

Landbrugsministeriet

Statens Planteavlsforsøg



28 APR. 1992

Hele og let forarbejdede gulerødder - mikroflora og holdbarhed

*Intact carrots and minimally processed carrots
- microflora and shelf-life*

Vagn Markholm
Havebrugscentret
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning
5790 Årlev

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

Beretning nr. S 2190 - 1992

Landbrugsministeriet

Statens Planteavlsforsøg



Hele og let forarbejdede gulerødder - mikroflora og holdbarhed

*Intact carrots and minimally processed carrots
- microflora and shelf-life*

Vagn Markholm
Havebrugscentret
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning
5790 Årslev

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

Beretning nr. S 2190 - 1992

Indholdsfortegnelse:

	Side
Resumé	4
Summary	4
Indledning	5
Gulerødders modstandsevne overfor mikroorganismer	6
Hele gulerødders mikroflora og holdbarhed	7
Let forarbejdede gulerødders mikroflora og holdbarhed:	10
Begyndelsesflora	10
Vakuumpakket gulerod	12
Pakning med modificeret atmosfære	14
Indflydelsen af modificeret atmosfære på gulerødders respiration	19
Konklusion	20
Litteratur	22

Resumé.

Ud fra en gennemgang af litteraturen beskrives mikrofloraen på hele og let forarbejdede gulerødder og mikrofloraens betydning for holdbarheden. Mikrofloraen på hele gulerødder består hovedsagelig af bakterier, medens svampe og gær kun udgør en mindre del. Ved kølelagring af hele gulerødder har svampefloraen størst betydning for holdbarheden. Under lagringen ændres svampefloraen således at plantepatogene svampe fra kun at udgøre en mindre del af floraen bliver dominerende og ødelægger gulerødderne.

Efter fremstilling af let forarbejdede gulerodsprodukter er det bakteriefloraen, der har størst betydning for holdbarheden og som til sidst ødelægger gulerodsproduktet. Mælkesyrebakterier bliver under lagringen af gulerodsproduktet den dominerende bakteriegruppe og medvirkende til ødelæggelsen.

Ved pakning med modificeret atmosfære er det af afgørende betydning, at vælge en egnet plasticpose med en passende ilt- og kuldioxidgennemtrængelighed, således at anaerob respiration ikke opstår. Ved anaerob respiration ødelægges gulerodsproduktet pga. dannelse af ethanol, acetaldehyd og andre flygtige forbindelser. Ved benyttelse af en egnet plasticpose til pakning med modificeret atmosfære opnås, at gulerodsproduktets holdbarhed forlænges. Opbevaring ved lav temperatur er dog stadig meget vigtigt.

Nøgleord: Gulerod, *Daucus carota*, mikroflora, lagring, modificeret atmosfære pakning, holdbarhed.

Summary.

The microflora on intact and minimally processed carrots and the importance of the microflora on shelf-life are described through reviewing the literature. The microflora on intact carrots are dominated by bacteria, while moulds and yeasts only form a minor part. During cold storage of intact carrots the mould flora has great influence on shelf-life. The mould flora changes and plant pathogenic mould shift from being a minor part of the mould flora to become dominating and destructive to the carrots.

In minimally processed carrots it is the bacterial flora, who has greatest influence on the shelf-life and who spoils the products. During the storage period lactic acid bacteria turns out to be the dominating bacteria group and contributes significantly to the spoiling of the carrot product.

To prevent anaerobic respiration, when packing in modified atmosphere packaging, it is of vital importance, to choose a polymeric film with a suitable permeability for oxygen and carbon dioxide. When anaerobic respiration arises, the minimally processed carrots are spoiled because of formation of ethanol, acetaldehyde and other volatile components. The shelf-life of minimally processed carrot can be prolonged by modified atmosphere packaging in a suitable film. However, storage at low temperature are still very important.

Key words: Carrot, *Daucus carota*, microflora, storage, modified atmosphere packaging, shelf-life.

Indledning.

Skærmpflanzen gulerod (*Daucus carota*) er som kulturplante gammel den var allerede kendt i oldtidens kulturlande omkring middelhavet. Guleroden menes at være bragt til Norden af hollænderne under Chr. d. II. (Gram et al. 1937).

Guleroden menes at være udvalgt fra en vild plante, der var rig på anthocyanin. Efterfølgende forædling har lagt vægt på fænotyper med stort udbytte, god rodform, forsinket blomstring og kvalitetstræk såsom udseende, men ikke modstandskraft over for sygdomme. Blandt det nuværende udbud af gulerodssorter, synes der ikke at være store forskelle i lagerstabilitet, dette er dog ikke detaljeret undersøgt. Derimod kan der godt være en del forskel inden for samme sort. Selv om gulerødder dyrkes under forskellige klimaforhold, herunder også i subtropiske områder, er det hovedsagelig i de kolde, tempererede områder, at sommerens og efterårets gulerodshøst bliver lagret i lang tid vinteren igennem (Lewis & Garrod 1983).

Gulerødder kan lagres i meget lang tid (over 8 måneder ved 0°C) forudsat, at temperaturen holdes lige over frysepunktet (gulerødders frysepunkt er -1,4°C) og luftfugtigheden så nær mættethed (RH=100 pct.) som muligt (Van den Berg & Lentz 1978).

Ved temperaturer under gulerodens frysepunkt dannes iskrystaller, og dette giver guleroden et stift udseende. Hvis guleroden er hårdt frosset, kan skæve langsgående revner opstå før optøning. Efter optøning udvikledes en brun eller sort misfarvning på rodens overflade. Denne misfarvning kan dække hele overfladen eller kun vise sig ved rodspidsen. Gulerødder, der har været udsat for hård frost, får efter optøning et vandet mørkt indre (Mazza 1989).

Holdbarhedsbegrænsende årsager kan være af fysiologisk natur: Udtørring, visning, teksturforringelse, afsmag mv. eller skyldes mikrobiologisk ødelæggelse.

Gulerødders modstandsevne over for mikroorganismer.

Gulerødder synes at have en vis modstandskraft over for svampeangreb, og det er ofte først, når denne modstandskraft af en eller anden grund bliver svækket, at infektion kommer til udtryk. Ubeskadiget periderm er meget modstandsdygtigt over for svampeangreb og er en vigtig barriere mod invasion (Davis et al. 1981). De underliggende væv har langt mindre modstandskraft. Goodliffe og Heale (1977) mener, at gulerødders modstandskraft over for *Botrytis cinerea* Pers. ex Nocca & Balb., gråskimmel, har sammenhæng med indholdet af stoffet 6-methoxymellein (8-hydroxy-6-methoxy-3-methyl-3,4-dihydroisocoumarin). Lewis et al. (1981) fandt i et forsøg med sårede gulerødder, at en betydelig del af modstandskraften over for *Mycocentrospora acerina* (Hartig) Deighton, lakridsråd, skyldtes svampehæmmende stoffer, der samlede sig på det helende sår overflade. Den svampehæmmende virkning tilskrives de stoffet faltarindiol (*cis*-heptadeca-1,9-diene-4,6-diyne-3,8-diol), som findes i oliefraktionen af gulerødder. Garrod et al. (1982) fandt, at indholdet af faltarindiol og 6-methoxymellein havde en hæmmende virkning på angreb af gråskimmel og lakridsråd. Batt et al. (1983) fandt, at den

flygtige fraktion af gulerodsfrøolie hæmmede væksten af svampen *Aspergillus parasiticus* og hindrede dannelsen af aflatoxin.

Gulerødder har også en vis modstandskraft over for bakterier. Anthocyanin, der er med til at give gulerødder deres farve, har i mange år været kendt for at have antibakteriel virkning. Den antibakterielle virkning af anthocyanin tillægges dets binding af metalioner og derved en hæmmende effekt på bakterieenzymmer (Beuchat & Golden 1989). Heisick et al. (1989) fandt ingen *Listeria* bakterier på gulerødder og de formoder at gulerødder indeholder forbindelser, der er giftige for *Listeria* bakterier. Beuchat (1989) oplyser, at når snittede gulerødder kommes i en suspension af *Listeria monocytogenes* bakterier, reduceredes antallet af *Listeria* bakterier øjeblikkeligt. Med andre grønsager skete der ikke nogen nedgang i antallet af *Listeria* bakterier.

Hele gulerødders mikroflora og holdbarhed.

De fleste mikrobiologiske undersøgelser af gulerødder er ikke foretaget lige efter høst, men i forbindelse med kølelagring, kontrolleret atmosfære lagring, indpakning, pakning med modificeret atmosfære, færdigpakket revet gulerod, gæring mv. Endvidere er det meget udbredt kun at følge udviklingen af en organisme eller en gruppe, man specielt er interesseret i, og som eksempelvis kan være gråskimmel eller mælkesyrebakterier.

Tronsmo et al. (1982) har undersøgt bakterie- og svampefloraen på vådkølelagrede og konventionelt kølelagrede gulerødder. De var primært interesserede i at bestemme mikrofloraen på gulerøddernes overflade, ikke den der var i jorden udenpå. Derfor blev gulerødderne vasket før den mikrobiologiske undersøgelse.

Ved en forundersøgelse fandt de, at antallet af mikroorganismer var 4-10 gange større på uvaskede gulerødder i forhold til vaskede. De vaskede gulerødder havde en betydeligt dårligere holdbarhed ved kølelagring end de uvaskede. De vaskede gulerødder blev især langt stærkere angrebet af *Botrytis cinerea*, gråskimmel.

I sæsonen 1980/81 var det totale aerobe bakterielle kimtal på vådkølelagrede gulerødder konstant de første 140 dage på 4×10^5 /g, derefter steg kimtallet gradvist til 6×10^6 /g. På gulerødder lagret i konventionelt kølerum steg kimtallet efter ca. 50 dages lagring og var i hele lagringsperioden højere end på de vådkølelagrede gulerødder. Mikrofloraen på KDA (kartoffeldextrose agar) bestod hovedsagelig af svampe og mælkesyrebakterier. Kimtallet på de vådkølelagrede gulerødder var stabilt de første 140 dage (2×10^4 /g) for derefter at stige hastigt til 1×10^6 /g. Kimtallet på gulerødder lagret i konventionelt kølerum var også her højere.

I sæsonen 1981/82 var det totale aerobe kimtal 6×10^5 /g og kimtallet på KDA $1,4 \times 10^4$ /g derimod konstant gennem hele lagringsperioden (240 dage) for begge kølelagringsformer. Denne forskel i udviklingen af mikrofloraen i de to sæsoner skyldes, at gulerødderne var i bedre kondition ved høst i sæsonen 1981/82.

I lagringsperioden skete der en tydelig forandring i bakterieflooraen. Tidligt i perioden blev et stort antal forskellige bakteriearter isoleret, medens antallet gradvist faldt til kun 3 dominerende arter mod slutningen af lagringsperioden. Af 19 forskellige bakterieisolater ved starten af lagringen (1980/81) var kun 3 isolater gulerodsvævsnedbrydende, medens 9 af 12 bakterieisolater var gulerodsvævsnedbrydende ved slutningen af lagringsperioden. Alle de dominerende arter ved slutningen af lagringen var gulerodsvævsnedbrydende og tilhørte slægten *Pseudomonas*.

Svampe blev altid isoleret fra gulerødderne, men de udgjorde kun 1-10 pct. af kimtallet på KDA. De dominerende svampe var *Alternaria* arter, *Fusarium* arter, *Cladosporium* arter, men også *Mucor* arter, *Rhizopus* arter, *Rhizoctonia solani* Kühn (kartoffel rodfiltsvamp), *Botrytis cinerea* (gråskimmel), *Mycocentrospora acerina* (lakridsråd) og andre svampe blev enkelte gange isoleret.

Hovedårsagerne til råd var *Botrytis cinerea* (gråskimmel), *Mycocentrospora acerina* (lakridsråd) og *Rhizoctonia carotae* Rader (hvid lagersvamp). Der var ingen signifikant virkning af

kølelagertype eller lagringstid på arten eller mængden af svampe isoleret fra sunde gulerødder.

Tronsmo (1989) har undersøgt gulerødder dyrket i sandet jord naturligt inficeret med den patogene svamp *Mycocentrospora acerina* (lakridsråd) efter 10 års uafbrudt dyrkning og i mosejord, hvor høsten årene før var stærkt inficeret af *Rhizoctonia carotae* (hvid lagersvamp). Gulerødderne blev opbevaret i kølerum ved 0-0,5°C. Fri jord blev forsigtigt gnubbet af i koldt vand, før den mikrobiologiske undersøgelse (tabel 1). Det totale aerobe bakterielle kimtal stiger under lagringsperioden, medens kimtallet for aerobe svampe ikke ændres ret meget i lagringsperioden. Der påvistes 10 - 1000 gange flere aerobe bakterier end svampe.

Tabel 1. Totalt aerobt bakterielt kimtal og aerobt svampekimtal ($\log_{10}$ organismer/g gulerod) på gulerødder høstet 1984 og opbevaret i kølerum (0-0,5°C). (Tronsmo 1989).

Table 1. Aerobic bacteria and fungi ($\log_{10}$ organisms/g of root) isolated from carrots harvested in 1984 and stored in a cold room (0-0.5°C). (Tronsmo 1989).

	Mark inficeret med lakridsråd <i>Mycocentrospora acerina</i> <u>infected field</u>		Mark inficeret med hvid lagersvamp <i>Rhizoctonia carotae</i> <u>infected field</u>	
Dage Days	bakterier <i>bacteria</i>	svampe <i>fungi</i>	bakterier <i>bacteria</i>	svampe <i>fungi</i>
0	4,4	3,3	5,5	3,3
145	6,9	3,8	5,9	3,6
190	6,9	4,2	6,3	3,7
255	6,8	3,7	5,7	3,7

Liao og Wells (1987) har undersøgt den bakterielle årsag til råd på grønsager. De indsamlede rådne grønsager (154 stk., 10 arter) fra lokale supermarkeder i Philadelphia, USA.

Bakterielt råd var normalt kendetegnet ved våde og totalt opløste områder og kunne synligt adskilles fra råd forårsaget af svampe, der giver mere faste og sammenhængende læsioner.

Fra råдне gulerødder påvistes to pektinnedbrydende bakterieisolater. De blev bestemt til at være *Erwinia carotovora* og pektinnedbrydende, fluorescerende *Pseudomonas*. De fandt generelt, at pektinnedbrydende, fluorescerende *Pseudomonas* er meget mere betydningsfuld som årsag til vådforrådnelse end før antaget, da de udgjorde 43 pct. (55 ud af 128 isolater) af de pektinnedbrydende bakterier.

Pektinnedbrydende fluorescerende *Pseudomonas* er måske ikke så ødelæggende som *Erwinia* bakterier ude i marken, men repræsenterer uden tvivl en fare for friske grønsager lagret ved lav temperatur. Brocklehurst og Lund (1981) har vist, at pektinnedbrydende fluorescerende *Pseudomonas* kan vokse og ødelægge plantevæv helt nede ved en temperatur på 1°C eller endda lidt derunder (0,2-0,7°C).

Let forarbejdede gulerødders mikroflora og holdbarhed.

Efter let forarbejdning af gulerødderne ser det ud til, at svampefloraen betyder mindre for holdbarheden. Dette skyldes uden tvivl den højere temperatur, de forarbejdede gulerødder opbevares ved, idet bakterier har en meget højere væksthastighed (kortere generationstid) end svampe, men til gengæld vokser meget langsomt eller slet ikke ved temperaturer nær 0°C.

Dette bevirker, at gulerodsproduktet næsten altid vil være ødelagt af bakteriel vækst, førend vækst af svampe bliver et problem. Forarbejdede gulerødder undersøges i øvrigt hovedsageligt af bakteriologer/levnedsmiddelhygiejniskere, der ikke er interesserede i svampe og derfor i modsætning til plantepatologer ikke analyserer for dem. Medmindre der er mykotoksiner indblandet, hvilket ikke synes at være tilfældet ved gulerødder.

Begyndelsesflora.

Andersson (1984) har i forbindelse med et forsøg med spontan mælkesyreforgæring af gulerødder undersøgt den bakterielle begyndelsesflora, efter gulerødderne var vasket, skrællet og skåret i strimler (tabel 2).

Tabel 2. Bakteriel flora hos vaskede og skrællede gulerødder skåret i strimler. MRS agar = Man, de Rosa, Sharp agar, benyttes til isolering af mælkesyrebakterier. (Andersson 1984).

Table 2. Bacterial flora on washed, peeled and shredded carrots. (Andersson 1984).

Flora	Antal ^a	Pct.
Flora	Number	Pct.
Enterobacteriaceae ^b	18/102	18
Achromobacter sp.	34/102	33
Alcaligenes sp.		
Pseudomonas sp.	26/102	25
Ikke identificerede	24/102	24
Not identified		
Proteinnedbrydende	34/102	33
Proteolytic bacteria		
Pektinnedbrydende	10/102	10
Pectinolytic bacteria		
Kimtal på MRS agar:		
Mælkesyrebakterier	1,4x10 ⁴ /g	
MRS-growing bacteria		
Lactics CFU		
Ikke mælkesyrebakterier	1,4x10 ⁵ /g	
Non-lactics CFU		

^a Antal kolonier/totalt antal isolerede kolonier.

Number of positive colonies/total number of colonies.

^b Inden for denne familie isoleredes følgende slægter:

Enterobacter, Erwinia, Hafnia og Serratia.

Among this family, Enterobacter sp., Erwinia sp., Hafnia sp. and Serratia sp. were found.

Til sammenligning fandt Andersson et al. (1990) ingen mælkesyrebakterier (dvs. under 100/g) og 5,1x10⁴/g ikke mælkesyrebakterier i friske gulerødder vasket, trimmet og skåret i strimler. Der blev ikke fundet gær (detektionsgrænse 100/g). Der var dog tilstrækkelig mange mælkesyrebakterier til at give spontan gæring af gulerødderne i 1,5 pct. saltopløsning ved 18°C. Efter 1 døgn's gæring påvistes mælkesyrebakterier i et antal på 3,0x10⁶/g.

I gulerødder lagret 6 måneder ved 2°C før vask, trimning og skæring i strimler påvistes $7,5 \times 10^2$ /g mælkesyrebakterier og $1,4 \times 10^5$ /g ikke mælkesyrebakterier. Der blev ikke fundet gær.

Koek et al. (1983) har på en grønsagsvirksomhed foretaget en mikrobiologisk undersøgelse af produkterne efter indførelse af god hygiejnisk praksis (GMP). Gulerødderne blev vasket, skrabet mekanisk med karborundumsten og skåret i tern. Ved den mikrobiologiske undersøgelse påvistes følgende: 10^6 /g *Enterobacteriaceae*, 10^3 /g *Pseudomonas*, 5×10^3 /g gær og 5×10^3 /g mælkesyrebakterier. Inden for *Enterobacteriaceae* familien isoleredes følgende slægter: *Enterobacter*, *Erwinia*, *Kluyvera*, *Hafnia* og *Serratia*.

Vakuumpakket gulerod.

Buick og Damoglou (1987) har undersøgt virkningen af vakuumpakning på tynde (3 mm) skiver af gulerod. Før skiveskæring blev gulerødderne vasket, skrallet og dyppet i klorvand i 30 minutter (NB Tilsætning af klor til levnedsmidler er ikke tilladt i Danmark !). De kom 100 g gulerod i hver pose, og som kontrol brugtes poser uden vakuum og med et mikrobiologisk filter indsat for at give mulighed for fri udveksling af gasser med omgivelserne. Poserne blev lagret ved temperaturer på 4°C, 10°C og 15°C i 8 dage. Vakuumpakningen nedsatte bakteriernes væksthastighed og resulterede i et lavere aerobt kimtal end ikke vakuumpakning. Begyndelsesfloraen isoleret fra de klordypede skiver af gulerod blev bestemt til at bestå af 70 pct. *Erwinia* arter, 20 pct. *Pseudomonas* arter og 10 pct. *Bacillus* arter. Der blev ikke påvist gær eller svampe, og det blev der heller ikke senere i undersøgelsen (detektionsgrænse 50/g).

Efter indpakning og lagring i 8 dage ændrede floraens sammensætning sig (tabel 3). Det ses at floraen i de vakuumpakkede gulerodsskiver ændredes til at blive mere mikroaerofil og fermentativ, ændringen er afhængig af temperaturen. *Leuconostoc* arter (mælkesyrebakteriefamilien) var dominerende i de vakuumpakkede gulerodsskiver efter lagring. Disse bakterier isoleres normalt fra gærede grønsager. Bakterierne giver en slimet overflade og forårsager derved ødelæggelse af gulerødderne.

I de ikke vakuumpakkede gulerodsskiver var de fra starten dominerende *Erwinia* arter hovedårsagen til ødelæggelse. Ingen af de isolerede og rendyrkede *Erwinia* bakterier var pektinnedbrydende og var derfor ikke den plantepatogene *Erwinia carotovora*, der forårsager vådforrådnelse.

Tabel 3. Den procentvise fordeling af bakteriegrupper fra skiveskåret gulerod vakuumpakket og ikke vakuumpakket (luft) lagret ved forskellige temperaturer i 8 dage. (Buick & Damoglou 1987).

Table 3. Percentage distribution of bacterial genera on sliced carrots stored at different temperatures for 8 days. (Buick & Damoglou 1987).

Bakterie- gruppe genus	Lagertemperatur Storage temperature					
	15°C		10°C		4°C	
	vakuum vacuum	luft non <u>vacuum</u>	vakuum vacuum	luft non <u>vacuum</u>	vakuum vacuum	luft non <u>vacuum</u>
<i>Erwinia</i>	0	90	20	90	50	80
<i>Pseudomonas</i>	0	10	0	10	0	10
<i>Bacillus</i>	0	0	0	0	10	10
<i>Leuconostoc</i>	100	0	80	0	40	0

Holdbarhed: De ikke vakuumpakkede gulerodsskiver lagret ved 10°C og 15°C viste tegn på udtørring efter 4 og 2 dage. Gulerøddernes overflade fik et hvidligt, skællet udseende, og der dannedes meget kondensvand på indersiden af posen. Ved 4°C kunne gulerodsskiverne lagres i 5 dage, før udtørringen og kondensdannelsen blev for stor. Det i poserne indsatte filter var for øvrigt utilstrækkeligt til at give et fuldstændigt luftskifte, specielt ved de høje lagertemperaturer.

De vakuumpakkede gulerodsskiver lagret ved 10°C og 15°C blev bedømt som ubrugelige efter 4 og 2 dage fordi, vakuumposen blev "løs" på grund af gulerøddernes respiration. Derefter blev gulerodsskivernes overflade våd og slimet, efterhånden som mikrobiel vækst blev synlig. Ved 4°C var gulerodsskivernes farve

og udseende stadig god efter 8 dages lagring, og poserne beholdt deres vakuum.

Pakning med modificeret atmosfære.

Når gulerodsprodukter pakkes i lukkede poser sammen med almindelig luft, vil der som følge af gulerodsproduktets respiration opstå en modificeret atmosfære. Ved respirationen forbruges ilt og dannes kuldioxid. Afhængigt af plasticposens gennemtrængelighed for ilt og kuldioxid, vil iltindholdet falde til minimalt 0 pct. og kuldioxidindholdet stige til over 20 pct.. Der vil efterhånden indstille sig en ligevægt mellem indtrængende ilt og udsivende kuldioxid og gulerodsproduktets respirationshastighed. Hvornår ligevægten indtræder og hvilken ilt- og kuldioxidkoncentration, som det resulterer i, er svært at beregne.

Respirationshastigheden påvirkes både af ilt- og kuldioxidkoncentrationen. En sænkning af iltindholdet eller/og en forhøjelse af kuldioxidindholdet nedsætter respirationshastigheden. Denne nedsættelse af respirationshastigheden formodes, at være hovedårsagen til den gavnlige virkning af kontrolleret atmosfære lagring eller modificeret atmosfære pakning på friske grønsager.

Respirationshastigheden varierer for forskellige grønsager og mellem forskellige sorter. Snitning og anden beskadigelse øger respirationshastigheden. Høj kuldioxidkoncentration eller lav iltkoncentration kan give fysiologiske forandringer. Derudover kan respirationen blive anaerob og dermed give dårlig lugt og smag som følge af dannelse af ethanol, acetaldehyd og andre flygtige forbindelser. Ændring i atmosfæresammensætningen har også indflydelse på mikrofloraen. Høje kuldioxidkoncentrationer hæmmer væksten af nogle bakterier, men er uden virkning over for andre (Kader et al. 1989).

Priepke et al. (1976) fulgte udviklingen af aerobe bakterier i hele og skrællede skivede (0,5 cm) gulerødder, pakket i plasticposer (polyvinyliden klorid PVDC) og opbevaret i køleskab ved 4,4°C. Kimtallet for både hel og skiveskåret gulerod voksede fra $1,2 \times 10^4$ /g til 10 millioner/g på 8 dage, og efter 10 dage havde

skiveskåret gulerod et kimtal 10 gange større end hel gulerod ($1,4 \times 10^8/\text{g}$ og $1,3 \times 10^7/\text{g}$).

Carlin et al. (1989) undersøgte den mikrobielle ødelæggelse af færdigpakket revet gulerod. Der blev pakket 250 g revet gulerod i polyethylen (PE) poser eller i polypropylen (PP) poser og de blev lagret ved 10°C . Prøveudtagning efter 0, 7 og 14 dage. Antallet af aerobe bakterier var i begyndelsen omkring $5 \times 10^6/\text{g}$ for alle prøver. Det steg i løbet af den første uges lagring, hvorefter det stabiliseredes omkring $5 \times 10^8/\text{g}$. Den aerobe bakterielle flora bestod for de 90 pct. vedkommende af *Enterobacteriaceae* og fluorescerende *Pseudomonas*. De sidste 10 pct. var gram negative ikke fluorescerende bakterier, som ikke blev nærmere identificeret. De fandtes ved dag 0, hvorefter de forsvandt. Inden for *Pseudomonas* isolaterne identificeredes arterne *Ps. viridiflava* og *Ps. fluorescens*, hvoraf nogle var pektinnedbrydende. Ud af de 34 isolater forblev 6 uidentificerede. Inden for *Enterobacteriaceae* isolaterne identificeredes to arter: *Enterobacter intermedium* og *Erwinia herbicola*. Ingen af isolaterne var pektinnedbrydende, og den plantepatogene *Erwinia carotovora* var derfor formodentlig ikke tilstede.

Væksten af mælkesyrebakterier var anderledes. Efter 7 dage var der stor spredning inden for poserne, og spredningen var endnu større efter 14 dages lagring. I nogle poser var antallet af mælkesyrebakterier som ved starten omkring $10^4/\text{g}$, medens kimtallet i andre poser var vokset til omkring $10^8/\text{g}$. Alle mælkesyrebakterieisolater blev bestemt til at være *Leuconostoc mesenteroides*.

Svampefloraen bestod hovedsagelig af gær. Begyndelsesantallet mangler, men efter 7 og 14 dages lagring fandtes omkring $10^5/\text{g}$. I nogle tilfælde voksede svampe, såsom *Mucor* eller *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (storknoldet knoldbægersvamp) frem efter lagring i 3 uger, hvor pakkerne forlængst var bakterielt ødelagte.

Holdbarhed: Halvdelen af poserne var ødelagte efter 14 dage ved 10°C pga. afsmag og teksturforringelse. Alle ødelagte pakker med revet gulerod havde: højt indhold af kuldioxid (over 30 pct.), meget lavt iltindhold (under 1,5 pct.) samt produktion af ethanol. Mælkesyrebakterien *Leuconostoc mesenteroides* synes at være hovedårsagen til ødelæggelsen. Ødelæggelsen af de revne gulerødder kan dog også skyldes en ændring til anaerob respiration. Derimod synes pektinnedbrydende fluorescerende *Pseudomonas*, at have ringe indflydelse på ødelæggelsen. Deres forekomst er meget svingende, og de kan være helt fraværende i ødelagte pakninger. Dette kan skyldes det høje indhold af kuldioxid i pakningerne, idet høj koncentration af kuldioxid hæmmer væksten af *Pseudomonas* bakterier (Enfors & Molin 1980, Eklund & Jarmund 1983, Ibe & Grogan 1983).

Carlin et al. (1990a) fandt i et forsøg med revet gulerod i beholdere med kontrolleret atmosfære, at en stigning i kuldioxid koncentrationen (fra 10 pct. til 40 pct.) fremmede væksten af mælkesyrebakterier og gær på revet gulerod. Efter 10 dage ved 10°C påvistes 10^4 /g mælkesyrebakterier og 10^4 /g gær ved lagring i luft eller 10 pct. kuldioxid og 10^7 - 10^8 /g ved 40 pct. kuldioxid uafhængigt af iltkoncentrationen. Nedsættelse af iltkoncentrationen fra 10 pct. til 2 pct. havde ingen signifikant virkning på antallet af mælkesyrebakterier og gær. Kontrolleret atmosfære lagring havde ringe virkning på væksten af aerobe bakterier, som efter 10 dages lagring ved 10°C påvistes i et antal på mellem 10^8 /g og 5×10^9 /g.

Carlin et al. (1990b) har undersøgt virkningen af modificeret atmosfære pakning af revet gulerod i plasticposer med forskellig ilt- og kuldioxidgennemtrængelighed. De kom 250 g i hver pose, som blev lagret ved 10°C. Plasticposer af orienteret polypropylen (OPP) eller lav tætheds polyethylen (LDPE) begge med lav iltgennemtrængelighed er de mest anvendte plasticposer til pakning af revet gulerod i Frankrig. Ændringerne i ilt- og kuldioxidindholdet ses af fig. 1.

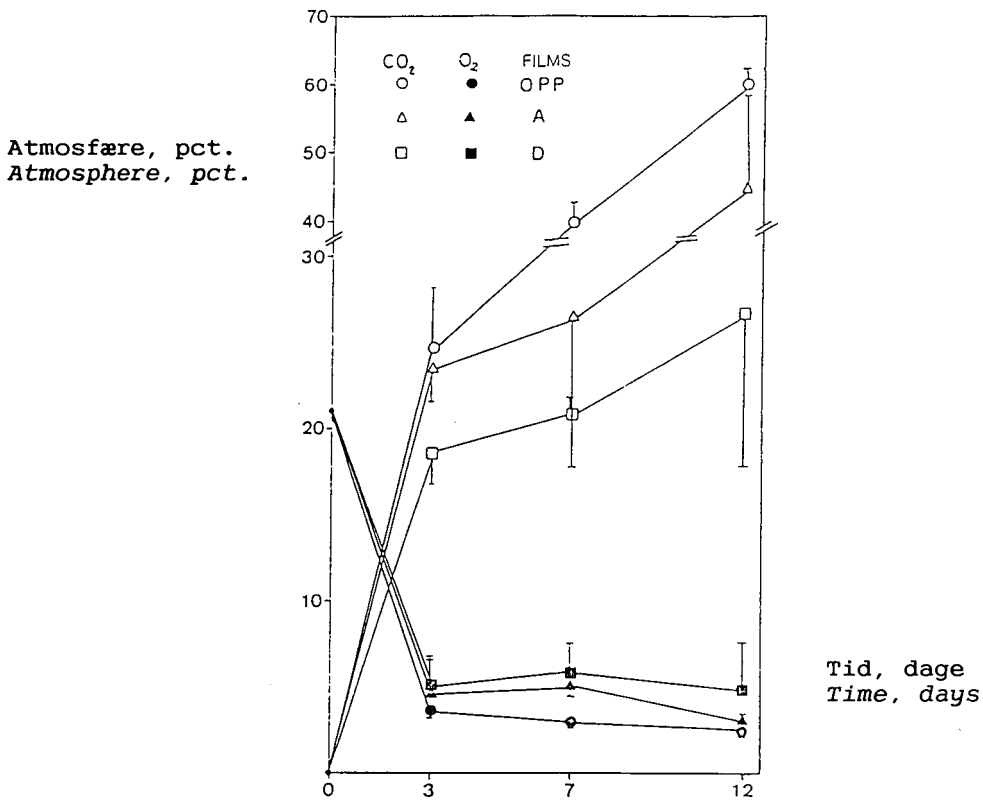


Fig. 1. Ændring i ilt og kuldioxid indhold i plasticposer med revet gulerod opbevaret ved 10°C. OPP: lav iltgennemtrængelighed 950 cm²/m²/dag/atm ved 25°C. A: mellem iltgennemtrængelighed 6000 cm²/m²/dag/atm ved 25°C. D: høj iltgennemtrængelighed 22000 cm²/m²/dag/atm ved 25°C. (Carlin et al. 1990b).

Fig. 1. Changes in CO₂ and O₂ in grated carrots with different packaging films at 10°C. OPP: Low oxygen permeability. A: Medium oxygen permeability. D: High oxygen permeability. (Carlin et al. 1990b).

Efter 12 dages lagring ved 10°C var antallet af mælkesyre bakterier ca. 10 gange højere i poser med lav iltgennemtrængelighed end i poser med høj iltgennemtrængelighed (henholdsvis 10⁸/g og 10⁷/g). De udførte et andet forsøg med lagring ved 10°C, 6°C og 2°C af revet gulerod pakket i plasticposer med henholdsvis lav og høj iltgennemtrængelighed. Temperaturen har, som det ses af fig. 2, stor indflydelse på antallet af mælkesyrebakterier.

Mælkesyre bakterier, $\log_{10}/g$.
Lactic acid bacteria $\log_{10}$ CFU/g.

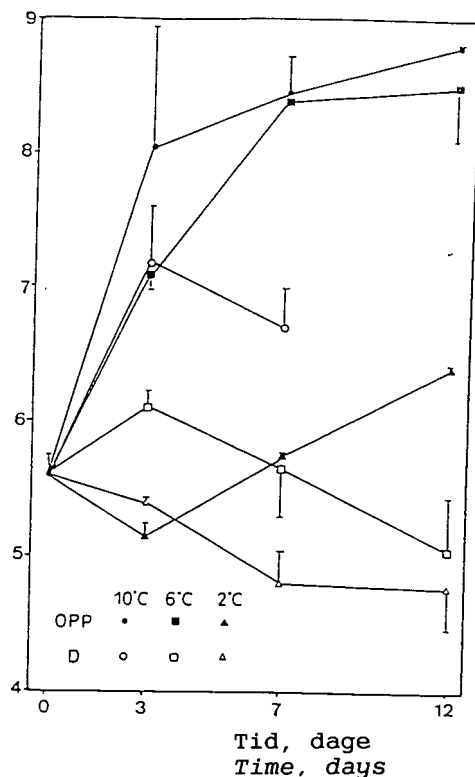


Fig. 2. Ændring i antallet af mælkesyrebakterier på revet gulerod pakket i poser med lav (OPP) og høj iltgennemtrængelighed (D) og opbevaret ved forskellige lagringstemperaturer. Data for D 12 dage 10°C mangler. (Carlin et al. 1990b).

Fig. 2. Changes in counts of lactic acid bacteria in grated carrots with different packaging films and storage temperatures. Data for D film 12 days, 10°C not shown. (Carlin et al. 1990b).

Det ses endvidere, at antallet af mælkesyrebakterier er langt mindre i poser med høj iltgennemtrængelighed end i poser med lav iltgennemtrængelighed. Dette skyldes formodentlig, at væksten af mælkesyrebakterier stimuleres af det højere kuldioxidindhold.

Holdbarhed: Denne var bedst i plasticposerne med den største iltgennemtrængelighed, idet kun 8 pct. af pakkerne (1 stk.) var ødelagt efter 12 dage ved 10°C. I plasticposerne med mellem iltgennemtrængelighed var de revne gulerødder tilfredsstillende efter 7 dage, men 75 pct. var ødelagte efter 12 dage ved 10°C. I plasticposerne med mindste iltgennemtrængelighed blev gulerøddernes respiration anaerob, og antallet af mælkesyrebakterier var større, og alle pakker var ødelagte efter 7 dage ved 10°C.

Efter lagring ved forskellige temperaturer (10°C, 6°C, 2°C) var alle poserne med den mindste iltgennemtrængelighed ødelagte efter 7 dage både ved 10°C og 6°C. De revne gulerødder i poser med den højeste iltgennemtrængelighed var ikke ødelagte selv efter 12 dages lagring uanset temperaturen. Den lave lagertemperatur på 2°C reducerede den fysiologiske aktivitet og mikrobielle vækst tilstrækkeligt til at forsinke ødelæggelse, så også poserne med den mindste iltgennemtrængelighed ikke var ødelagte efter 12 dage.

Indflydelsen af modificeret atmosfære på gulerødders respiration:

Carlin et al. (1990b) fandt at respirationshastigheden for hele gulerødder i alm. luft var mellem 0,4 og 0,5 mmol O₂/kg/time medens den var mellem 1,8 og 2,6 mmol O₂/kg/time for revet gulerod.

I poser med revet gulerod og med lav og mellem iltgennemtrængelighed opbevaret 48 timer ved 10°C varierede iltindholdet fra 1,5 til 2,2 pct. og kuldioxidindholdet varierede fra 19 til 27 pct. I poser med den højeste iltgennemtrængelighed var det henholdsvis 5,1 og 16,5 pct.. Respirationshastigheden blev mest nedsat i poser med lav og mellem iltgennemtrængelighed. Den var her kun 3 og 11 pct. af hvad den var i alm. luft. Respirationskvotienten (CO₂/O₂) kom op på over 6 som et tegn på ændring til anaerob respiration. Modsat steg respirationshastigheden med stigende gennemtrængelighed og respirationskvotienten blev i

poserne med den højeste iltgennemtrængelighed, nær ved respirationskvotienten for revet gulerod i alm. luft, der var omkring 1,5.

Konklusion.

Mikrofloraen på hele gulerødder består hovedsagelig af bakterier, medens svampe og gær kun udgør en mindre del. Ved kølelagring af hele gulerødder er det svampefloraen, der har størst betydning for holdbarheden, medens bakteriefloraen har mindre betydning. Under lagringen ændres svampefloraen således, at plantepatogene svampe fra at have udgjort en mindre del af floraen efterhånden bliver dominerende og ødelægger gulerødderne.

Efter fremstilling af let forarbejdede gulerodsprodukter er det bakteriefloraen, der har størst betydning for holdbarheden. Ved lagring af gulerodsprodukter pakket med modificeret atmosfære eller vakuumpakket er det mælkesyrebakterier der fra kun at udgøre en mindre del af begyndelsesfloraen, bliver dominerende og ender med at ødelægge gulerodsproduktet.

Holdbarheden af hele gulerødder kan forbedres ved:

- Forædling af gulerodssorter, der er mere modstandsdygtige over for svampeangreb.
- Nedsættelse af smitte fra marken, ved hyppigere sædskifte.
- Nænsom høst, så gulerødderne får færre sår eller andre beskadigelser, hvor svampeangreb kan ske. Frasortering af beskadigede gulerødder.
- Opbevaring ved en temperatur lige over gulerøddernes frysepunkt og ved en luftfugtighed nær mættethed for at forhindre svækkelse som følge af udtørring.

Holdbarheden af let forarbejdede gulerodsprodukter kan forbedres ved:

- Anvendelse af sunde gulerødder med et lavt bakterielt kimaltal. Særligt bør antallet af mælkesyrebakterier og *Erwinia* bakterier være lavt.
- Pakning med modificeret atmosfære. Det er her af afgørende betydning at vælge en egnet plasticpose med en passende ilt- og kuldioxidgennemtrængelighed, således at anaerob respiration ikke opstår.
- Opbevaring ved lav temperatur på maksimum 5°C er meget vigtigt. Selv når der ved modificeret atmosfære pakning var opnået en passende atmosfære, blev holdbarheden ikke forbedret når temperaturen var høj.

LITTERATUR

- Andersson, R. 1984. Characteristics of the bacterial flora isolated during spontaneous lactic acid fermentation of carrots and red beets. *Lebensmittel -Wissenschaft und -technologie* 17, 282-286.
- Andersson, R.E.; Eriksson, C.E.; Salomonsson, B.A.C. & Theander, O. 1990. Lactic acid fermentation of fresh and stored carrot: chemical, microbial and sensory evaluation of products. *Lebensmittel -Wissenschaft und -technologie* 23, 34-40.
- Batt, C.; Solberg, M. & Ceponis, M. 1983. Effect of volatile components of carrot seed oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. *J. Food Sci.* 48, 762-764 & 768.
- Beuchat, L.R. 1989. Personlig meddelelse. cf. Heisick, J.E.; Wagner, D.E; Nierman, M.L. & Peeler, J.T. 1989. *Listeria* spp. found on fresh market produce. *Appl. Environ. Microbiol.* 55, 1925-1927.
- Beuchat, L.R. & Golden, D.A. 1989. Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol.* 43, 134-142.
- Brocklehurst, T.F. & Lund, B.M. 1981. Properties of *Pseudomonads* causing spoilage of vegetables stored at low temperature. *J. Appl. Bact.* 50, 259-266.
- Buick, R.K. & Damoglou, A.P. 1987. The effect of vacuum packaging on the microbial spoilage and shelf-life of 'Ready-to-use' sliced carrots. *J. Sci. Food Agric.* 38, 167-175.
- Carlin, F.; Nguyen-The, C.; Cudennec, P. & Reich, M. 1989. Microbiological spoilage of fresh, ready-to-use grated carrots. *Sci. Alim.* 9, 371-386.
- Carlin, F.; Nguyen-The, C.; Chambroy, Y. & Reich, M. 1990a. Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, electrolyte leakage and sugar content of fresh 'ready-to-use' grated carrots. *Inter. J. Food Sci. Technol.* 25, 110-119.
- Carlin, F.; Nguyen-The, C.; Hilbert, G. & Chambroy, Y. 1990b. Modified atmosphere packaging of fresh, "Ready-to-use" grated carrots in polymeric films. *J. Food Sci.* 55, 1033-1038.
- Davies, W.P.; Lewis, B.G. & Day, J.R. 1981. Observation on infection of stored carrot roots by *Mycocentrospora acerina*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 77, 139-151.
- Eklund, T. & Jarmund, T. 1983. Microculture model studies on the effect of various gas atmospheres on microbial growth at different temperatures. *J. Appl. Bact.* 55, 119-125.

Enfors, S.O. & Molin, G. 1980. Effect of high concentrations of carbon dioxide on the growth rate of *Pseudomonas fragi*, *Bacillus cereus* and *Streptococcus cremoris*. J. Appl. Bact. 48, 409-416.

Garrod, B.; Lewis, B.G.; Brittain, M.J. & Davies, W.P. 1982. Studies on the contribution of lignin and suberin to the impedance of wounded carrot root tissue to fungal invasion. New Phytologist 90, 99-108.

Goodliffe, J.P. & Heale, J.B. 1977. Factors affecting the resistance of stored carrot roots to *Botrytis cinerea* (abstract). Proc. Ass. Appl. Biol. 85, 163.

Gram, K.; Jensen, H.J. & Mentz, A. 1937. Nytteplanter s.112. Gyldendalske Boghandel Nordisk Forlag, København 503pp.

Heisick, J.E.; Wagner, D.E.; Nierman, M.L. & Peeler, J.T. 1989. *Listeria* spp. found on fresh market produce. Appl. Environ. Microbiol. 55, 1925-1927.

Ibe, S.N. & Grogan, R.G. 1983. Effect of controlled oxygen and carbon dioxide atmosphere on bacterial growth rate and soft rot of tomato fruits caused by *Pseudomonas marginalis*. Plant Disease 67, 1005-1008.

Kader, A.A.; Zagory, D. & Kerbel, E.L. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutrit. 28, 1-30.

Koek, P.C.; De Witte, Y. & De Maaker, J. 1983. The microbial ecology of prepared raw vegetables. p231-240. In: Roberts, T.A. & Skinner, F.A. (eds.). Food microbiology: Advances and prospects. The society for applied bacteriology symposium series no. 11. Academic Press London 394pp.

Lewis, B.G. & Garrod, B. 1983. Carrots. Ch 5, p103-124. In: Dennis, C. (ed.). Post-Harvest pathology of fruits and vegetables. Academic Press London 264pp.

Lewis, B.G.; Davies, W.P. & Garrod, B. 1981. Wound-healing in carrot roots in relation to infection by *Mycocentrospora acerina*. Ann. Appl. Biol. 99, 35-42.

Liao, C.H. & Wells, J.M. 1987. Diversity of pectolytic, fluorescent *Pseudomonads* causing soft rots of fresh vegetables at produce markets. Phytopathology 77, 673-677.

Mazza, G. 1989. Carrots. Ch. 3, p76-119. In: Michael Eskin, N.A. (ed.). Quality and preservation of vegetables. CRC Press Inc. Florida 313pp.

Priepke, P.E.; Wei, L.S. & Nelson, A.I. 1976. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. J. Food Sci. 41, 379-382.

Tronsmo, A. 1989. *Trichoderma Harzianum* used for biological control of storage rot on carrots. Norw. J. Agric. Sci. 3, 157-161.

Tronsmo, A.; Granum, P.E.; Hoftun, H. & Svendsen, S. 1982. Lagring av gulrøtter i isvannkjølt og konvensjonelt kjølelager. Norsk Institut for Næringsmiddelforskning NNF Rapport 11 (13), 51pp.

Van den Berg, L. & Lentz, C.P. 1978. High Humidity storage of vegetables and fruits. HortSci. 13, 565-569.

Afdelinger under Statens Planteavlsforsøg

Direktionen

Direktionssekretariatet, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Biometri og Informatik, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99

Landbrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Grovfoder og Kartøfler, Forskningscenter Foulum, Postbox 21, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, Tystofte, 4230 Skælskør	53 59 61 41
Afdeling for Kulturteknik, Flensborgvej 22, Jyndeved, 6360 Tinglev	74 64 83 16
Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi, Vejenvej 55, Askov, 6600 Vejen	75 36 02 77
Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 25, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle	75 83 23 44
Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern	97 36 62 33
Lundgård Forsøgsstation, Kongeåvej 90, 6600 Vejen	75 36 01 33
Rønhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg	74 42 38 97
Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted	97 92 15 88
Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup	98 26 13 99
Ødum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten	86 98 92 44
Laboratoriet for Biavl, Lyngby, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Laboratoriet for Biavl, Roskilde, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11

Havebrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Planteskoleplanter, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Gartnertechnik, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66

Planteværnscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Planterpatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10

Centrallaboratoriet

Centrallaboratoriet, Forskningscenter Foulum, Postbox 22, 8830 Tjele	86 65 25 00
--	-------------