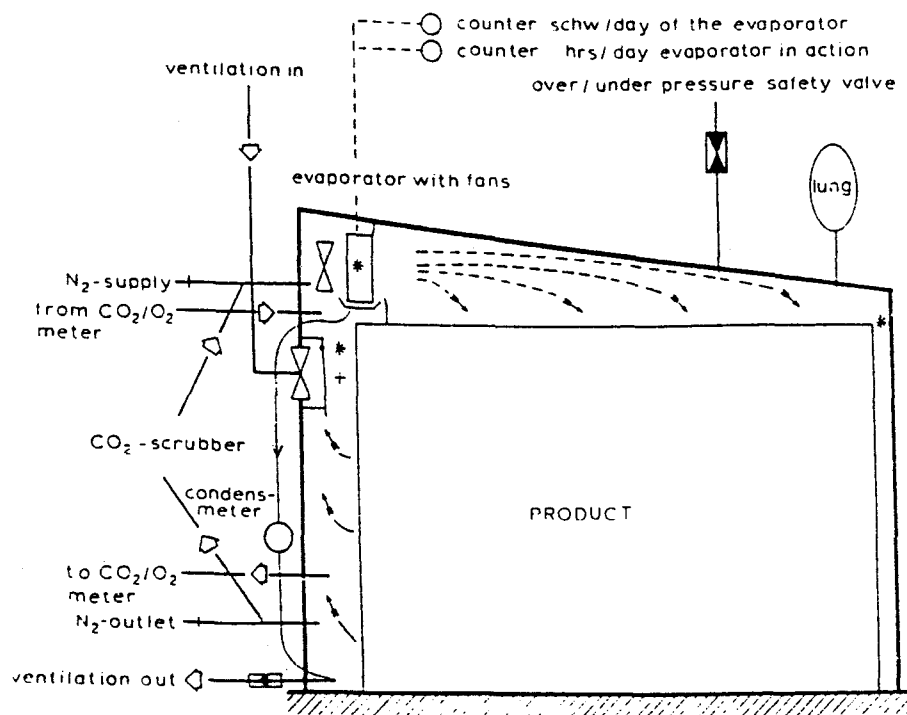


Fig. 4.1. Algemeen overzicht van een CA-bewaarruimte (Schouten, 1993).

CA-bewaarruimten dienen goed geïsoleerd te zijn en moeten voorzien worden van meet- en regelapparatuur, die de CA-condities instellen en controleren.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK

Uit de besproken literatuur kunnen conclusies getrokken worden, die leiden tot aanbevelingen voor onderzoek. In de volgende paragraaf zullen eerst de conclusies vermeld worden, waarna in de laatste paragraaf de aanbevelingen zullen volgen.

### 5.1 Conclusies

De geur-, smaak- en farmacologische stoffen van knoflook worden gevormd door vluchtige, zwavel bevattende verbindingen. Er is aangetoond, dat deze stoffen tal van medicinale, antibacteriële, fungicide en insecticide werkingen hebben. Het is onduidelijk, wat het effect van bewaring is op de kwaliteit van deze stoffen. Tevens is uit de literatuur niet bekend of er verschil is in samenstelling tussen verse en gedroogde knoflook.

Uit de literatuur is weinig bekend over bewaring van verse knoflook, maar veel meer van gedroogde knoflook. De optimale temperatuurreeks ligt tussen -3 en 0 °C voor een bewaaruur van 6-7 maanden en bij 27-32 °C voor een periode korter dan een maand. Bij de tussenliggende temperaturen treedt kieming op, vooral tussen 5 en 18 °C. De relatieve luchtvochtigheid moet lager dan 70% zijn om schimmelaantasting en wortelgroei te voorkomen. Bewaring kan geschieden in buitenlucht of mechanisch gekoelde ruimten, die goed geventileerd zijn, of in verwarmde ruimten. Knoflook dient bij voorkeur in kuubskisten opgeslagen te worden. Maleïne hydrazide en gamma-straling kunnen de bewaaruur van gedroogde knoflook aanzienlijk verlengen en de kwaliteit waarborgen. De kieming wordt sterk geremd en het gewichtsverlies blijft beperkt. In Nederland is bestraling van knoflook en de meeste andere voedingsmiddelen echter verboden.

Over CA-bewaring van gedroogde knoflook is weinig bekend, omdat het produkt onder de juiste omstandigheden al bijna een jaar bewaard kan blijven. Er is een onderzoek bekend waarbij gedroogde knoflook bij 5,7% CO<sub>2</sub> en 3,7% O<sub>2</sub> bewaard werd. Deze combinatie leverde na 88 dagen geen verschil in kieming op ten opzichte van conventionele bewaring. De invloed op overige kenmerken is onbekend. Uit een ander onderzoek blijkt dat de beste kwaliteit bereikt wordt bij een lage O<sub>2</sub>-concentratie. In China kunnen verse knoflookstengels

270 dagen bewaard blijven bij 6% CO<sub>2</sub> en 1% O<sub>2</sub> met korte perioden van 1% CO<sub>2</sub> en 5% O<sub>2</sub>. De optimale CO<sub>2</sub>-concentratie voor bewaring van gedroogde knoflook zou liggen tussen 2-7%. Naar CA-bewaring van uien is wel veel onderzoek verricht. Het belangrijkste voordeel van CA is de kiemremming. Optima zijn 1% O<sub>2</sub> en 0-1% CO<sub>2</sub>. Bij een CO<sub>2</sub>-concentratie van 10% of meer kan schade optreden.

## 5.2 Aanbevelingen voor onderzoek

Vanwege de korte houdbaarheid van verse knoflook en de gevonden positieve effecten van CA op een vergelijkbaar gewas als ui en gedroogde knoflook lijkt onderzoek naar CA-bewaring van verse knoflook goede perspectieven te hebben. Bij CA-bewaringsonderzoek aan verse knoflookbollen kunnen de uit de literatuur bekende gegevens als leidraad gehanteerd kunnen. Het onderzoek zou kunnen beginnen met lage O<sub>2</sub>-condities en een CO<sub>2</sub>-concentratie tussen 2-7%. De temperatuur kan de optimale waarde zijn voor gedroogde knoflook, -3 tot 0 °C, of de temperatuur, die gehanteerd wordt bij CA-bewaring van uien, 2 °C. Een optimale bewaarconditie voor verse knoflook zal het verloop van kwaliteitsaspecten als geur, smaak en farmacologische eigenschappen positief moeten beïnvloeden.

## 6 LITERATUUR

- Adamicki, F. en A.K. Kepka, 1974. Storage of onions in controlled atmospheres. *Acta Horticulturae*, no. 38(1): 53-73.
- Anon., 1988a. Production yearbook. Food and Agriculture Organization, Rome, 41: 192.
- Anon., 1988b. Ui en sjalot, Hst. 11, Bewaring en opslag en Literatuur. Mededeling nr. 30, Uitgave van het Sprenger Instituut, Wageningen, Nederland.
- Anon., 1994. Verse knoflook: pionieren met een geurige nieuwkomer. In: WFO Nieuws, WFO: 8-9.
- Brewster, J.L., 1994. Onions and other vegetable alliums. CAB International. 236 blz.
- Buishand, T., H.P. Houwing en K. Jansen, 1986. Groenten uit alle windstreken. Het Spectrum, Nederland. 180 blz.



- Ceci, L.N., O.A. Curzio en A.B. Pomilio, 1991. Effects of irradiation and storage on the flavor of garlic bulbs cv "Red". *Journal of Food Science*, Vol. 56(1): 44-46.
- Cessari, A. en G. Tonini, 1966. Entreposage de l'ail en atmosphere artificielle. *Inst. Intern. du Froid/Intern. Inst. Refrig. Comm. 4-5*. Bologne, Paris: 103-104.
- Chawan, T. en I.J. Pflug, 1968. Controlled atmosphere storage of onions. *Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bul.* 50: 499-457. (*Hort. Abstr.* 39: 899).
- Choudhury, B., 1979. *Vegetables*. National Book Trust, New Delhi, India: 103-105.
- Croci, C.A. en O.A. Curzio, 1983. The influence of gamma-irradiation on the storage life of "Red" variety garlic. *Journal of Food Processing and Preservation*, 7: 179-183.
- Croci, C.A., O.A. Curzio en J.A. Arguello, 1990. Storage behavior of an early garlic (*Allium sativum* L.) subject to gamma-ray radioinhibition. *Journal of Food Processing and Preservation*, 14: 107-112.
- Curzio, O.A., C.A. Croci en L.N. Ceci, 1986. The effects of radiation and extended storage on the chemical quality of garlic bulbs. *Food Chemistry*, Vol. 21(2): 153-159.
- El-Oksh, I.I., A.S. Abdel-Kader, Y.A. Wally en A.F. El-Kholly, 1971. Comparative effects of gamma irradiation and maleic hydrazide on storage of garlic. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, 96(5): 637-640.
- Flores, A.F., 1951. *Anales fac farm. y bioquim. Univ. nacl. mayor. Sen. Marcos, Lima, Peru*, 2: 229-233.
- Folchi, A. en M. Mari, 1984. Influenza del gradiente termico sulla germogliazione e sulle alterazioni infettive dell'aglio in conservazione. *Rivista della Ortoflorofrutticoltura Italiana*, vol. 68(4): 317-322.
- Freeman, G.G., 1978. Factors affecting flavour during growth, storage and processing of vegetables. In: Land, D.G. en H.E. Nursten (Eds.). *Progress in flavour research*. London, UK: 225-243.
- Gatzke, E., 1982. Möglichkeiten und Aufgaben zur weiteren Reduzierung der Verluste bei der Langzeitlagerung von Kopfkohl, Speisemöhren und Speisezwiebeln. *Gartenbau* 29(1): 7-9.
- Jones, H.A. en L.K. Mann, 1963. Onions and their allies-Botany, cultivation, and utilization. *World Crops Books*, London/New York: 210-229 en 248-270.
- Kalra, C.L., 1987. Harvesting, handling, storage, chemistry, pharmacological properties and technology of garlic (*Allium sativum* L.) - A review. *Indian Food Packer*, March-April:

56-80.

- Komochi, S., 1990. Bulb dormancy and storage physiology. In: Rabinowitch, H.D. en J.L. Brewster (Eds.). Onions and allied crops, Volume I: Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Florida, USA: 89-111.
- Kwon, J.H. en H.S. Yoon, 1985. Changes in flavor components of garlic resulting from gamma irradiation. *Journal of Food Science*, Vol. 50: 1193 en 1195.
- Lutz, J.M. en R.E. Hardenburg, 1977. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. Agric. handbook no. 66. Government Printing Office, Washington. 94 blz.
- Melissant, B., 1985. Teelt van knoflook in Nederland. Literatuurstudie naar de gang van zaken in de knoflookteelt. SNUiF. 55 blz.
- Ryall, A.L. en W.J. Lipton, 1979. Commodity requirements-Underground structures. In: Handling, transportation and storage of fruits and vegetables, Vol. 1, 2nd edition. USA: 210-213 en 232-234.
- Salunkhe, D.K. en B.B. Desai (Eds.), 1984. Postharvest biotechnology of vegetables, vol. II. CRC Press, Cleveland: 34-38.
- Schouten, S.P., 1976. CA-bewaring van uien 1974-1976. Rapport no. 1944. Sprenger Instituut, Wageningen, Nederland. 26 blz.
- Schouten, S.P., 1987. Bulbs and tubers. In: Weichmann, J. (Ed.). Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker, New York: 555-581.
- Schouten, S.P., 1993. (CA) storage of horticultural crops. ATO-DLO, Wageningen, Nederland. 6 blz.
- Song, J.C., Y.H. Park, I.W. Yoon en P.J. Han, 1982. Studies on the sealed storage of garlic in P.E. film bag. Res. Rept. ORD 24(S.P.M.U.): 118-123.
- Song, J.C., N.K. Park, I.W. Yoon, Y.I. Lee, B.H. Cho, S.H. Kwon, Y.A. Lee en P.J. Han, 1986. Studies on the prevention of browning during the garlic storage sealed in polyethylene film bag. Res. Rept. RDA 28(1): 152-157.
- Yamaguchi, M., 1983. World vegetables; principles, production and nutritive values. Avi Publishing Company, Westport, USA. 415 blz.
- Yu, L., L.L. Zhou en S.T. Zhou, 199?. Physiological responses of apple, kiwifruit, and garlic sprouts to fluctuating atmospheric composition. ? : 728-731.