

ETTERUTDANNINGSKURS VED NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
"PLANTEVERN I GRØNSAKKULTURAR"
24-26 MARS 1980

KRAV TIL LAGRINGSKLIMAET

AV

HALLDOR HOFTUN

INNLEIING

Når grønnsakene vert hausta er det slutt på tilførsel av vatn og næringsstoff. Livsprosessane held likevel fram, og det skjer fysiologiske og kjemisk/biologiske omsetjingar. Nokre av desse kan vera ønskjelege, som t.d. ettermogning av tomat, men dei fleste endringane fører til at nærings- og bruksverdien går ned utover i lagringsperioden. Mikrobiell nedbryting er også eit problem ved lagring av friske planteprodukt.

I tillegg til dette har vi transpirasjon, ein reint fysisk prosess, som resulterer i vasstap frå plantevevet. Friske grønnsaker inneheld inntil 95% vatn, og dei fleste grønslag har ei oppbygging som gjer dei sterkt utsette for uttørking.

For å oppnå best mogeleg kvalitet og lang lagringstid, der det er ønskjeleg, er det viktig å setja ned livsverksemda i grønnsakene til eit minimum, men dei prosessane som går for seg i plantevevet må ikkje forstyrrast eller stogga opp. I slike tilfelle vert produkta svekka, og mikroorganismar får lett innpass. Plantevevet kan også bryta heilt eller delvis saman etter lagring ved for låg eller for høg temperatur, eller dersom endringane i luftsamansetnad vert for store.

Det vi kallar grønnsaker er ei ueinsarta produktgruppe der ulike plantedelar utgjer matnyttig vare: røter, stenglar, bladstilkar, blad, blomsterstandar, frø og heile frukter. Den potensielle

lagringstida dvs. brukstida i frisk tilstand etter hausting, varierer frå nokre få døger hos generative plantedelar og vegetative produkt i rask vekst til 7-8 månader hos typiske lagringsorgan, tabell 1. I prinsippet er det ingen skilnad på lagring av produkt med kort eller lang brukstid. Skilnaden i krav til lagringstemperaturen, i første rekkje temperaturen, har nær samanheng med klimatisk opphav hos dei ulike grønssakslaga.

Tabell 1. Lagringstid og tilrådd lagringstemperatur for nokre grønssakslag.

Produkt for korttidslagring			Produkt for langtidslagring		
Grønssakslag	"Normal" lagringstid i veker	Tilrådd lagringstemp. i °C	Grønssakslag	"Normal" lagringstid i mnd.	Tilrådd lagringstemp. i °C
Agurk	2	12,5	Gulrot	4-8	0
Blomkål	2-3	0	Kepaløk	4-8	÷1,5-0
Bønner	1-2	5-7	Knollselleri	4-5	0-1
Erter	1	÷0,5-1	Kruspersille	2-5	÷1-0
Graskar (squash)	2-3	10	Kvitkål (vinter)	2-7	0
Kvitkål (sommar)	2-4	0	Kålrot	5-7	0
Melon	1-3	5-10	Persillerot	3-5	0
Paprika	3-4	10	Purre	3-5	÷1-0
Salat	1-3	0-1	Rosenkål	2-5	÷1,5-0
Sukkermais	1	0	Rødbete	2-5	1-3
Tomat, grønne	3-5	11-13	Stilkselleri	1-3	0
Tomat, modne	1-3	10-12			

Før vi går over til å diskutera klimakrav kan det vera grunn til å definera kva klima er. I Gyldendals eittbindsleksikon frå 1958 står fylgjande: "Klima, et helhetsbilde av de meteorologiske fenomener som i middel karakteriserer været innen et visst tidsrom på et sted. Av de enkelte klimaelementer kan nevnes temperatur, nedbør og fremherskende vinder. Elementene er avhengig av klimafaktorene dvs. topografi, avstand fra havet, geografisk bredde osv."

I ventilerte lager vil klimafaktorane i høg grad få verknad for lagringsresultatet. I kjølelager vert faktorane sett meir eller mindre ut av funksjon og ein kan i større grad spela på dei ulike element, alt etter kor avanserte lagringsmetodar ein tek i bruk.

Klimaelementa ein kan variere og nytta seg av ved lagring av grøn-saker er:

- Temperatur
- Luftråme
- Luftrørsle
- Luftsamansetnad
- Lufttrykk

TEMPERATUR

Dei fleste prosessane som går for seg i levande plantedelar er temperaturavhengige, dvs. at til høgare temperaturen er, innafor visse grenser, til raskare går stoffomsetnaden og til kortare vert levetida for produkta. I tabell 2 er ført opp CO₂-produksjonen hos nokre produkt ved ulike temperaturar. Tabellen viser at det er sterk stigning i andingsintensitet med stigande temperatur, og at det er stor skilnad i CO₂-produksjon hos ulike grøn-sakslag.

Hos mange produkt er det nær samanheng mellom anding og kvalitet, og akkumulert CO₂-produksjon er i einskilde høve nytta som mål for potensiell lagringstid ved temperaturar og/eller luftsamansetnader som ikkje er skadelege for plantene. Det vert ofte rekna med at nedre grense for salskvalitet er nådd når det er utskilt 20 g CO₂ pr kg plantemateriale. Hos purre synest kvaliteten å vera akseptabel ved ein total CO₂-produksjon på 20 g, og som det går fram av figur 1, steig lagringstida frå 16 døger ved 12,5°C til 68 døger

ved -1°C . Ved -3°C tok det 115 døger å produsera 20 g CO_2 pr kg, men både ved -3 og ved -2°C er det registrert frostskaade på plantene. I forsøka med purre som er referert ovafor, var ikkje plantene sprøyta med soppmidlar.

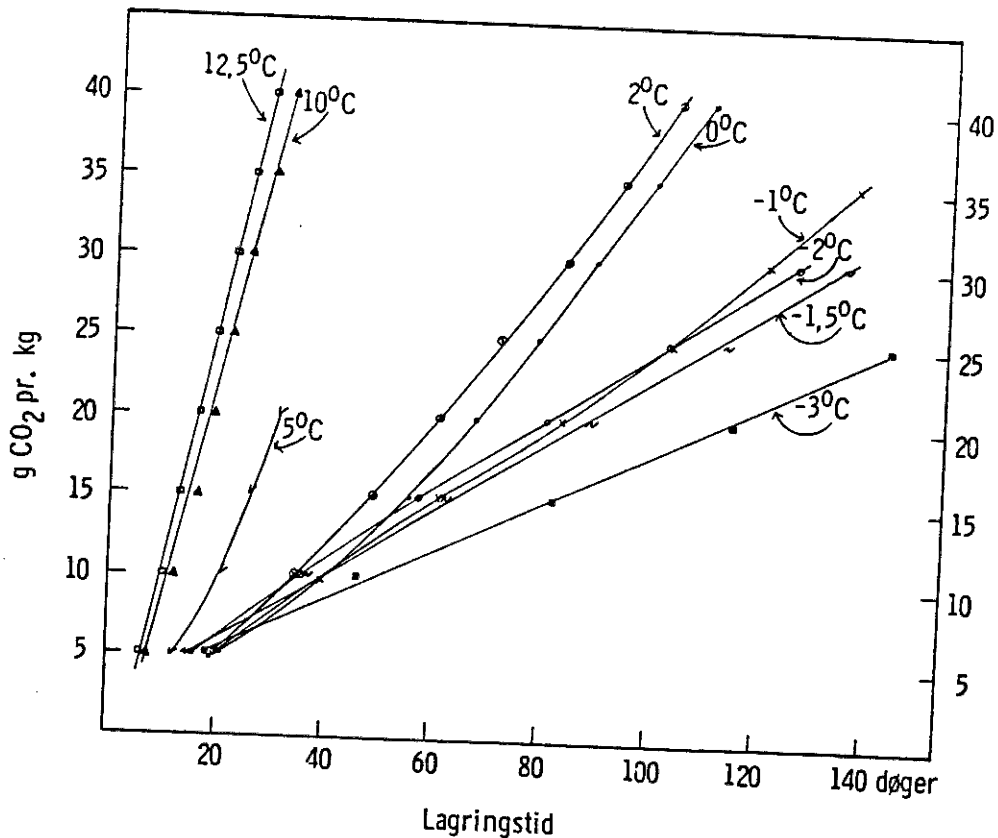
Tabell 2. Andingsintensitet, utskilt mg CO_2 pr kg pr time, hos grønsaker.

Produkt	Temperatur $^{\circ}\text{C}$				
	0	5	15	21	26
Agurk			15 - 33	14 - 48	19 - 55
Blomkål	17 - 19	19 - 22	43 - 49	75 - 86	84 - 140
Brokkoli	19 - 21	35 - 160	174 - 340	278 - 341	560 - 880
Gulrot	9,5 - 20	13 - 26	26 - 54	46 - 95	
Kål	4,5 - 6,3	7,7 - 12	19 - 26	28 - 49	49 - 64
Løk (tørket)	2,7 - 3,1	3,1 - 3,6	10 - 11	14 - 19	27 - 29
Rosenkål	10 - 30	22 - 48	64 - 136	86 - 172	
Salat	19 - 27	24 - 35	51 - 74	82 - 119	120 - 172
Stilkselleri	2,7	11	37	65	
Tomater (modne)		5,0 - 8,1	16 - 28	28 - 41	34 - 51

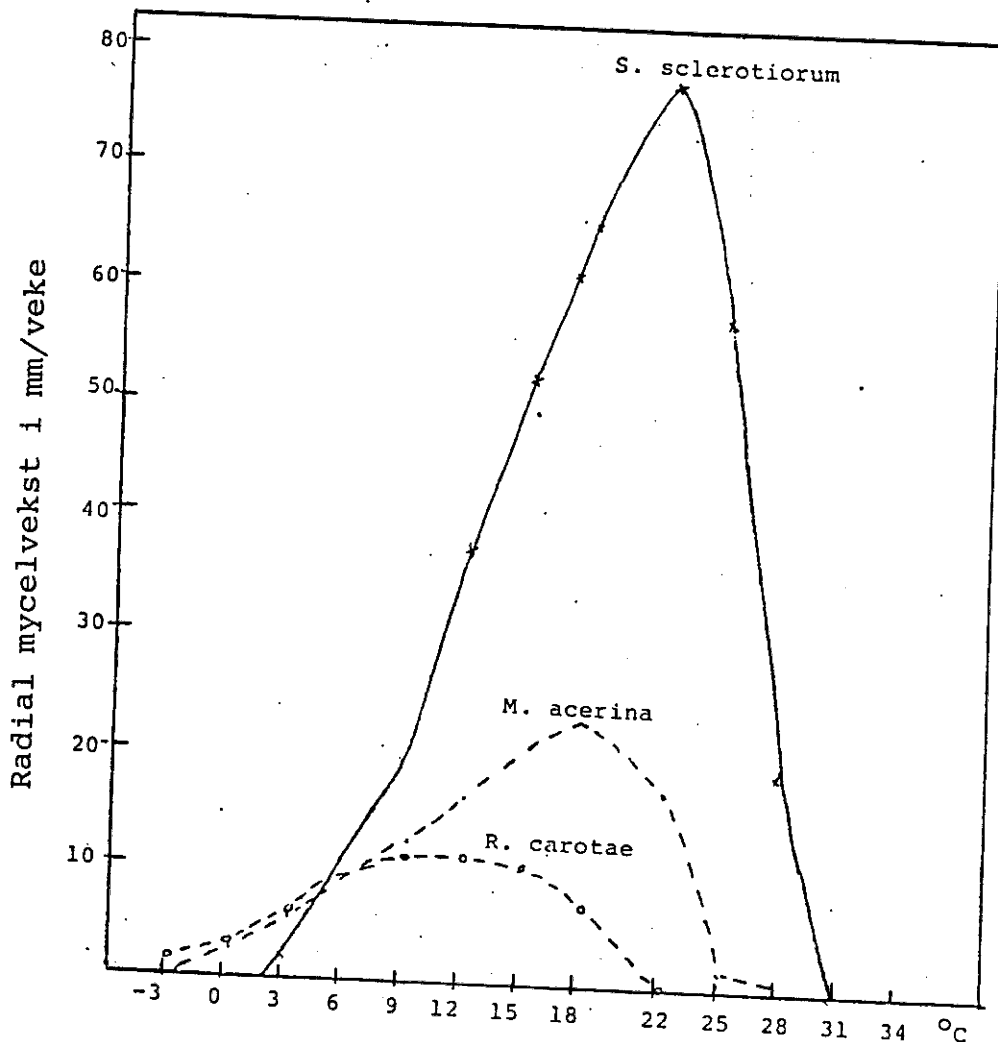
Temperaturen verkar også på veksten hos mikroorganismene, og temperaturregulering er ein viktig faktor når det gjeld å avgrensa omfanget av lagringssjukdommar.

Minimums-, optimums- og maksimumstemperaturar for vekst er ulike hos dei ulike mikroorganismar, slik det går fram av figur 2.

Einskilde av dei typiske lagringssjukdommane har svært låge minimumstemperaturar. Klosopp (*Mycocentrospora acerina*), gråskimmel (*Botrytis cinerea*), gulrotsvartfleck (*Acrothecium carotae*) og gulrotkvitfleck (*Rhizoctonia carotae*) er soppar som på kunstig medium kan veksa ved -3°C (ARSVOLL 1969). Hos purre er det funne angrep av gråskimmel (*Botrytis porri*) ved -3°C .



Figur 1. Akkumulert CO₂-produksjon hos purre etter lagring ved ulike temperaturar. (Hoftun 1978 a).



Etter
Årsvoll, 1969

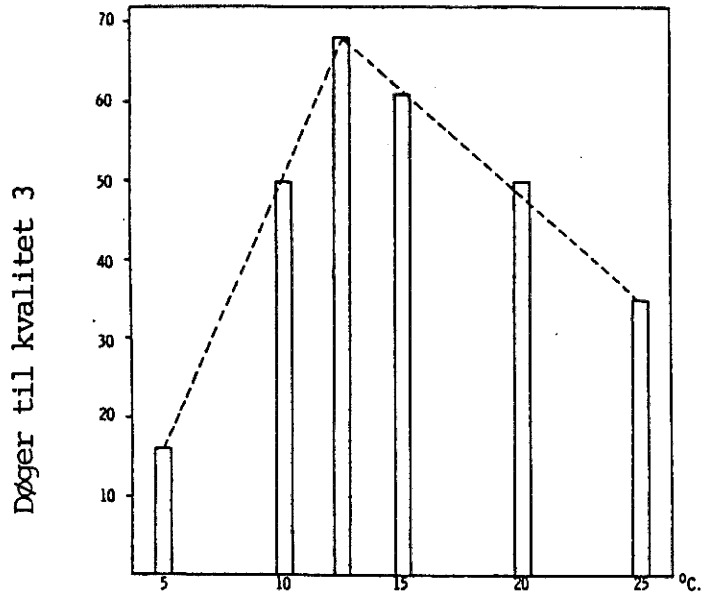
Figur 2. Radial mycelvekst (mm/veke) på kunstig vekstmedium. Stor-
knolla råtesopp (*Sclerotinia sclerotiorum*), veksttid 3 dg.
Klosopp (*Mycocentrospora acerina*), veksttid 12 dg.
Gulrotkvitflekk (*Phizostoma*)

Etter det som er sagt ovafor er det naturleg å trekkja den konklusjonen at det er berre å senka temperaturen for å redusera livsverksemda i plantene og for å hindra utvikling av lagringssjukdommar. Så enkelt er det likevel ikkje. Kwart grønsakslag har ei nedre temperaturgrense. Dersom denne grensa vert underskriden fører det til at stoffskifteprosessane ikkje går normalt, eller i verste fall stoggar opp. I første omgang resulterer dette i at plantevevet vert svekka og mikroorganismar, ofte svake parasittar som har lågare temperaturkrav, får vilkår til å utvikla seg. Dette gjer at sjukdomsåtaket kan verta stort på lageret, eller det slår ut først når produkta vert flytta til høgare temperatur, som vist for gulrot i tabell 3. Sterk skade av for låge temperaturar fører til fullstendig samanbrot av plantevevet. Dette er m.a. observert hos agurk som er lagra ved 5°C, figur 3. Hos agurk har det elles vist seg at lagring ved 5°C fører til raskt samanbrot etter flytting til høgare temperaturer, figur 4.

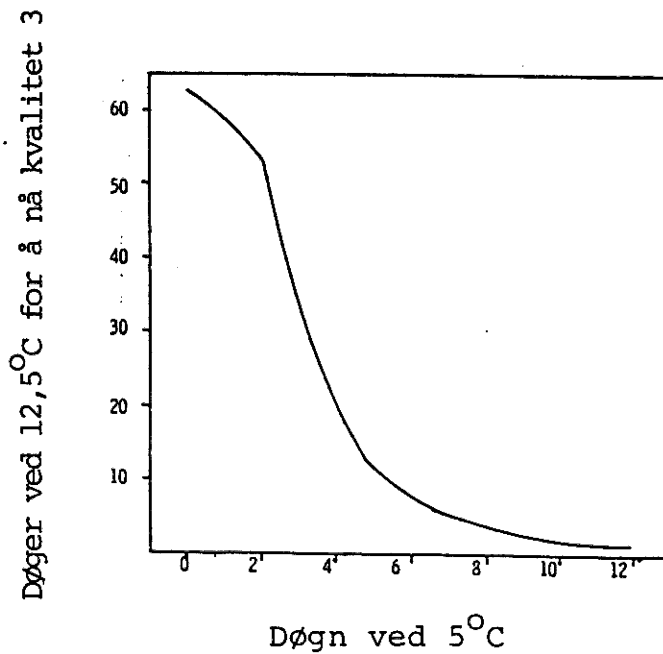
Tabell 3. Vektprosent sjukdomsskade gulrøter etter lagring ulik tid ved -1, 0 eller 2°C etterfølgd av 30 døger ved 5°C. (Apeland og Hoftun 1974).

Lagringstid døger	Lagringstemperatur °C			
	-1	0	2	Middel
30	4,7	7,6	1,3	4,5
60	7,1	5,8	7,1	6,7
90	13,2	3,4	2,3	6,3
120	16,4	3,0	6,9	8,8
150	23,8	6,2	8,6	12,9
Middel	13,0	5,2	5,2	

Nedre temperaturgrense etter hausting har nær samanheng med krav til temperaturen i vekstperioden. Dei fleste grønsakene kan lagrast ved 0°C. Rosenkål, purre, lauk og nokre få andre kan med fordel lagrast ved lågare temperaturar. Optimal lagringstemperatur for varmekrevande vokstrar, agurk, bønner, melon, paprika og tomat, er over 6°C, slik det går fram av tabell 1.



Figur 3. Lagringstid for agurk etter lagring ved konstant temperatur. Sort: 'Ohio MR 200'. Kvaliteten er vurdert etter ein subjektiv skala der 9 er beste og 1 er dårlegaste karakter. (Apeland 1967).



Figur 4. Lagringstid for agurk ved 12,5°C etter ulik tid ved 5°C. Sort: 'Ohio MR 200'. (Apeland 1967).

Nedkjølingsfarten er mykje diskutert, og røyntslene er ulike. Den viktigste positive effekten av sakte nedkjøling er truleg at sår vert heila, og at overhuda generelt vert betre. Hos gulrot vil dette ta 2-3 veker ved 10-12°C. Rask nedkjøling vil redusera stofftap og sjukdomsangrep. Produkt med kort lagringstid og/eller som er infiserte med alvorlege lagersjukdommar må kjølast raskt ned.

For produkt som vert lagra ved, eller under frysepunktet for vara, er nøyaktig temperatur avgjerande. Ein variasjon på 1°C kan bety vinst eller tap. Produkt som har vore lagra ved temperaturar under 0°C bør tinast sakte opp, tabell 4. Det er elles viktig å vera merksam på at frostskaade ikkje alltid kan observerast ved ei overflatisk vurdering. Døme på dette er innfeit kvitkål og mjuke skaft hos purre. Grunnen til denne skaden er at indre blad er meir kjenslevare for låge temperaturar enn ytre blad.

Tabell 4. Verknad av tinetemperaturar på omfanget av frostskaade hos purre etter lagring i 2 månader ved -2,5 til -2°C.

Tineperiode 13 døger. Middell av 68 planter ved kvar temperatur.

Sort: 'St. Jørgen'. NLH 1965/66.

Tine- temperatur °C	Talprosent planter			Indeks for frostskaade
	Faste	Mjuke	Svært mjuke	
1 til 2	52,9	25,0	22,1	1,69
5	47,1	26,5	26,4	1,79
10	26,5	25,0	48,5	2,22
20	11,8	25,0	63,2	2,51
Middell	34,6	25,4	40,0	2,05

LUFTRÅME

Hos dei fleste grønsakslag utgjjer vatn over 90% av total vekt. Etter hausting vil produkta tapa vatn til omgivnaden, i første rekkje ved transpirasjon. Det vert også skilt ut vatn ved andingsprosessane, men dette tapet har mindre praktisk betydning.

Tap av vatn er eit av dei største problema ved lagring av grønsaker. Det verkar direkte inn på mengda av dei vareslaga som vert selde etter vekt, tabell 6. Vasstap på 5-10% kan gi visningssymptom hos einiskilde produkt og såleis føra til nedsett kvalitet. Uttørking svekkar plantevevet og gjer at svake parasittar får utviklingsvilkår. Gråskimmelangrep (Botrytis cinerea) på gulrot som har tørka ut, er eit døme på dette, tabell 5.

Tabell 5. Gulrot på kjølelager i 7 mnd. Standard I, vekt- og sjukdomsvinn i prosent av kg innsatt.
(Flønes 1973).

Forsøksledd	Lagrings- sesong	St. I	Vekt- svinn	Grå- skim- mel	Klo- sopp	Andre syk- dommer
1. Perforerte plastsekker	1967/68	76,5	1,9	9,0	11,9	0,7
	1968/69	66,2	1,5	17,6	12,7	2,0
	Middel	71,4	1,7	13,3	12,3	1,3
2. Små kasser	1967/68	47,5	11,7	32,9	5,5	2,4
3. Store kasser	1967/68	53,0	16,7	21,2	7,9	1,2
4. Små kasser foret med plastfolie	1967/68	71,1	0,8	16,9	9,6	1,0
	1968/69	60,5	1,2	14,4	20,9	3,0
	Middel	66,1	1,0	15,7	15,2	2,0
5. Store kasser foret med plastfolie	1967/68	93,6	1,7	0,4	4,2	0,0
	1968/69	79,6	2,4	5,3	11,8	1,0
	Middel	86,6	2,0	2,9	8,0	0,5

Tabell 6. Tap ved lagring av gulrot, knollselleri og kvitkål etter lagring ved ulike temperaturar og i ulike luftråme.
(Kurki 1971).

	Lag- rings- tid i mnd.	Temperatur 0-10°C				Temperatur 4-50°C			
		R = 93-95%		R = 97-99%		R = 93-95%		R = 97-99%	
		Totalt tap i %	Transp. & resp. tap i %	Totalt tap i %	Transp. & resp. tap i %	Totalt tap i %	Transp. & resp. tap i %	Totalt tap i %	Transp. & resp. tap i %
Gulrot	4	18	17	6	4	15	14	11	7
'Nantes	6	38	22	11	6	36	22	58	17
Notabene' OE	8	58	30	16	7				
Knollselleri	4	14	13	4	4	12	10	18	4
'Æbleformet'	6	36	20	6	4	31	24	46	6
OE	8	54	32	13	6				
Kvitkål	4	19	14	6	4	12	8	17	6
'Fåles Blåtopp'	6	28	22	8	4				
Sem. st. NF									

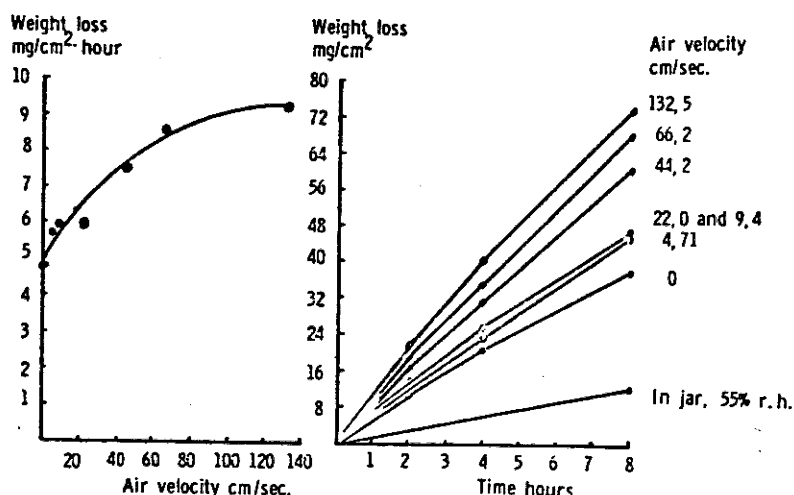
Vi reknar med at dei fleste grønsakslag bør ha nær vassmetta luft på lageret. Kepalauk og tomat er unnatak. Desse produkta lagrar best i relativt tørr luft (70-75% relativ luftråme).

Å kunna etablera høg nok luftråme kring produkta er eit av dei største problema ved lagring av grønsaker. For einiskilde grønsakslag er dekking med plast tatt i bruk. Fordelar med plast er at han reduserar vekttapet og heldt produkta saftspente. Det vert også hevda at plast kan hindra angrep av gulrotkvitflekk (Rhizoctonia carotae), men vi har registrert denne soppen også på plastfora gulrøter. Ulempene med plasten er at dekkinga er arbeidskrevande og fordyrar lagringa. Nedkjølinga av produkta går saktare, og kondens aukar faren for sjukdomsangrep. Det er også fare for endring i luftsamansetnaden med kveling av plantevevet som resultat dersom plasten ikkje har stor nok gassgjennomgang eller er perforert.

Eit mål for lagringsteknisk forskning må vera å finna fram til metodar som gjer det mogeleg å halda høg nok luftråme utan å ta i bruk særlege hjelpemidlar som t.d. plastdekking.

LUFTRØRSLE

Luftsirkulasjonen i lageret må vera så stor - men heller ikkje større - enn at feltvarme og andingsvarme vert fjerna frå produkta. Til større lufthastighet som vert nytta til større vert uttørkinga, figur 5.



Figur 5. Verknad av lufthastighet på vekttap hos gulrot. Temperatur 20°C. Relativ luftråme ca 55%. (Apeland & Baugerød 1971).

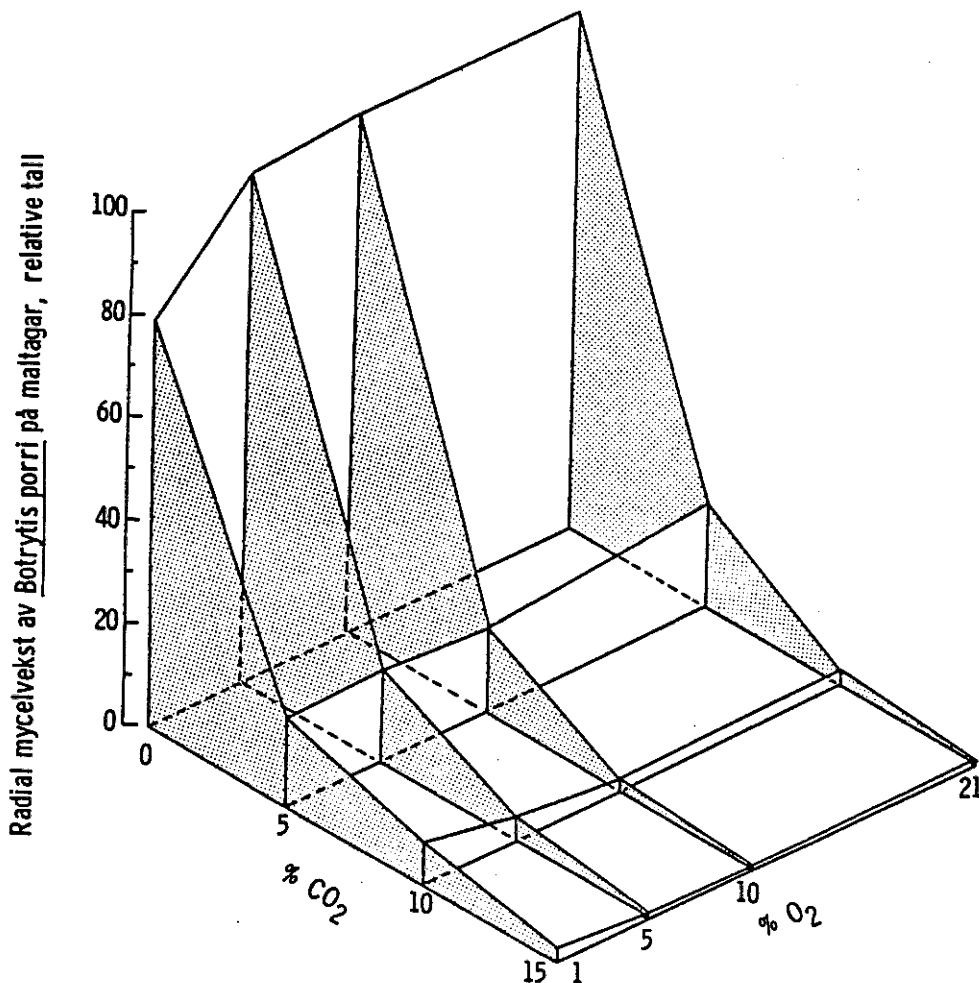
God luftfordeling i lageret er også viktig slik at det ikkje vert lommar med for høge eller for låge temperaturar.

LUFTSAMANSETNAD

Normal atmosfære inneheld 78% nitrogen, 20,9% oksygen (O_2), 0,03% karbondioksyd (CO_2) og små mengder andre gassar.

Ved lagring av grønnsaker i gasstette rom eller i tett emballasje, vil ein p.g.a. andingsprosessane få auke i CO_2 -innhaldet og nedgang i O_2 -konsentrasjonen. Slike endringar i luftsamansetnaden kan skje raskt. I polypropylenposar med reddik har vi målt over 70% CO_2 og mindre enn 1% O_2 etter 3-4 døger ved 20°C.

Positive reaksjonar på auka CO_2 - og/eller redusert O_2 -innhald hos grønnsaker er at andingsintensiteten går ned samanlikna med lagring i luft. Einskilde sjukdomsorganismar vert hemma i si utvikling, figur 6.



Figur 6. Radial mycelvekst av *B. porri* på maltagar i ulike CO_2 - og O_2 -konsentrasjonar ved 5°C, relative tal (0% CO_2 +21% O_2 =100) Veksttid 18 døger. Middell av tre forsøk. NLH 1972.

(Hoftun 1978 b).

Klorofyllrike grønsaker held betre på fargen. Dette fører til at einskilde grønsakslag kan lagrast lenger i kontrollert atmosfære enn i vanleg kjølelager.

Hos andre grønsakslag kan relativt små endringar i O₂- og/eller CO₂-innhald svekka produktet, føra til auka sjukdomsåtak og til kortare lagringstid enn i normal atmosfære i kjølelager. I ekstreme tilfeller, avhengig av produkt, luftsamansetnad, temperatur og lagringstid, kan det oppstå anaerob anding som fører til heilt eller delvis samanbrot av plantevevet. Dette har vi døme på frå lagring av kruspersille og gulrot i kassar fora med plast utan perforering.

Generelt kan ein seia at best resultat med lagring i kontrollert atmosfære er oppnådd med ulike bladgrønsaker som purre, kruspersille, rosenkål og hovudkål. Blomkål og fruktgrønsaker har også reagert positivt. Det er lite å vinna ved å lagra rotgrønsaker i endra luftsamansetnad, tabell 7.

Kravet til optimal luftsamansetnad varierar frå produkt til produkt, og nærståande arter kan reagera ulikt. Einskilde grønsakslag, m.a. salat, er kjenslevare for høge CO₂-konsentrasjonar, men tålar godt låge O₂-innhald. (Optium for salat: <1% CO₂ + 3% O₂).

Hos blomkål er det oppnådd gode resultat i 3% CO₂ + 3% O₂, tabell 7.

Purre er eit av dei grønsakslag som tålar både høge CO₂- og låge O₂-konsentrasjonar, og i laboratorieforsøk var det god kvalitet etter 5 månaders lagring i 10% CO₂ + 1% O₂, tabell 8. Skade vart registrert i 15% CO₂. Både SUHONEN (1970) og STOLL (1974), tabell 8, fikk best resultat i 15% CO₂. Lagringstida i deira forsøk var 4 månader.

På vanleg lager synes purregråskimmel (Botrytis porri) å vera hovudårsak til råtning. Ved lagring i kontrollert atmosfære har ikkje denne soppen vore noko problem, men vi har registrert angrep av andre organismar t.d. Mortierella.

Tabell 7. Lagringstid og kvalitet hos grønsaker lagra i kjølelager eller i kontrollert atmosfære (CA).

(Temperatur (T) og rel. luftråme (rH) på same nivå ved begge metodar).

(Stoll 1974).

Grønsakslag og sortar	Optimale lagringsforhold				% uttatt frå innlagt	Lagringsresultat			
	T	rH	CO ₂	O ₂		Kjølelager		CA-lagrin	
						dg.	kval.	dg.	kval.
Blomkål, div.	0	95	0-3	2-3	93	25	7	40	8
Tomater, div.	12,5	92	0	3	95	10	7	20	7
Agurk, div.	14	92	5	5	95	10	8	20	8
Paprika, div.	13	92	5	3	95	10	7	15	7
Purre, Wädenswiler	0	95	15	6	65	60	6	120	8
Fennikel, "	0,5	95	3	3	50	40	8	60	8
Knutekål, Rogglis	0	92	3	3	90	15	8	30	8
Rosenkål, div.	0	95	5	3	70	120	5	150	6 ^{x)}
Kvitkål (Marne, Langendijk)	0	91	3	3	80	150	7	200	7
Rødkål	0	91	3	3	80	150	7	200	7
Savoykål (Marne, Paradies)	0	91	0-3	3	70	120	6	180	8
Skorsonerrot	0	96	3	3	90	180	6	200	8
Gulrot, Nantes	0	96	0-1	2	90	180	8	180	8
Rødbete, div.	?	96	3	2	90	180	7	180	7
Knollselleri, div.	0	96	3	?	90	150	7	150	7
Kepalauk (Superba, Wädenswil)	0	?	0-1	1-2	90	200	7	200	7

^{x)}Vekst av Cladosporium ikkje kontrollert.

Tabell 8. Vektprosent i purre i Standard I etter lagring i ulike luftsamansetnader ved 0°C. Lagringstid 5 månader. Resultata er middel av tre år. NLH.

% CO ₂	% O ₂					
	20,5	10	5	2,5	1	Middel
0,5	4,8 ^X	10,4	18,8	33,6	50,8	23,7
10	61,3 ^{XX}	64,1	71,2	73,5	79,4	69,9
Middel	33,1	37,3	45,0	53,6	65,1	

X Normal atmosfære

XX Middel av to år

For gulrot varierar tilrådingane om rette luftsamansetnader. Det synest å vera semje om at over 4-5% CO₂ reduserar lagringsevna. STOLL (1974), tabell 7, fekk ikkje skade i 2% O₂ etter 6 månader. I egne forsøk (APELAND & HOFTUN 1971) var det markert auke i sjukdomsangrepet når O₂-innhaldet var 5% eller lågare, tabell 9.

Tabell 9. Verknad av oksygeninnhald på sjukdomsangrep hos gulrot ved 0, 10 og 12,5°C. (Apeland & Hoftun 1971).

Temp. °C	Lagrings- tid i døger	% O ₂ i lageratmosfæren			
		2,5	5,0	10,5	21
Prosent sjukdomsskadde gulrøter					
0	153	67,0	46,6	21,8	19,5
10	39	51,7	37,3	26,1	21,1
12,5	42	76,4	37,2	13,3	16,9
Middel		65,0	40,3	20,4	19,4

Når sjukdomsangrepet på grønnsakene kan verta større i ugunstige O₂- og/eller CO₂-konsentrasjonar enn i normal atmosfære kan dette ha to samanfallande årsaker:

1. Produktet vert svekka slik at sjukdomsorganismar, i mange tilfelle svake parasittar, får vokstervilkår.
2. Veksten hos einstilte soppartar er lite påverka av dei luftsamansetnadene som skader produktet. Mikrofloraen vert ofte endra i høve til det som er vanleg i normal atmosfære, slik som vist for gulrot i tabell 10.

Lagring i kontrollert atmosfære er ikkje ein universalmetode som løyser alle problem. Bruka på rett måte kan metoden ha føremoner for spesielle produkt ved at kvaliteten kan vera betre, eller like god, etter lenger lagringstid enn på kjølelager.

Tabell 10. Verknad av oksygeninnhald på utvikling av sjukdomsorganismar på gulrot etter lagring ved 0°C i 5 månader. (Apeland & Hoftun 1971).

% O ₂	% friske gulrøter	% gulrøter med		
		Mycocentrospora acerina	Fusarium roseum	Phoma rostrupii / Cylindrocarpon destructans
2,5	15,9	5,1	55,1	39,7
5,0	48,7	9,0	14,1	38,5
10,5	83,3	5,1	0	11,5
21,0	67,9	23,0	0	9,0

LUFFTRYKK

I 1957 registrerte HUMMEL & STODDARD og WORKMAN et al., uavhengig av kvarandre, at lagring i redusert lufttrykk kan senka livsprosessane i friskt plantevev, og ha positive verknader på kvaliteten hos einstilte produkt. Ein ny faktor kom dermed i tillegg til dei lagringsvilkåra (temperatur, luftsamansetnad, luftråme og luftrørsle) ein tidlegare hadde arbeidd med.

Det var likevel dei amerikanske forskarane Burg og Burg sitt arbeid i 1965 om gassveksling i frukter ved subatmosfæriske trykk, og deira rapport i 1966 om lagring av frukt ved låge lufttrykk, som sette fart i arbeidet med det ein på norsk kallar lågtrykkslagring. På engelsk er denne lagringsmetoden kalla "low pressure storage", "hypobaric storage", "subatmospheric storage" eller "vacuum storage". Dei mest omfattande forsøka med metoden er utførte i U.S.A. og Vest-Tyskland, men det er også arbeid i gang i andre land, m.a. i Danmark

Ved lågtrykkslagring vert produkt lagra ved optimal temperatur i rom med konstant, kontrollert undertrykk og med kontinuerleg gjenomstrøyming av vassmetta luft. Trykket i rommet varierar etter kva for produkt som skal lagrast, men vert ofte halde på omlag 76 mm Hg, dvs. 1/10 av det normale. For sjampinjong (Agaricus bisporus) nytta Dilley (1977) trykk heilt ned til 10 mm Hg.

For dei biologiske prosessane i produktet er det to hovudfaktorar som er viktige ved lågtrykkslagring:

1. O₂-tilførsel til produktet vert redusert med dei følgjer det har for respirasjon og andre omsetjingar i plantene. Lågtrykkslagring kan såleis seiast å vera ei form for lagring i kontrollert atmosfære med lågt O₂-innhald.
2. Etylen og andre gassar som produktet produserar vert fjerna med den konsekvens at mognings- og aldringsprosessane vert hemma.

Burgs patenterte metode frå 1967 for lagring av frukt, dannar grunnlaget for lågtrykkslagringa. I figur 7 er vist prinsippet for metoden: Eit lagerrom (13) er bygd lufttett med vanlege isoleringsmaterialer (7). Ved hjelp av vakuumpumpe (15) vert det laga undertrykk. Fornyng av lufta skjer gjennom flow-meter (9) og reduksjonsventilar (8, 14) regulerar trykket. Lufttrykket vert avlest på manometer (1). Lufta vert fukta ved å bobla gjennom vatn (11) i eit kar (10) inne i lagerrommet. Vatnet inne i lageret vert etterfylt frå eit reservoar (3) gjennom ei kran (4). Temperaturen vert avlesen på eit termometer (6) og kan regulerast ved kulde- eller varmetilførsel gjennom røyr (17).

Det tekniske utstyret som krevst for lågtrykkslagring er ikkje meir komplisert enn generator/scrubber-system for atmosfærisk kontroll ved lagring i kontrollert atmosfære (Lougheed et al. 1978).

Bredmose ved Statens Væksthusforsøg, Årslev, Danmark (personleg informasjon), meiner at lågtrykkslagring er lettare å handtera enn lagring i kontrollert atmosfære.

Lågtrykkslagring har også den fordel at ønskt trykk kan etablerast i løpet av kort tid (30-100 min.). Ved opning av lageret trengs det berre få minutt for å komma opp i normalt trykk, og ein kan gå inn i lageret like etter. Det er heller ikkje registrert skadeverknader på produktet om undertrykket vert brote raskt og ofte. Trykket er heller ikkje avhengig av fyllingsgraden i lageret. Dette er faktorar som gjer at lågtrykkslagring har føremuner framfor lagring i kontrollert atmosfære, der det trengs relativt lang tid for å etablere ønskt luftsamansetnad.

Av praktiske problem ved lågtrykkslagring kan nemnast at vekttapet i einkilde tilfelle kan verta stort. Lougheed et al. (1978) fann at ei av årsakene til dette var lekkasjer som førte til at falsk luft med lågt vassdampinnhald kom inn i lagerrommet. Det er difor viktig å unngå lekkasjer sjølv om pumpekapasiteten er stor nok til å halda lågt trykk.

Innafor dei produkta vi reknar med til grønsakvekstene er det arbeid mest med tomat. Ei årsak til dette er at tomatfrukter har spesifikke mogningskjenneteikn og er såleis lette å arbeida med reint lagringsteknisk. Tomat er også ein økonomisk viktig kultur.

Som vi alt har vore inne på, har lågtrykkslagring seinka mogningsprosessane og lengd lagringstida hos dette produktet.

Arbeidet med andre grønsakslag synes å ha vore meir tilfeldig, men for agurk, bladpersille, bønner, issalt, mais, paprika og sjampinjong er det oppnådd gode lagringsresultat i lågt trykk, slik det går fram av tabell 11. For andre grønsaker som har vore med i forsøk er det registrert liten eller ingen positiv verknad av lågtrykkslagring. For blomkål og reddik er resultatata motstridande.

Korleis grønsakene held kvaliteten etter uttak frå lågtrykkslager er det få opplysningar om, men Bangerth (1973) fann at agurker etter 3 veker ved 75 mm Hg + 5 døger ved 25°C hadde intens grøn farge og høgare tørrstoffinnhald (3,5% mot 2,8%) enn kontrollfruktene som etter same lagringstid var nesten gule.

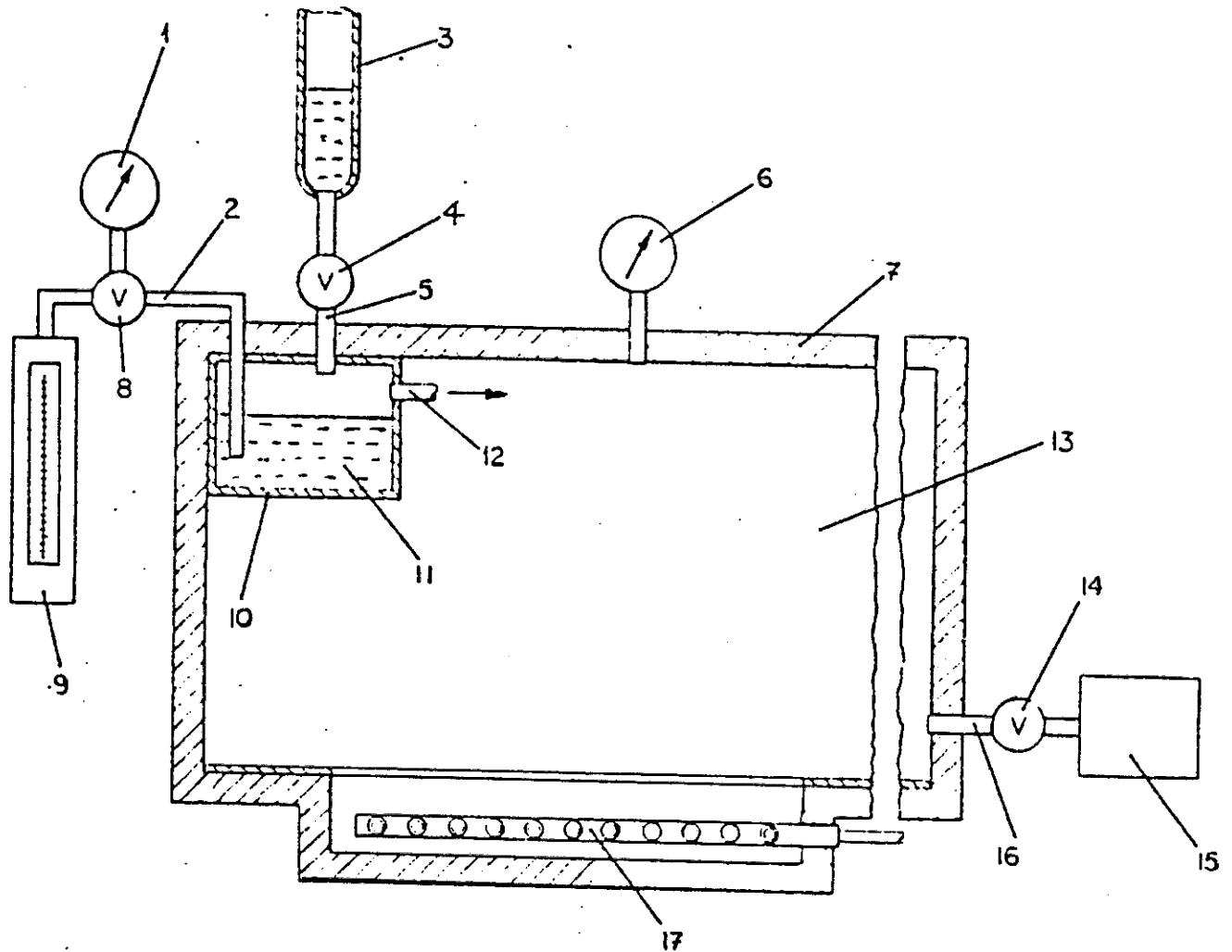
Hos eple registrerte same forfattar (1973) at CO₂-produksjonen i ein etterlagringsperiode på 8 døger ved 20°C var lågare hos frukter lagra ved 75 mm Hg enn hos frukter ved normalt lufttrykk eller i kontrollert atmosfære (3% CO₂ + 4% O₂).

Eit forhold ved lågtrykkslagring som kan få praktisk betydning, særleg ved distribusjon, er at den kontinuerlege fjerninga av etylen kan gjera problemet med samlagring av ulike produkt mindre. Forsøk har vist at etylen produsert i eple hadde liten verknad på bladlossing og aldringsprosessar hos kvitkål og på danning av bitterstoff i gulrot når desse produkta var lagra saman under lågt trykk (McKEOWN et al 1978).

Når lågtrykkslagring berre i liten grad er tatt i kommersielt bruk, har dette truleg fleire årsaker. Byggekostnadene er relativt høge samanlikna med vanlege kjøleanlegg. Metoden er gjennomprøvd for relativt få planteslag. Det har også vist seg at innhaldet av flyktige aromastoffer som kan ha verknad for smaks kvaliteten, går ned med lang lagring i låge trykk.

Rein teknisk synest ikkje oppføring av lågtrykksanlegg å by på vesentlege problem, men metoden stiller store krav til konstruksjonar og byggematerial.

For praktisk bruk er hovudspørsmålet om lågtrykkslagring kan gi økonomisk vinst. Svar på dette spørsmålet kan ikkje gjevast utan grundige økonomiske vurderingar, og det ligg utanfor ramma for dette foredraget.



Figur 7. Apparat for lågtrykkslagring:

- | | |
|--------------------|--|
| 1. Manometer | 10. Vasskar |
| 2. Røyrleiing | 11. Vatn |
| 3. Vassreservoar | 12. Røyr frå vasskar til lagerrom |
| 4. Ventil | 13. Lagerrom |
| 5. Røyrleiing | 14. Ventil |
| 6. Temperaturmålar | 15. Vakuumpumpe |
| 7. Isolerte vegger | 16. Røyr frå lagerrom til vakuumpumpe |
| 8. Nåleventil | 17. Røyr for kulde- eller varmetilførsel |
| 9. Flowmeter | |

(Burg 1975)

Tabell 11. Lagringstid for ulike hagebruksprodukt lagra i kjølelager eller under lågt trykk.

Produkt	Lagringstid, dg.		Kjelde
	Kjølelager	Lågt trykk	
<u>Grønsaker:</u>			
Agurk	10 - 14	41	Burg 1975
Bladpersille	35	56	Bangerth 1974
Bønner	10 - 13	30	Burg 1975
Issalat	14	40 - 50	"
Mais	4 - 8	21	"
Paprika, grønne	16 - 18	50	"
Sjampinjong	(1 - 2)	21	Dilley 1977
Tomat, grønmogne	14 - 21	60 - 100	Burg 1975
Tomat, gulraude (breaker)	10 - 12	28 - 42	"
<u>Frukt:</u>			
Eple (ulike sortar)	60 - 90	300	Burg 1975
Pære, Bartlett	45 - 60	300	"
<u>Snittblomster:</u>			
Krysanthemum	6 - 8	21 - 28	Burg 1975
Nellik	10	91	"
Roser	7 - 14	56	"
<u>Stiklingar, urota:</u>			
Krysanthemum (ulike sortar)	10 - 28	42 - 94	"
Nellik	90	300	"
<u>Stiklingar, rota:</u>			
Krysanthemum	7 - 14	90	"

Tabell 11 forts.

Positive resultat av lågtrykkslagring, men samanliknande resultat ikkje oppgitt:

Blomkål	}	Bangerth 1973 og 1974
Karse		
Knutekål		
Reddik		
Spinat		

Ingen positiv verknad av lågtrykkslagring:

Hovudsalat	}	Bangerth 1973
Blomkål		
Hovudsalat	}	Ward 1975
Kepalauk		
Purre		
Reddik		
Rosenkål		
Asparges		Dilley 1977, Chu et al. 1976

LITTERATUR

- APELAND, J. 1967. Resultat fra lagringsforsøk med salat- og drue-agurk. Bilag til Tidsskrift for Hermetikindustri, 7(10): 6 pp.
- APELAND, J. & H. BAUGERØD 1971. Factors affecting weight loss in carrots. Acta Hort. 20: 92-95.
- APELAND, J. & H. HOFTUN 1971. Effects of oxygen concentrations on carrots in storage. Acta Hort. 20: 108-114.
- " " 1974. Effects of temperature-regimes on carrots during storage. Acta Hort. 38(1): 291-308.
- BANGERTH, F. 1973. Zur Wirkung eines reduzierten Drucks auf Physiologie, Qualität under Lagerfähigkeit von Obst, Gemüse und Schnittblumen. Gartenbauwissenschaft 38(6): 479-508.
- " 1974. Hypobaric storage of vegetables. Acta Hort. 38(1): 23-32.
- BURG, S.P. 1967. Method for storing fruits. U.S. Patent Office No. 3.333.967. Sit. Burg 1975.
- " 1973. Hypobaric storage of cut flowers. Hort. Sci. 8: 202-205.
- " 1975. Hypobaric storage and transportation of fresh fruits and vegetables. Symposium: Postharvest biology and handling of fruits and vegetables (Edit. Haard, N.F. & D.K. Salunkhe) p. 172-188. The AVI Publishing Company INC. Westport, Connecticut, 1975.
- BURG, S.P. & E.A. BURG 1965. Gas exchange in fruits. Physiol. Plant. 18: 870-884.
- " " 1966. Fruit storage at subatmospheric pressures. Science 153: 314-315.
- CHU, C.L., E.C. LOUGHEED & H. TIESSEN 1976. Low pressure storage of asparagus. Proc. Can. Soc. Hort. Sci. 15: 30 (Abstr.).
- DILLEY, D.R. 1977. Hypobaric storage of perishable commodities -- fruits, vegetables, flowers and seedlings. Acta Hort. 62: 61-70.
- FLØNES, M. 1973. Lagringsforsøk med gulrot. Gartneryrket 63: 738-740.

- HOFTUN, H. 1978 a. Lagring av purre. II. Lagring ved ulike temperaturar. Meld. NLH 57(37): 35 pp.
- " 1978 b. Lagring av purre. IV. Verknad av temperaturar og luftsamansetnader på vekst av Botrytis porri. Meld. NLH 57(39): 17 pp.
- HUMMEL, C.E. & E.S. STODDARD 1957. Methods of improving food preservation in home refrigerators. Refrig. Eng. 65: 33-39.
- KURKI, L. 1971. Moisture in vegetable storage. Acta Hort. 20: 146-151.
- LOUGHEED, E.C., D.P. MURR & L. BERARD 1978. Low pressure storage for horticultural crops (Review). Hort Sci. 13(1): 21-27.
- McKEOWN, A.W., E.C. LOUGHEED & D.P. MURR 1978. Compatibility of cabbage, carrots, and apples in low pressure storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(6): 749-752.
- STOLL, K. 1974. Storage of vegetables in modified atmospheres. Acta Hort. 38: 13-22.
- SUHONEN, I. 1970. On the storage life of the leek. Acta Agric. Scand. 20: 25-32.
- WARD, C.M. 1975. Hypobaric storage. Rpt. Nat. Veg. Res. Sta. 1974. Wellesbourne, England p. 85 (Sit. Lougheed et al. 1978).
- WORKMAN, M., H.K. PRATT & L.L. MORRIS 1957. Studies on the physiology of tomato fruits. I. Respiration and ripening behaviour at 20 degrees C as related to date of harvest. Proc. Amer. Hort. Sci. 69: 352-365.
- ÅRSVOLL, K. 1969. Pathogens on carrots in Norway. Meld. NLH 48(2) 52 pp.