



Forbedret lagringsevne for norsk frukt og grønt

Avslutningsseminar for prosjektet:

“Improved quality of Norwegian fruits, potatoes and vegetables after long- and short-term storage” (2010-2014)

NOFIMA, Ås, 9. desember 2014

Arne Hermansen & Eldrid Lein Molteberg (red.)

Forbedret lagringsevne for norsk frukt og grønt

Avslutningsseminar for prosjektet:

“Improved quality of Norwegian fruits, potatoes and vegetables
after long- and short-term storage” (2010-2014)

NOFIMA, Ås, 9. desember 2014

Redaktører:

Arne Hermansen & Eldrid Lein Molteberg



Bioforsk FOKUS blir utgitt av:
Bioforsk, Frederik A. Dahls vei 20, 1430 Ås
post@bioforsk.no

Ansvarlig redaktør: Forskningsdirektør Nils Vagstad

Denne utgivelsen:

Redaktører: Arne Hermansen & Eldrid Lein Molteberg

Bioforsk FOKUS
Vol 9 nr 9 2014
978-82-17-01365-5 (ISBN)
0809-8662 (ISSN)

Forsidefoto: Unni Abrahamsen.
Produksjon og trykk: Bioforsk Plantehelse, EF

Boka kan bestilles hos:
Bioforsk, Frederik A. Dahls vei 20, 1430 Ås
post@bioforsk.no

Pris: 150 NOK
www.bioforsk.no

Forord

Lagring av vegetabiler er et sentralt tema i Norge siden hoveddelen av produksjonen av frukt, grønnsaker og poteter blir lagret kortere eller lengre tid før de når forbrukeren. Kvaliteten av produkter etter lagring blir i stor grad påvirket av lagringsforholdene, men mange av kvalitetsproblemene som oppstår har årsak i faktorer før produktene kommer på lager.

Prosjektet «Storage of fruits, vegetables and potatoes after long- and short-term storage» (2010-2014) er i avslutningsfasen. Prosjektet har omfattet kompetanseheving og forskning innen langtidslagring av epler, poteter og gulrøtter, samt lagring og emballering av kuttete rotvekster. Dette har vært et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB-prosjekt), med Nofima, Norges miljø - og biovitenskapelige universitet og Bioforsk som deltakende forskningsinstitusjoner. Bioforsk har vært prosjektansvarlig institusjon.

Prosjektet har vært organisert i fire arbeidspakker, med stipendiatutdanning i to av disse: poteter (Bioforsk) og kuttete rotvekster (Nofima). Vi ønsker med denne publikasjonen å summere opp de viktigste aktivitetene og resultatene fra de ulike arbeidspakkene i prosjektet.

Prosjektet har vært finansiert av Fondet for forskningsavgift på Landbruksprodukter (65 %), Jordbruksavtalemidler (35 %) og bransjemidler (10 %). De deltakende bransjeaktørene har vært : Gartnerhallen AL, FellesJuice AS, Bama Gruppen AS, Findus Norge AS, HOFF SA, Graminor AS, NordGrønt, Norgesgrønt, Maarud AS og Orkla Confectionary & Snacks Norge. Det har vært et 5 årig prosjekt med en total ramme på 16 millioner kroner. Utover dette har også de deltakende FoU-institusjoner bidratt med egeninnsats.

Vi vil takke alle som har vært med i finansieringen av prosjektet. I tillegg vil vi også takke alle prosjektmedarbeiderne for alt arbeid som er lagt ned i prosjektet og for godt samarbeid.

Arne Hermansen & Eldrid Lein Molteberg

Innhold:

Forord	3
Lagring av poteter - ny kunnskap om modning, om ventilasjonsstrategier og om Fusarium-råte <i>Pia Heltoft Thomsen, Eldrid Lein Molteberg, May Bente Brurberg, Ragnhild Nærstad, Anne-Berit Wold & Arne Hermansen</i>	7
Lagring av eple - kvalitetseffektar av bladgjødsling, mogningsgrad og ulike lagringsforhold <i>Eivind Vangdal, Jorunn Børve, Kristin Kvamm-Lichtenfeld, Irèn Lunde Knutsen, Siv Fagertun Remberg, Rajko Vidrih, Anders Leufvèn & Anne-Berit Wold</i>	13
Effekt av sort og modningsgrad (utviklingstid) på innhold av polyacetylen og angrep av lagringspatogener hos gulrot <i>Anne-Berit Wold, Mette Goul Thomsen & Arne Hermansen</i>	21
Lagring av ferdigkuttet kålrot og nepe <i>Haakon Helland, Anders Leufvèn, Gunnar B. Bengtsson & Anne-Berit Wold</i>	25

Lagring av poteter - ny kunnskap om modning, om ventilasjonsstrategier og om *Fusarium*-råte

Pia Heltoft Thomsen^{1,2}, Eldrid Lein Molteberg¹, May Bente Brurberg¹, Ragnhild Nærstad¹, Anne-Berit Wold² & Arne Hermansen¹
¹Bioforsk, ²Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)
pia.heltoft@bioforsk.no

Sammendrag

Poteter av sortene Asterix og Saturna med tre ulike modningsgrader (ulike i skallfasthet, tørrstoff- og sukkerinnhold), ble lagret med ulik ventilasjon (luftmengde) i henholdsvis pilotskala og dyrkerlagre. Lagring med konstant lav luftgjennomgang ga høyest vekttap. Dyrkerlagre med stor luftmengde i intervaller ga høyest respirasjon og i enkelte tilfeller økt sukkerinnhold og mørkere friteringsfarge. De minst modne potetene hadde høyest respirasjon og vekttap på dyrkerlagrene, mens de for 'Saturna' i pilotskala hadde noe mørkere chipsfarge. Samme materiale ble også smittet med ulike *Fusarium*-arter som gir lagerråte i potet. De minst modne 'Asterix'-potetene utviklet mest råte med smitte av *F. sambucinum*. Testing av sortsresistens mot *Fusarium* i ti vanlige sorter ga mest råte i tidligsortene Rutt og Berber. *F. sambucinum* var den mest aggressive arten, men ulike isolater av arten ga ulike angrep i ulike sorter. En bred kartlegging av *Fusarium*-arter i Norge bekreftet at 'Rutt' og 'Berber' var svake for angrep. Vi fant 7 *Fusarium*-arter, med *F. avenaceum* og *F. coeruleum* som de vanligste. Geografiske forskjeller i resultatene kunne i stor grad kobles til sort. En ny molekylær test for *F. coeruleum* kan brukes til tidlig deteksjon av denne arten. Pågående forsøk i Skottland studerer effekt av hhv. jord- og knollsmitte av *Fusarium* på råteutvikling.

Innledning

Lagringstap i potet forårsakes av blant annet sykdommer, vanntap og dårlig friteringsfarge. Lagringstapet er ofte størst i poteter med dårlig skall. Norge har en relativt kort og kjølig vekstsesong, noe som i kombinasjon med bruk av sene sorter lett kan resultere i umodne poteter ved høsting.

I prosjektet settes fokus på potetens modning ved høstetidspunktet og hvordan denne påvirker lagringsevnen over tid og med ulike kontrollerte luftmengder. Forsøk er gjennomført både i pilotskala (smålagre) og på ordinære dyrkerlagre.

Angrep av *Fusarium*-arter er en viktig årsak til lagringsråte og dermed lagringstap. Som ledd i rett kontrollstrategi for *Fusarium* er det gjort en kartlegging av hvilke *Fusarium*-arter som finnes i Norge. Det er dessuten utviklet en molekylær metode til tidlig diagnostisering av *F. coeruleum*. Videre er det studert betydningen av modningsgrad for smitte av *Fusarium*, samt forskjellige potetsorters mottakelighet.

Materiale og metoder

Modning og lagringskvalitet under forskjellige lagringsforhold

Det ble dyrket potetmateriale av sortene Asterix og Saturna i 2010, 2012 og 2013 med tre forskjellige modningsgrader. Ulike kombinasjoner av lysgroing, settetid og nitrogen gjødsling ble brukt for å oppnå de tre modningsgradene (Tabell 1).

De modningsrelaterte parameterne som ble målt hver uke i siste del av vekstsesongen og fram til og med høsting var: grønnfarge i riset, skallkvalitet (flassing med Torquometer), tørrstoffinnhold og innhold av reduserende sukker (kromatografi, HPAEC-PAD).

Lagring i pilotskala (smålagre) ble gjennomført ved å plassere ca. 8 kg poteter i et tett plastrør med lufttilførsel i bunn og styring av luftmengden som slippes ut på toppen. Ventilasjonsprinsippene «Agrovent» eller «Findus» ble simulert, med konstant liten luftmengde for «Findus» (25 m³/tonn/time) og større

Tabell 1. 'Asterix' og 'Saturna' med forskjellige modningsgrader.

	M7 (moden)	M10 (medium moden)	M14 (umoden)
Lysgroing	Ja	Nei	Nei
Settedato	Normal	Normal	2 uker senere
Gjødsling (kg N/daa)	7	10,5	14

luftmengde i intervaller for «Agrovent» (75 m³/tonn/time). Det ble holdt konstant høy luftfuktighet (RH=ca. 98 %) på lagrene. Lagring på dyrkerlagre ble gjennomført ved at tilsvarende prøver (ca. 8 kg poteter i nettingposer) ble gravd ned i potetkasser inne på ulike lagre i november måned. Hver sesong ble det brukt henholdsvis 6 lagre med ventilasjon etter «Findus»-prinsippet og 6 etter «Agrovent»-prinsippet.

Der ble tatt prøver fra smålagrene i alt tre ganger (desember, februar og april), mens poteter fra dyrkerlagrene ble analysert en gang (februar). Ved hvert uttak ble det målt respirasjon (forbruk av O₂ på 24 timer i tett glass), vekttap, tørrstoffinnhold, innhold av reduserende sukker og farge på friterte produkter (chips for 'Saturna' og pommes frites for 'Asterix').

Fusarium

I vekstsesongene 2010-2012 ble det samlet inn 238 potetprøver fra hele landet for å kartlegge hvilke arter *Fusarium* som er til stede. Prøvene ble tatt ut umiddelbart etter innlagring. Etter 7 måneders lagring frem til våren ble potetene såret mekanisk for å skape infeksjonspunkt for de aktuelle soppene. Deretter ble knollene lagt til inkubering i 7 uker ved 10 °C og høy luftfuktighet før gradering for råteutvikling. Det ble isolert sopp fra poteter med råtesymptomer. Eventuelle *Fusarium*-arter ble identifisert vha. mikroskop på bakgrunn av morfologiske karakterer og en del ble verifisert med molekylær test. I forbindelse med innsamlingen av prøver til kartlegging av *Fusarium* ble det også samlet inn opplysninger om dyrkingsbetingelser, bl.a. dyrkingssted, sort, vekstskifte og jordtype. Dette skulle bidra til kunnskap om utviklingen av *Fusarium*-råte på lageret.

Det var et ønske om bedre og hurtigere deteksjonsmetoder til bestemmelse av *Fusarium* slik at det kan detekteres eventuelle latente infeksjoner i starten av lagringsperioden. I prosjektet har vi testet allerede eksisterende real-time PCR tester på isolater

funnet i kartleggingen, for å vurdere om det er behov for utvikling av nye tester tilpasset norske isolater og eget utstyr. Vi har også undersøkt muligheten for multiplexing, dvs. teste om flere arter er til stede i en prøve samtidig, med flere *Fusarium*-arter.

Sammenhengen mellom modningsgrad og utvikling av smitte ble undersøkt i 2012 og 2013. Det ble her brukt de fire viktigste *Fusarium*-artene: *F. coeruleum*, *F. avenaceum*, *F. sambucinum* og *F. culmorum*. Videre er det gjort forsøk for å undersøke mottakelighet for *Fusarium*-råte i de 10 mest brukte sortene i Norge. Disse ble smittet med tre *Fusarium*-arter: *F. coeruleum*, *F. avenaceum* og *F. sambucinum*.

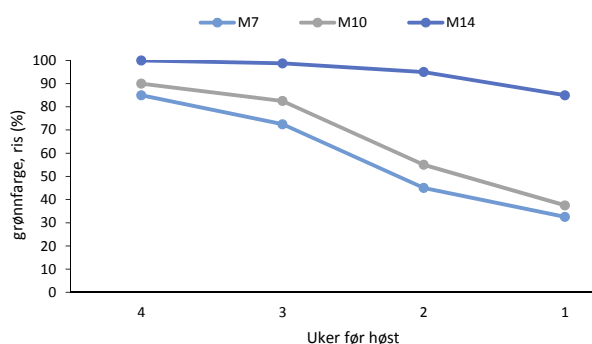
I et samarbeid med James Hutton Institute i Dundee i Skottland er det i 2014 gjennomført forsøk for å se på betydningen av knollsmitte kontra jordsmitte. Et feltforsøk ser på ulike mengder jord- og knollsmitte av arten *F. coeruleum*, mens et potteforsøk ser på betydningen av henholdsvis jord- og knollsmitte for de tre artene *F. coeruleum*, *F. avenaceum* og *F. sambucinum*. Poteter ('Asterix' og 'Saturna') fra disse forsøkene ligger nå på lager.

Resultater og diskusjon

Modning og lagringskvalitet under forskjellige lagringsforhold

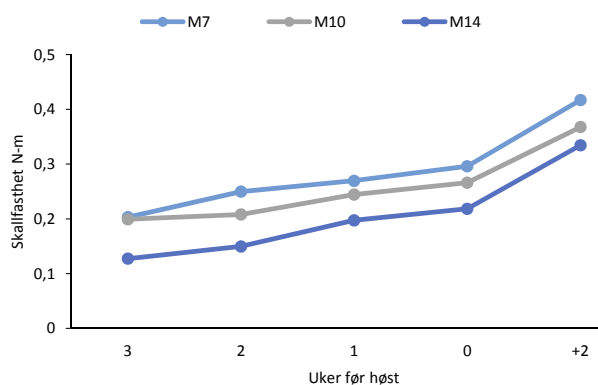
Modning i vekstsesongen

Modningen av riset ble fulgt både visuelt, som andel friskt ris (%), og ved måling av grønnfarge med Yara-N tester. Det var størst forskjeller mellom riset på det minst modne (M14) leddet og de andre leddene. De minst modne 'Asterix'-leddene hadde i middel for år over 80 % grønt ris ved nedvisningstidspunktet (figur 1). 'Saturna' hadde nokså tilsvarende verdier (85, 40 og 35 % grønt ris for de tre leddene ved nedsviing 8 dager før høsting).



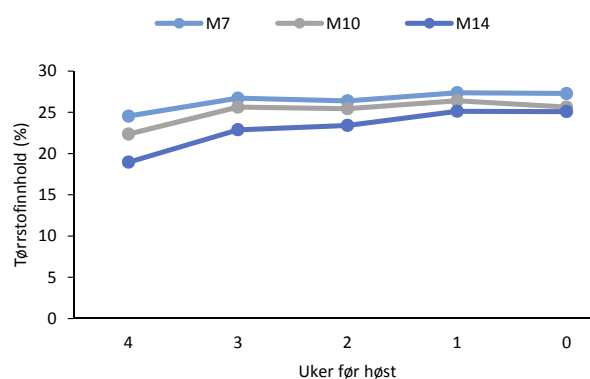
Figur 1. Andel friskt ris (%) hos 'Asterix' med tre forskjellige modningsgrader i siste del av vekstsesongen i 2010, 2012 og 2013.

Skallfastheten økte fram mot høsting for alle modningsgrader (figur 2). Det var forskjeller mellom modningsgradene i middel for hele måleperioden, men forskjellen økte de siste ukene før høsting. I begge sorter skilte de minst modne potetene (M14) seg ut med lavest skallfasthet ($p < 0,01$). To uker etter høsting (+2) har skallfastheten i 'Asterix' økt for alle modningsgrader (figur 2). Tilsvarende gjelder for 'Saturna'.



Figur 2. Skallfasthet i 'Asterix' med tre forskjellige modningsgrader (M7, M10 og M14) i siste del av vekstsesongen 2010 og 2012, samt to uker etter høsting (+2).

'Saturna' hadde høyere tørrstoffinnhold enn 'Asterix', med henholdsvis 24,9 % og 21,4 % i middel over ledd og år. Som vist for 'Saturna' (figur 3) steg tørrstoffinnholdet i knollene gradvis frem mot høstetidspunktet. Det var sikre forskjeller mellom alle modningsgrader ($p < 0,01$).



Figur 3. Tørrstoffinnhold i 'Saturna' med tre forskjellige modningsgrader i siste del av vekstsesongen i 2010, 2012 og 2013.

Der var generelt høyere sukkerinnhold i 'Asterix' enn i 'Saturna' (4,9 mot 2,1 mg/g reduserende sukker). For begge sorter falt sukkerinnholdet frem mot høstetidspunktet. Det var ikke sikre forskjeller i glukose mellom potetene fra de ulike modningsgradene, mens det for sukrose og fruktose var høyere innhold i de minst modne potetene (M14) enn de andre modningsgradene ($p < 0,01$). Disse resultatene viser at prøvene som ble lagt inn på lager hadde ulike modningsgrader, med noe ulike egenskaper og dermed ulike forutsetninger for å klare seg under lagringsperioden. De minst modne potetene (M14) skilte seg særlig ut. Dette viser at utsatt settetid i kombinasjon med økt nitrogen gjødsling har sterk effekt på modningsgraden.

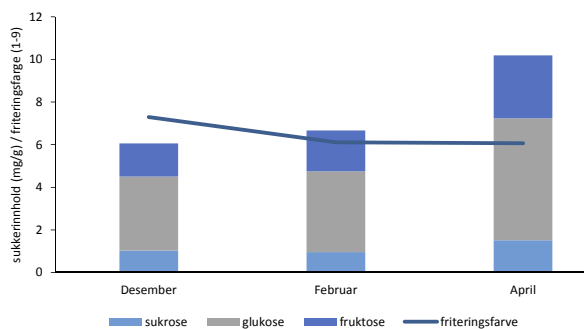
Lagring i pilotskala

Endring over tid

Lagringskvaliteten for de to sortene, 'Asterix' og 'Saturna', viste omlag de samme endringene gjennom vinteren. Det var ikke endringer i tørrstoffinnholdet gjennom lagringsperioden. Respirasjonen var generelt lav men synes å være på vei opp ved siste prøveuttak i april. Friteringsfargen i 'Saturna' var signifikant lysere ved desember-uttaket enn i april ($p < 0,01$) (figur 4), mens den i februar var i en mellomstilling. I 'Asterix' var friteringsfargen signifikant lysere i desember enn ved de to følgende uttak ($p < 0,01$). Sukkerinnholdet viste tilsvarende mønster med økende sukerverdier utover i lagringsperioden (figur 4). Økningen var større for 'Asterix' enn 'Saturna' (ikke vist). I 'Asterix' hadde både sukrose, fruktose og glukose signifikant høyere verdier ($p < 0,01$) i april enn ved de andre uttakene. Der var ikke forskjeller i sukkerinnhold på uttak i 'Saturna'.

Modning og ventilasjon

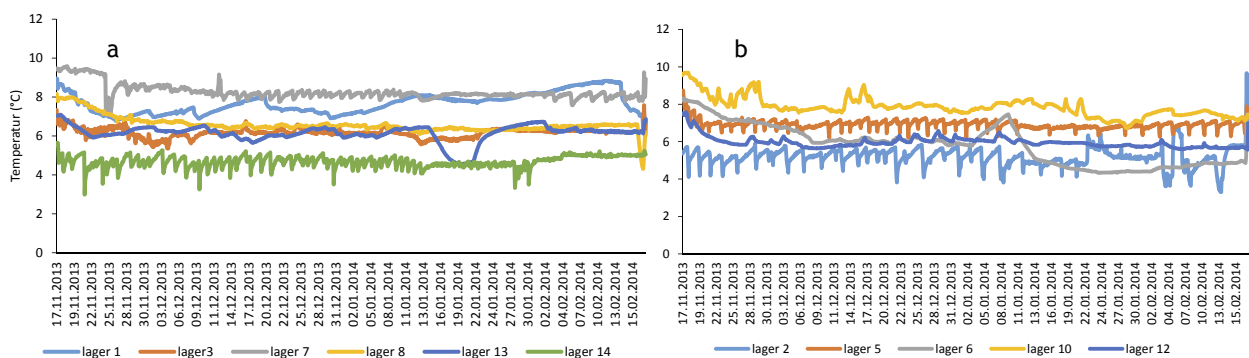
Det var et lite, men signifikant høyere, vekttap i poteter lagret ved «Findus» prinsippet (0,8 %) enn i poteter lagret ved «Agrovent» prinsippet (0,6 %). Respirasjonen gjennom vinteren ble ikke påvirket av hvilket ventilasjonsprinsipp som ble brukt og der var ikke sikre forskjeller mellom modningsgrader. Modningsgraden påvirket derimot graden av endring i friteringsfarge på chips og de minst modne (M14) var mørkere enn de andre modningsgraderne. I 'Asterix' pottes frites påvirket modningsgraden ikke friteringsfarge. Utviklingen i friteringsfarge var tilsvarende for begge lagringsprinsippene.



Figur 4. Sukkerinnhold (sukrose, fruktose og glukose) (mg/g) og friteringsfarge i 'Asterix' ved uttak i desember, februar og april. Middel for begge ventilasjonsprinsipp.

Lagring på dyrkerlagre

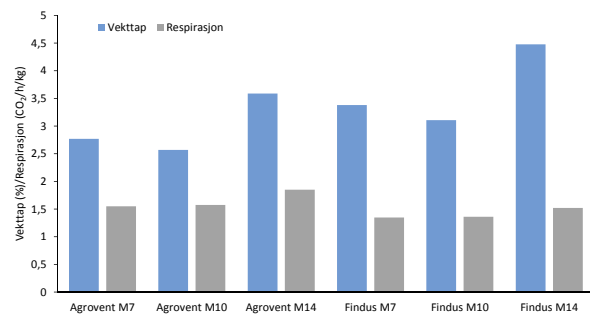
Det var generelt stor variasjon både i lagringsforhold og kvalitetsparameter innenfor samme ventilasjonsprinsipp. Lagertype (ventilasjonsprinsipp) påvirket ikke vekttap, men som for pilotskala-lagrene var der tendens til høyere vekttap på «Findus»-lagre (figur 5). Poteter fra «Agrovent»-lagrene hadde noe høyere respirasjon enn poteter fra «Findus»-lagrene ($p=0,058$). For friteringsfarge ble det i middel for begge sorter og tre år funnet lysest farge etter lagring med «Findus»-prinsippet. Det var ingen forskjell i 2013, mens det var lysest chips i 'Saturna' i 2010



Figur 6. Temperatur på kommersielle lagre med ventilasjonssystem a: «Agrovent» og b: «Findus» i lagrings sesongen 2013/2014.

($p=0,072$) og lysest pottes frites fra 'Asterix' i 2010 ($p=0,079$) og 2012 ($p=0,054$). Det var god sammenheng mellom friteringsfarge og sukkerinnhold, ved at poteter med en lysere friteringsfarge hadde et lavere sukkerinnhold.

På tidspunktet for uttak fra de kommersielle lagrene, i februar måned, hadde 'Saturna' høyere respirasjon enn 'Asterix' ($p<0,01$). De minst modne potetene (M14) hadde også høyere respirasjon (figur 5) og større vekttap enn de mer modne potetene (M7 og M10) ($p<0,01$). Som for ferskt materiale hadde de mest modne potetene (M7) høyest tørrstoffinnhold, med sikre forskjeller mellom alle modningsgrader ($p<0,01$). Det var ikke sikker forskjell mellom modningsgrader etter lagring hverken når det gjaldt sukkerinnhold eller friteringsfarge.



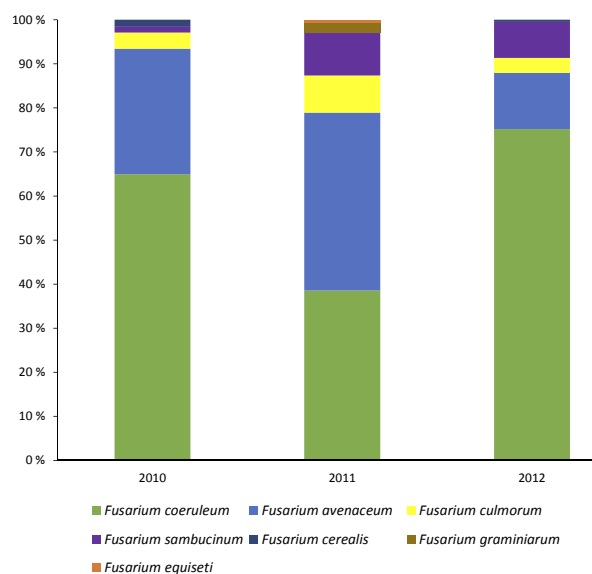
Figur 5. Vekttap og respirasjon i poteter med 3 forskjellige modningsgrader på lager med to forskjellige ventilasjonsprinsipp (middel for sort og år).

Temperaturen ble logget på alle lagre, og figur 6 viser at det er betydelige variasjoner i temperaturforhold både mellom lagre og innenfor samme lagertype. I tillegg vil luftfuktighet og plassering av kassene på lageret variere. Slike variasjoner tas det høyde for i de statistiske beregningene av forskjeller mellom ventilasjonsprinsipp, slik at det for eksempel kan utelukkes at kvalitetsforskjellene skyldes for-

skjeller i temperatur gjennom vinteren. Etter 2010-sesongen, som hadde en lang periode med sterk kulde, ble det besluttet å måle CO₂ innholdet på «Agrovent»-lagre for å undersøke om CO₂-opphopning i lufttette lagre kunne påvirke friteringsfargen. Det ble imidlertid ikke målt forhøyede CO₂-verdier i «Agrovent»-lagre i 2012 og 2013. Dette kan skyldes at det i 2012 og 2013 ikke var lange perioder med sterk kulde eller at det rent faktisk ikke skjer en CO₂-opphopning i lagrene.

Fusarium-kartlegging

I de totalt 238 potetpartiene fra tre år fant vi *Fusarium* i 3 % av de testede knollene (718 isolater i 23 800 knoller). Vi fant i alt 7 forskjellige *Fusarium*-arter (figur 7): *F. coeruleum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. sambucinum*, *F. cerealis*, *F. graminearum* og *F. equiseti*. Av disse var *F. avenaceum* og *F. coeruleum* de klart vanligste. I 2012 ble det imidlertid funnet omtrent like mye *F. sambucinum* som *F. avenaceum*.



Figur 7. Relativ fordeling av *Fusarium*-arter funnet i Norge i 2010-2013.

Det ble samlet inn opplysninger om ulike dyrkingsfaktorer og lagerforhold. Blant disse var potetsort den eneste faktoren som hadde sikker effekt på forekomsten av *Fusarium*-smitte. Sortene Rutt og Berber var de som skilte seg ut med mest *Fusarium*-råte. Det var også variasjon mellom geografiske områder, og det ble generelt funnet mest *Fusarium* i Nord-Norge og i Sørvest-Norge. Variasjonen i forekomster mellom landsdeler synes å være nært knyttet til

hvilke sorter som ble dyrket i de ulike områdene. Alle arter ble funnet i alle områder, med unntak av *F. sambucinum* som ikke ble funnet i Nord-Norge.

Real-time PCR test for *F. coeruleum*

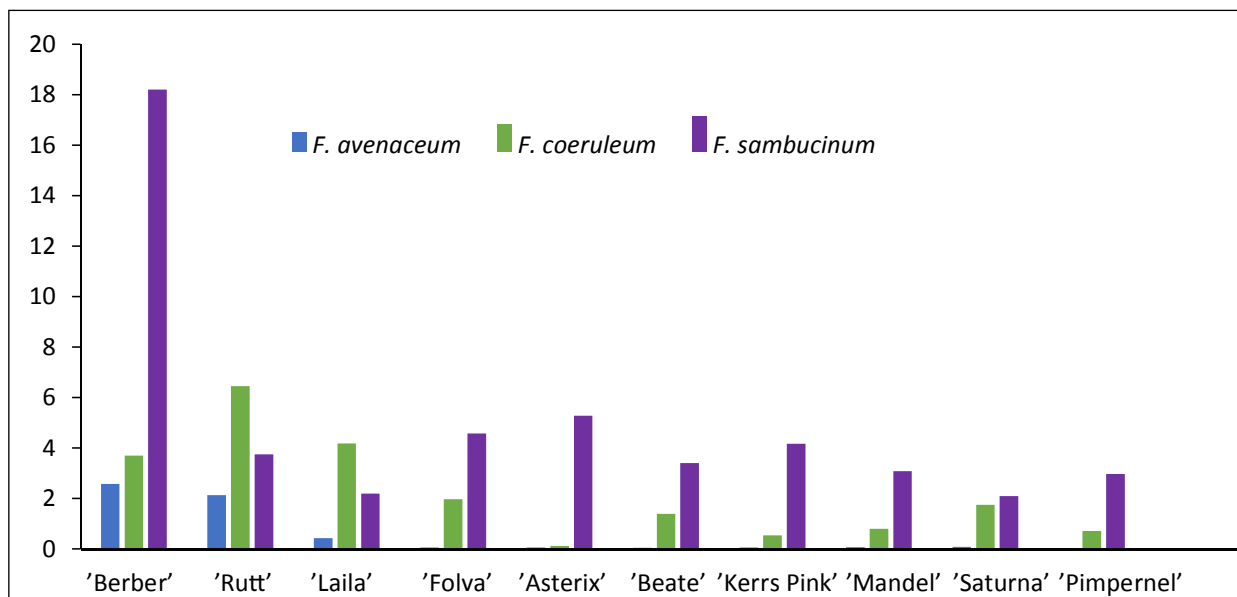
Etter undersøkelser av allerede utviklete real-time PCR tester på våre isolater fra kartleggingen fant vi ut at det var behov for å utvikle en ny test for *F. coeruleum*, ettersom den eksisterende testen ikke fungerte med vårt utstyr og våre isolater. Vi utviklet derfor nye primere og prober til en ny real-time PCR test for denne arten. Vi undersøkte også muligheten for å kjøre multiplexing, dvs. teste om flere arter er til stede i en prøve samtidig, for å få en hurtigere deteksjonsmetode. Dette lyktes imidlertid ikke.

Effekt av modningsgrad og sortsresistens på *Fusarium*-angrep

Det var ventet at umodne poteter, med høyere sukkerinnhold, lavere tørrstoffinnhold og dårligere skallkvalitet, skulle være mere mottakelige for *Fusarium*-råte. Forsøk over to år, hvor 'Asterix' og 'Saturna' med ulik modningsgrad ble smittet med ulike *Fusarium*-isolater, viste at umodne poteter av sorten 'Asterix' ga en høyere forekomst av *Fusarium*-råte forårsaket av *F. sambucinum*. For de mer vanlig forekommende artene, *F. avenaceum* og *F. coeruleum* var dette ikke tilfelle. For sorten Saturna var det ikke forskjeller mellom modningsgrader i utvikling av *Fusarium*-råte i knollene.

To års forsøk med kontrollert smitting av ulike sorter med ulike *Fusarium*-arter bekreftet funnene fra kartleggingen, der de tidligst modne sortene Berber og Rutt fikk de største råteforekomstene. De ulike sortenes mottakelighet for *Fusarium*-råte forårsaket av ulike *Fusarium*-arter er vist i figur 8.

Generelt i begge forsøk var *F. sambucinum* mer aggressiv enn de andre *Fusarium*-artene. Det var imidlertid forskjeller mellom ulike isolater i aggressivitet. Innen denne arten reagerte heller ikke alle isolatene likt overfor de ulike potetsortene, noe som indikerer rasespesifisitet. En praktisk konklusjon ut fra disse resultatene er at det er viktig å bruke en blanding av flere arter og isolater dersom man ønsker en generell test for resistens mot *Fusarium*-råte i sortene. Selv om *F. sambucinum* var mer aggressiv enn de andre artene ble det funnet relativt lite av den i *Fusarium*-kartleggingen. Dette kan skyldes at arten er mindre naturlig forekommende i jord i Norge, sannsynligvis pga. klimaforhold og vekstskifte med kulturer som er lite mottakelig overfor denne arten.



Figur 8. Volum av *Fusarium*-råte (cm³) i 10 potetsorter smittet med tre *Fusarium*-arter (*F. avenaceum*, *F. coeruleum* og *F. sambucinum*).

Oppsummering

Ekstra nitrogen gjødsling og utsatt settetid hadde stor effekt på potetenes modningsgrad ved høstetidspunktet, noe som var godt synlig på andel friskt ris før høsting. De ulike behandlingene bidro videre til god variasjon i materialet som var utgangspunkt for lagringsforsøkene. Det ble målt forskjeller i både tørrstoffinnhold, skallfasthet og sukkerinnhold mellom modningsgradene, men forskjellen var størst mellom «normalbehandling» og de minst modne. Det var relativt liten effekt av modningsgrad på sluttproduktet etter lagring. Vi fant ikke forskjeller mellom ulike modningsgrader lagret i pilotskala, men etter lagring i dyrkerlagre til februar ble det funnet høyere respirasjon og vekttap i de minst modne potetene.

For prøvene i pilotskala ble friteringskvaliteten generelt dårligere utover i lagrings sesongen, parallelt med et stigende sukkerinnhold. Samtidig økte respirasjonen fram mot det sene prøveuttaket i april. Forskjeller mellom de to lagringsprinsippene stor luftgjennomstrømning (simulert «Agrovent») og lite luftgjennomstrømning (simulert «Findus») ble undersøkt. I pilotskala fant vi litt større vekttap i poteter lagret med «Findus» prinsippet, og vi så samme tendens på dyrkerlagre. På dyrkerlagre fant vi dessuten

at lagrene med stor luftmengde hadde høyere respirasjon og i enkelte tilfeller noe høyere sukkerinnhold og mørkere friteringsfarge enn lagrene med lite luftgjennomstrømning.

Vi fant i alt 7 arter av *Fusarium*, hvorav de viktigste var *F. avenaceum* og *F. coeruleum*. Det ble funnet mest *Fusarium*-angrep i de tidlige sortene Rutt og Berber. I en resistentstest var 'Rutt' og 'Berber', og i tillegg 'Laila', blant de sortene som var mest utsatt for *Fusarium*-råte. Forskjellen i funn av *Fusarium*-arter mellom geografiske områder ser i stor grad ut til å ha sammenheng med sortene som blir dyrket der.

Modningsgrad hadde effekt på angrep av en av artene (*F. sambucinum*) i en av to sorter hvor de minst modne utviklet mest råte. Generelt var *F. sambucinum* mer aggressiv enn de andre *Fusarium*-artene og det var også samspill mellom isolater for denne arten og angrep i de ulike potetsortene, noe som indikerer rasespesifisitet. I prosjektet er det også utviklet en ny molekylær test til deteksjon av *F. coeruleum*.

Lagring av eple - kvalitetseffektar av bladgjødsling, mogningsgrad og ulike lagringsforhold

Eivind Vangdal¹, Jorunn Børve¹, Kristin Kvamm-Lichtenfeld¹, Irèn Lunde Knutsen¹, Siv Fagertun Remberg², Rajko Vidrih³, Anders Leufvèn⁴ & Anne-Berit Wold²
¹Bioforsk, ²Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) ³University of Ljubljana, Slovenia, ⁴Nofima
eivind.vangdal@bioforsk.no

Samandrag

Det er mange faktorarar som påverkar utviklinga til eplefrukter, når dei vert moglege og kva for lagringsevne dei har. I dette prosjektet er tilførsel av næringsemne tidleg i sesongen, bruk av ikkje-øydeleggjande metodar for måling av mogningsgrad med eit bærbart spektrometer (DA-meter) og effekten av ulike lagertilhøve undersøkt. Desse forsøka viste liten effekt av ulik tilførsel av nitrogen og kalsium tidleg i sesongen på kvalitet og lagringsevne til sortane Aroma og Discovery. Aromaemne i fruktene vart påverka, men utslaga er ikkje så markerte at ein ut frå desse forsøka kan gje klår tilråding om at slik bladgjødsling må gjerast. DA-meter gav nyttig informasjon om høveleg haustetid, og kan verta eit alternativ til målingane for Streif-indeks (= fastleik/(stive x oppløyst turrstoff)) som ein må gjera på laboratorium i dag. For parti med stor skilnad i mogningsgrad ved innhausting, kan ei forsortering gje betre lagringsresultat. DA-meter eller liknande teknologi kan nyttast for slik forsortering. Lagringsforsøka viser at 'Discovery' kan lagrast med godt resultat i 3 månader, medan 'Aroma', 'Summerred' og 'Gravenstein' av god kvalitet kan lagrast minst til januar på vanleg kjøll og til mars i låg-oksygen-atmosfære. Reduksjon i aromastoff under lagring er ikkje så sterk at det i seg sjølv avgrensar lagringstida for korkkje 'Discovery' og 'Aroma'.

Innleiing

Det kjem klare signal frå forbrukarane om at dei ynskjer norske eple, men dei skal vera faste og saftige. Norske eple har fått ord på seg for å vera eller verta altfor fort mjuke. I dette prosjektet har ein fokusert på tre viktige faktorar for å få betre og meir haldbare norske eple fram til forbrukarane:

Betre næringsstatus i fruktene

Fruktdyrkarane har fått tilgang til ei lang rekkje bladgjødslingspreparat. Dermed kan ein tilføra næringsemne i høvelege mengder når frukttrea treng det mest (presisjonsgjødsling). Nitrogen og kalsium vert rekna som særleg viktige i høve til lagringsevne. I feltforsøk er det undersøkt om ekstra tilførsel av nitrogen, kalsium og kombinasjon av nitrogen og kalsium i celledelingsperioden påverka fruktutviklinga før hausting og lagringsevne med omsyn til både frukt kvalitet og utvikling av skade.

Utstyr for måling av mogningsgrad og lagringsevne

Fruktdyrkarane får råd om når dei skal hausta epla

basert på måling av fastleik og innhald av stive og oppløyst turrstoff (ofte omrekna til Streif-indeks = fastleik/(stive x oppløyst turrstoff)). Det vert hausta ei representativ prøve kvar veke fram mot forventta haustetid. Det er utvikla eit bærbart spektrometer (DA-meter) som måler mogningsgraden i eple (kalla DA-indeks). DA-indeksen er basert på måling av grøn-farge (klorofyllinnhald) og absorpsjon i nær-infrarødt (NIR) område på spekteret som er påverka av m.a. innhaldet av sukker. Måling med DA-meter krev ikkje at frukta må haustast og skjerast opp, men er ein ikkje-øydeleggjande metode som gjer det mogleg å måla om att og om att det same eplet medan det framleis heng på treet. DA-indeksen går ned fram mot hausting, men det er skilnader mellom sortane i kva nivå og kor fort indeksen endrar seg fram mot hausting. Vurdering av lagringsevna til eit epleparti skjer i dag ved vurdering av grøn-farge og måling av fastleiken i eit representativt utval. DA-indeksen til epla kan gje god støtte ved vurdering av kva epla skal nyttast til, og nytten av instrumentet vart undersøkt i desse forsøka.



Figur 1. DA-meteret måler klorofyllinnhald i epleskalet og gjev ein indeks (DA-indeks) som er eit mål på mogningsgrad (venstre). 'Aroma' lagra til november 2012 var framleis ulike i både dekk- og grunnfarge i gruppene med DA-meter verdi over $>0,81$ (lite mogne) (venstre) og $<0,65$ (fullmogne) (høgre).

Lagringsvilkår

Med gjeldande handelsavtalar er importerte eple pålagde toll i tida frå 15. august og fram til 1. desember. Dette har ført til eit sterkt ynskje om å omsetja mest mogleg av den norske frukta innan 1. desember. Dermed har det meste av frukta vore lagra i mindre enn 2 månader, og ein har ikkje prioritert å ta i bruk nyare kunnskap om lagring av frukt. Men fleire fruktlager vurderer å skaffa seg lagerrom og utstyr for lagring av eple i kontrollert atmosfære med lågt oksygeninnhald og det var derfor interessant å følgje epla over lengre tids lagring under ulike forhold.

Materiale og metodar

Betre næringsstatus i fruktene

I 2011 vart det gjennomført eit forsøk med 7 ledd med ulik næringstilførsel til sortane Aroma, Discovery og Elstar på Bioforsk Ullensvang. Heile feltet fekk ei grunnjødning med fulljødning (30 kg Fullgj. 11-5-18). Ruter med 10 tre fekk tilført ekstra nitrogen i form av sprøyting med 300 g urea/100 l, eller ekstra kalsium i form av sprøyting med 250 g kalsiumklorid/100 l, eller ekstra tilførsel av både nitrogen og kalsium. Nokre ruter fekk 3 sprøytingar og andre fekk 6 sprøytingar. Fyrste sprøyting var ved avbløming. Deretter vart det sprøytta kvar veke der det skulle vera 6 sprøytingar og annankvar veke der det var 3 sprøytingar. Nokre kontrollruter fekk ikkje ekstra næringstilførsel. Plantevern og tynning vart gjennomført som vanleg i epledyrking.

I 2012 og 2013 vart opplegget endra slik at det berre var to sortar, Aroma og Discovery, og 4 ledd tilsvarande kontrolltre utan ekstra bladgjødning og dei største mengdene nitrogen eller kalsium eller både nitrogen og kalsium. Det vart desse åra berre sprøytta tre gonger og med om lag ei veke mellomrom. Mengda næringsstoff for kvar sprøyting vart dobla, til 600 g urea og/eller 500 g kalsiumklorid /100 l.

Ved hausting registrerte ein avling og fruktvekt og gjennomførte kvalitetsanalyser. Grunnfarge vart vurdert ut frå ein skala frå 1 (grøn) til 9 (gul), dekkfarge vart vurdert frå 1 = ingen dekkfarge til 9 = heile eplet dekket med raud dekkfarge. Fastleik vart målt med penetrometer, stiveinnhald vart målt etter jodtest og skala frå 0 = heile overflata blåfarga til 9 = ingen blåfarge (ikkje stive att) i samsvar med plan-sjar utvikla av Norsk landbruksrådgiving Sogn og Fjordane. Innhaldet av oppløyst turrstoff vart målt med bærbart digitalt refraktometer og syreinnhaldet vart målt som titrerbar syre. Mogningsgraden (DA-indeks) vart målt med DA-meter (sjå nærare omtale nedafør).

Ved Bioforsk Ullensvang ekstraherte ein fenolar og aromastoff (i to ulike prøver) som vart analyserte ved Universitetet i Ljubljana. Eple vart og sende til Nofima på Ås for analyser av aromastoff frå heile eple. Analysane er utført ved å samla opp dei flyktige aromastoffa og så analysa dei på gasskromatograf med massespektrometer (GC-MS).



Figur 2. Lagring i gassette posar ved Ullensvang fruktlager (venstre). 'Raud Aroma' lagra til november 2013 (høgre). Eple i venstre kasse var fullt mogne og i høgre kasse lite mogne.

Utstyr for måling av mogningsgrad og lagringsevne

DA-meteret vart brukt på utvalde eple i 1-2 månader før hausting i feltforsøket med kalsium og nitrogen. I tillegg vart eple frå ein fruktlagerleveranse med minst 4 storkassar frå same felt sortert etter mogningsgrad vha. DA-meteret. I 2012 sorterte og lagra me 'Aroma', medan i 2013 vart både 'Aroma', 'Gravenstein' og 'Summerred' lagra.

Lagringsvilkår

Eple som hadde fått ulik tilførsel av næringsemne vart lagra ved 3 °C. 'Discovery' vart lagra i tre månader og 'Aroma' i fire månader. Epla med ulik mogningsgrad (ulik DA-indeks) vart lagra ved 1 og 3 °C i 2012 og ved 2 °C i 2013. Det vart begge år brukt både normal lageratmosfære og gassette posar med lågt oksygeninnhald (2 % O₂ og 2 % CO₂) ved Ullensvang Fruktlager (figur 2). Det vart og gjennomført lagringsforsøk ved NMBU, sjå nærare omtale nedafor.

I forsøka vart det teke ut prøver ved starten av forsøka og deretter kvar måned i 3-4 månader. Tal rotne

frukter eller frukter med indre skader vart registrert. Ved uttak har ei prøve vorte analysert straks som omtala nedafor, og ei prøve har fått ettermogne ved 20 °C i 7-14 dagar før analysing. Det er gjennomført statistiske analyser for å finna eventuelle sikre skilnader.

Resultat og diskusjon

Betre næringsstatus i fruktene

I forsøk med bladgjødsling er det ofte små utslag på innhaldet av næringsstoff. Som eksempel viser tabell 1 at det på kartstadiet for 'Discovery' i 2011 berre var sikker auke i kalsiuminnhaldet der det var tilført nitrogen og kalsium i kombinasjon. For andre næringsstoff var det ikkje sikre utslag. Sprøyting med nitrogen gav høgare nitrogeninnhald i kart av sorten Aroma i snitt av dei to åra 2012 og 2013, men ikkje kvart år og heller ikkje på sorten Discovery. Ved hausting var det ikkje skilnader i mineralinnhald.

Ved hausting var det i 2012 mindre dekkfarge på 'Aroma'-eple frå tre som hadde vore sprøyt med nitrogen. Det var ikkje skilnad i dei andre kvalitets-

Tabell 1. Innhald i mg/kg av N, Ca, K og Mg i kart av 'Discovery' i 2011. Gjennomsnitt av 4 analyser.

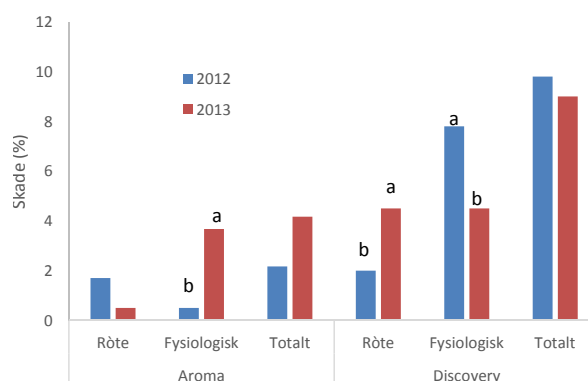
Ledd	N	Ca	K	Mg
Kontroll	0,20	171 a*	1385	114
6 x nitrogen	0,22	184 a	1425	142
6 x kalsium	0,20	199 ab	1475	144
6 x nitrogen og kalsium	0,22	207 b	1440	147

*) Tal med same bokstav er ikkje statistisk sett ulike (p>0,05).

parametrane. På sorten Discovery var det også skilnad i dekkfarge, men der hadde eple frå usprøyta tre mindre dekkfarge enn dei som var sprøyta med nitrogen åleine eller kalsium og nitrogen. Fruktkvalitet under lagring var heller ikkje påverka av om trea hadde vore sprøytt i celledelingsperioden med unnatak av etter simulert hylleviv (7 dagar ved 20 °C), då 'Discovery'-eple sprøyta med kalsium hadde gulare grunnfarge (dvs. var meir mogne) enn både kontroll og nitrogensprøyta eple (data ikkje synt). Ved tilsvarende tidspunkt for 'Aroma' hadde eple som var sprøyta med kalsium eller nitrogen åleine mindre dekkfarge enn usprøyta og kombinasjonen av nitrogen og kalsium.

I 2013 var det mindre fysiologisk skade på eple av sorten Aroma frå dei usprøyta trea enn dei som var sprøyta med kalsium. Det var ikkje skilnader som kunne målast i kvalitetsparametrar etter lagring mellom eple frå usprøyta tre og frå tre sprøytt med næringsemne. Dette forsøket syner at epletrea vert påverka av så mange faktorar og har så stor evne til å kompensera for ulike tiltak at det er vanskeleg å få fram om det er ein effekt av enkle sprøytingar med næringsemne. Det er få sikre utslag og det er vanskeleg å trekkja sikre konklusjonar.

Sidan det i 2011 var vanskeleg å påvisa verknader av bladgjødsla på fruktkvalitet og lagringsevne, vart det i 2012 og 2013 lagt ekstra vekt på å få mest mogleg einsarta frukter. Ved å ha store ruter med einsarta tre og ta ut frukter på lik stad på trea ville ein prøva å unngå at annan tilfeldig variasjon dekkar over eventuelle verknader av forsøksledda. Det var likevel ikkje råd å få fram skilnader mellom forsøksledda og det var tydelege skilnader mellom åra. Sorten Discovery, som er ein middels tidleg haustsort, tolte lagring til 1. desember på kjøll godt. Det



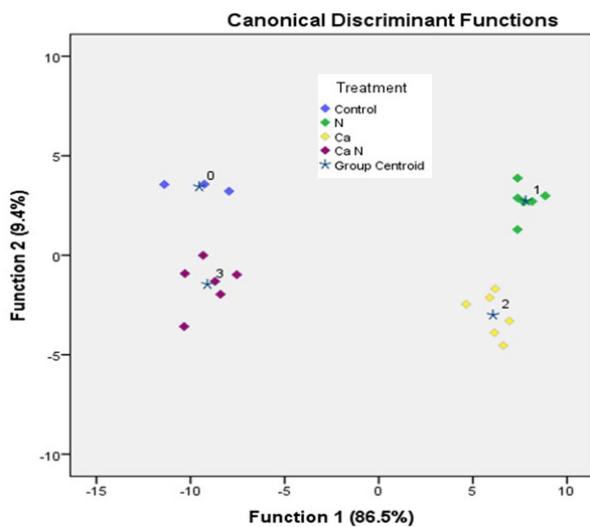
Figur 3. Røte og fysiologisk skade på eple av sortane Aroma og Discovery etter lagring i 4 eller 3 månader ved 3 °C og to veker ved 20 °C i to sesongar. Søyler med ulike bokstavar er signifikant ulike.

var under 10 % skadde eple etter lagring to veker i romtemperatur (figur 3). Fastleiken til fruktene var over 5 sjølv etter ei veke ved 20 °C i 2012, men under i 2013 (data ikkje synt). Som ein ser av tabell 2 kan årsaka til dette vera at fruktene vart hausta inn meir mogne i 2013 enn i 2012.

Sorten Aroma vert rekna som ein sort eigna til lagring. Ved siste uttak i byrjinga av januar var fastleiken over 5 begge åra. I 2012 var fastleiken over 5 også etter ei veke ved romtemperatur, medan fruktene i 2013-sesongen hadde mjukna til verdiar under 5 (data ikkje synt). Sjølv om fruktene i 2012 var hausta ved ein lågare streifverdi enn 2013, hadde dei høgare DA-meterverdi (Tabell 2). Dei heldt seg betre i 2012 med omsyn til fastleik og dei utvikla mindre fysiologisk skade i 2012 enn i 2013. Dette kan også skuldast at dei var mindre mogne i 2012 enn 2013 målt med DA-meter. Streif-verdiane synte det motsette. Kva som gjorde at stivnedbrytinga var seinare i 2012 og 2013 er ukjent, men låg stiveverdi var årsak til høg streif-indeks.

Tabell 2. Fruktkvalitet ved hausting av sortane Aroma og Discovery frå same felt i 2012 og 2013.

	Sukker (%)	Stive (1-9)	Fastleik (kg/cm ²)	Streif-indeks	Grunnfarge (1-9)	Dekkfarge (1-9)	DA-indeks
'Aroma'							
2012	11,1	8,6	8,7	0,09	5,0	5,9	0,98
2013	12,0	3,5	8,1	0,21	5,0	5,0	0,77
P-verdi	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,7347	0,0003	0,0001
'Discovery'							
2012	11,2	7,5	9,6	0,11	4,7	6,0	0,51
2013	12,4	7,0	8,8	0,10	7,5	7,0	0,32
P-verdi	0,0001	0,0410	0,0001	0,0671	0,0001	0,0001	0,0001



Figur 4. Multivariabel statistikkanalyse basert på resultat av aromaanalyser av 3 eplesortar og 4 ledd med ulik N og Ca-tilførsel.

Analysar av aromastoff

Det er påvist over 300 ulike flyktige stoff frå eple, men kring 30 vert rekna å ha klår innverknad på lukt av epla. Sjølv om det var små utslag på fruktkvalitet og lagringsevne av ulike N- og Ca-tilførsel, fann ein i aromastoffa markerte utslag. I ein multivariabel statistikkanalyse ser ein at dei 4 ledda i forsøket skilde seg i klårt skilde grupper. I fleire samanhengar såg ein at nitrogen eller kalsium åleine gav markerte utslag på innhald av einskilde luktstoff, medan der det var tilført både nitrogen og kalsium oppheva det verknaden av kvarandre og desse fruktene likna meir kontrollfruktene. Slik kan ein og tolka analysen vist i figur 4.

For enkeltstoff fann ein fleire forventa utslag. Epla som hadde fått tilført ekstra nitrogen som kart skilde ut meir stoff typiske for grøne og umogne eple (t.d.

hexanal og farnesen). Sjølv om både nitrogen og kalsiumtilførsel kan gje ein tendens til utsett mogning, fann ein i kalsiumtilførde eple auke av både «grøne» luktstoff og luktstoffa som er kjende for å gje god eplelukt (esterar som butylacetat, heksylacetat, etylbutanoat og etyl-2-metylbutanoat). Mengda av aromastoff var størst etter ettermogning etter kort tids lagring (ein månad), og var mindre etter uttak i januar og februar. Det er ikkje gjennomført sensoriske analysar og forbrukartestar i dette forsøket. Reduksjonen i aromastoff var ikkje så sterk at ein vil tru at forbrukarane finn epla uakseptable fordi dei manglar eplelukt.

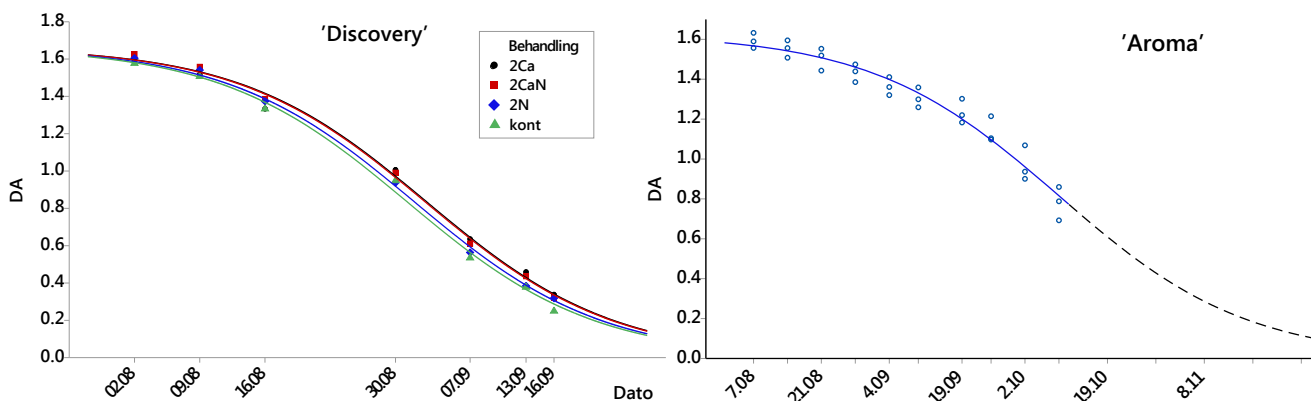
Fenolar, antocyanar og antioksidantar

Natalija Stauk, student ved Universitetet i Ljubljana, har analysert prøvene frå Norge for fenolar, flavonoidar (mest raude antocyaninar) og antioksidantverknad, og brukt desse i oppgåva «Phenolic composition and antioxidative potential of apples during storage». Ho fann at prøvene frå kalsium-leddet hadde lågare innhald av fenolar enn dei andre ledda. Det var ein tendens til at det var mindre antioksidantar i epla som hadde fått ekstra nitrogen.

Utstyr for måling av mogningsgrad og lagringsevne, lagringsvilkår

DA-indeksen har litt ulike startnivå for dei ulike sortane, men utviklinga ser svært einsarta ut og har ei klar sigmoid utvikling. Det er tendens til at tidleg mogne sortar har brattare utviklingskurve for DA-indeks enn seint mogne sortar.

Røynslene så langt viser at vendepunktet for kurven ofte ligg rundt DA-indeks 0,8. Datoen for dette vendepunktet kan fastsetjast nokså nøyaktig. Samanliknar ein med den haustetidstilrådinga ein har funne



Figur 5. Eksempel på utviklingskurver for DA-indeks i 'Discovery' og 'Aroma' (frå forsøket med ulik N og Ca-tilførsel).

Tabell 3. Eple sortert i grupper etter DA-meterverdi ved innlagring i 2012 og 2013. Verdier i med ulike bokstaver etter er signifikant ulike.

	DA-indeks	Grunnfarge (1-9)	DA-indeks	Grunnfarge (1-9)
	'Aroma' 2012		'Aroma' 2013	
Lite mogne	0,90 a	4,1 c	0,86 a	6,0 b
Middels mogne	0,72 b	5,2 b	0,76 a	6,8 a
Fullt mogne	0,48 c	6,7 a	0,53 b	6,9 a
P-verdi	0,0001	0,0001	0,0079	0,0232
	'Gravenstein' 2013		'Summerred' 2013	
Lite mogne	0,86 a	5,2 b	1,08 a	4,4 b
Middels mogne	0,68 b	6,8 a	0,94 b	4,9 ab
Fullt mogne	0,50 c	6,9 a	0,75 c	5,6 a
P-verdi	0,0001	0,0218	0,0001	0,0144

med Streif-indeks, tyder det på at denne kjem litt etter at DA-indeksen har nådd vendepunktet ved 0,8. Dette kan tyda på at me kan gje eit betre haustetidsråd litt tidlegare i høve til optimal haustetid med DA-indeks enn med Streif-indeks.

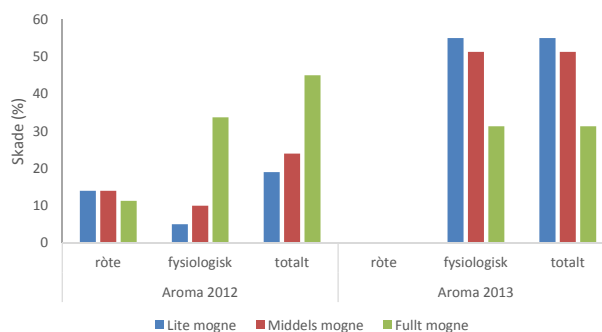
Lagringsforsøk på Ullensvang

Ved innlagringa vart epla delte i grupper med lite, middels eller fullt mogne eple på basis av DA-indeks (Tabell 3). I tillegg til skilnader i grunnfarge (Tabell 3) hadde dei ulike mogningsgradene av 'Aroma' og ulik fastleik og dekkfarge (figur 1). Skilnaden i DA-indeks varte gjennom heile lagringsperioden på kjølelageret. Etter dei siste uttaka frå kjøll etterfylgt av 10-14 dagar ved 20 °C for å simulera omsetnad, var det ikkje lenger skilnad i DA-indeks (data ikkje synt).

I 2012 var det skilnad mellom mogningsgruppene i utvikling av skade ved 3 °C heile lagringsperioden. Det skuldast at det vart utvikla meir fysiologisk samanbrot på eple klassifisert som fullt mogne (figur 6). Det var ikkje skilnad i utvikling av røte. Eple lagra ved 1 °C utvikla ikkje så mykje skade og det var ikkje så tydelege skilnader som ved 3 °C. Likevel var det i snitt av alle uttaka meir fysiologisk skade på fullt mogne eple enn dei mindre mogne. I 2013-sesongen var det ikkje skilnad mellom mogningsgradene m.o.t utvikling av indre skader på 'Gravenstein'. Desse vart lagra til 17. desember. Fruktar av 'Summerred' vart lagra til 10. desember, og det var så lite utvikling av skade at det ikkje skilte mellom eple med ulik mogningsgrad (data ikkje synt).

'Aroma' lagra i 2013 hadde tydeleg skilnad mellom gruppene etter lagring til 20. januar, men det var mindre fysiologisk skade på dei mest mogne epla enn på dei mindre mogne. Denne skilnaden var synleg både ved uttak frå kjøll og etter 10 dagar ved 20 °C (figur 6). Blaut kjøleskade dominerte som årsak til den fysiologiske skaden på epla. Det er kjent frå tidlegare arbeid at 'Aroma' som er mindre mogne, kan utvikla meir blaut kjøleskade.

Lagringsstida i dei gasstette posane var forventa å kunne vera lenger enn på vanleg kjøll og epla vart teke ut i januar, februar og mars. Ved uttaket frå posane i mars var det meir fysiologisk skade i 2012 sesongen på fullt mogne eple av sorten Aroma enn dei mindre mogne når dei hadde lege 10 dagar ved 20 °C. 'Aroma' og 'Summerred' lagra i 2013 var ikkje ulike i lagringsevne. 'Gravenstein' i 2013 sesongen utvikla meir fysiologisk skade etter lagringa på fullt mogne eple enn på mindre mogne eple (data ikkje synt).



Figur 6. Skade etter lagring til januar ved 2-3 °C og 10-14 dagar ved 20 °C på eple av sorten Aroma sortert i ulike mogningsgrad ved innlagring i 2012 og 2013.



Figur 7. Fysiologiske skader (indre brunfarging, og skåld/blaut kuldeskade) i lagra 'Discovery'.

Lagringsforsøk ved NMBU

I samband med prosjektet har Aud Ingeborg Stuestøl laga ei masteroppgåve på NMBU 2013 med tittelen «Effekt av lagringstemperatur på kvalitet hos eple-sorten 'Discovery'». Ho lagra 'Discovery' eple hausta i september 2012 ved tre ulike temperaturar (1, 3 og 5 °C) i naturleg atmosfære. Lagringstida var på fire månader. Ytre kvalitetsfaktorar som grunn- og dekkfarge ble vurdert. I tillegg vart fastleik, stive, totalt og oppløyst turrstoff, titrerbar syre, pH, L-askorbinsyre (vitamin C), antioksidantaktivitet og totale fenolar målt.

Resultata viste at lagringstemperaturane påverka den ytre visuelle kvaliteten, i tillegg til fastleik og pH. Eple lagra ved 1 °C hadde mindre vekttaap enn eple lagra ved 3 og 5 °C. Derimot hadde 5,2 % av epla lagra ved 1 °C tegn til kjøleskade etter 1 månads lagring (skåld, figur 7). Etter tre månaders lagring, var eple lagra ved alle temperaturane mjuke med indre brunfarging (figur 7), med den største andelen i eple lagra ved 1 °C (19,7 %). Etter fire månaders lagring, blei det sortert ut heile 39 % eple med slik skade ved denne temperaturen (figur 7). For dei andre kvalitetsfaktorane vart det ikkje funne signifikante forskjellar mellom dei ulike temperaturane. Lagringstid hadde større påverknad enn lagringstemperaturen.

Lagring over tid gav sikre endringar i både grunnfarge, fasthet, stive, titrerbar syre, pH, sukker/syreforhold og turrstoff. For L-askorbinsyre ble det registrert ein signifikant nedgang under lagringsperioden. Eple lagra ved 1 °C hadde signifikant høgare innhald av vitamin C enn eple lagra ved både 3 og 5 °C.

Innhaldet av oppløyst turrstoff, antioksidantaktivitet og totale fenolar blei ikkje påverka av korkje temperatur eller lagringstid. Tre månaders lagring påverka den ytre og indre kvaliteten. Resultata i dette forsøket viste at kvaliteten i 'Discovery' var best når sorten vart lagra ved 3 °C i maksimalt to månader.

Konklusjon

I forsøk vart kvalitet og lagringsevne til sortane Aroma og Discovery lite påverka av ulik næringstilførsel i form av bladgjødsling tidleg i sesongen. Aromaemne i fruktene vart påverka, men utslaga er ikkje så markerte at ein ut frå desse forsøka kan gje klår tilråding om at slik bladgjødsling må gjerast. DA-meteret gjev nyttig informasjon om høveleg haustetid, og kan verta eit alternativ til dei Streifindeksmålingane ein gjer på laboratorium i dag. For parti med stor skilnad i mogningsgrad ved innhausting kan ei forsortering gje betre lagringsresultat ved ulike temperaturar og lagringstilhøve. DA-meter kan nyttast for slik forsortering. Lagringsforsøka viser at 'Discovery' kan lagrast med godt resultat i 2-3 månader. Summerred, 'Gravenstein' og 'Aroma' kan lagrast til februar med godt resultat. Mindre mogne eple toler generelt betre lagring enn meir mogne eple (mindre rôte, mindre indre brunfarging), men lite mogne eple er meir utsette for blaut kuldeskade/skåld enn meir mogne eple. Forsøka viser best lagringsresultat ved 2-3 °C. Dette skuldast at både 'Discovery' og 'Aroma' er utsette for blaut kuldeskade/skåld. Denne skaden er større ved 1 °C enn ved høgare temperaturar. Reduksjon i aromastoff under lagring er ikkje så sterk at det i seg sjølv avgrensar lagringstida for 'Discovery' og 'Aroma'.

Effekt av sort og modningsgrad (utviklingstid) på innhold av polyacetylen og angrep av lagringspatogener hos gulrot

Anne-Berit Wold¹, Mette Goul Thomsen² og Arne Hermansen²
¹Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), ²Bioforsk
anne-berit.wold@nmbu.no

Sammendrag

Formålet med dette arbeidet var å se hvordan sort og modningsgrad/utviklingstid spiller inn på innhold av sopp-hemmende stoffer i gulrot og lagringsevnen. Gulrøtter ble dyrket i felt med smitte av de to lagringspatogenerne klosopp (*Mycocentrospora acerina*) og gulrothvitfleksopp (*Fibularhizoctonia carotae*). Det første året ble det gjennomført et sortsforsøk med 10 ulike sorter, og i de tre påfølgende årene ble sortene Nantes og Nelson dyrket. I det sistnevnte forsøket ble gulrøttene sådd til tre forskjellige tider og høstet til samme tid for å oppnå ulike modningsgrader. Alle gulrøtter ble lagret i 6 måneder. Det var signifikante forskjeller mellom sorter i forekomst av klosopp på lager. Det var også signifikante forskjeller mellom sortene i innhold av sopp-hemmende stoffer, både totalt og for individuelle forbindelser. De yngste røttene hadde bedre lagringsevne sammenlignet med de eldste røttene. Dette kan se ut til å henge sammen med innhold av det sopp-hemmende stoffet faltarindiol.

Innledning

Lagringssjukdommer som skyldes patogene sopper forårsaker store lagringstap. To av de viktigste patogener hos gulrot er klosopp (*Mycocentrospora acerina*) og gulrothvitfleksopp (*Fibularhizoctonia carotae*) (Hermansen et al. 2012). I gulrot finnes det naturlig sopp-hemmende stoffer som antas å spille en viktig rolle i beskyttelse mot soppangrep. De kan være tilstede i gulrota hele tiden eller dannes som et svar på soppangrep. De sopp-hemmende stoffene i gulrot hører til gruppen som kalles polyacetylene, der de viktigste er faltarindiol og faltarindiol-3-acetat som hovedsakelig finnes i overflaten, og faltarinol som finnes i alle deler av gulrota (Kreutzmann et al. 2008). I tillegg finnes 6-methoxy-mellein (6MM) som dannes i gulrota når den blir angrepet av plantepatogene sopper. Tidligere studier har vist at det er 6MM og faltarindiol som er de viktigste sopp-hemmende forbindelsene (Davis & Lewis 1980). Det naturlige innholdet av disse stoffene kan variere med sort (Metzger & Barnes 2009) og kan i tillegg påvirkes av dyrkingsforhold som gjødsling og vanning og lagringsforhold (Kramer et al. 2012).

Hovedfokuset i denne arbeidspakken har vært å se på hvordan sort og modningsgrad/utviklingstid spiller

inn på innholdet av sopp-hemmende stoffer i gulrot og på lagringsevnen til gulrot som er dyrket i jord smittet med de to lagringspatogenerne klosopp og gulrothvitfleksopp.

Material og metoder

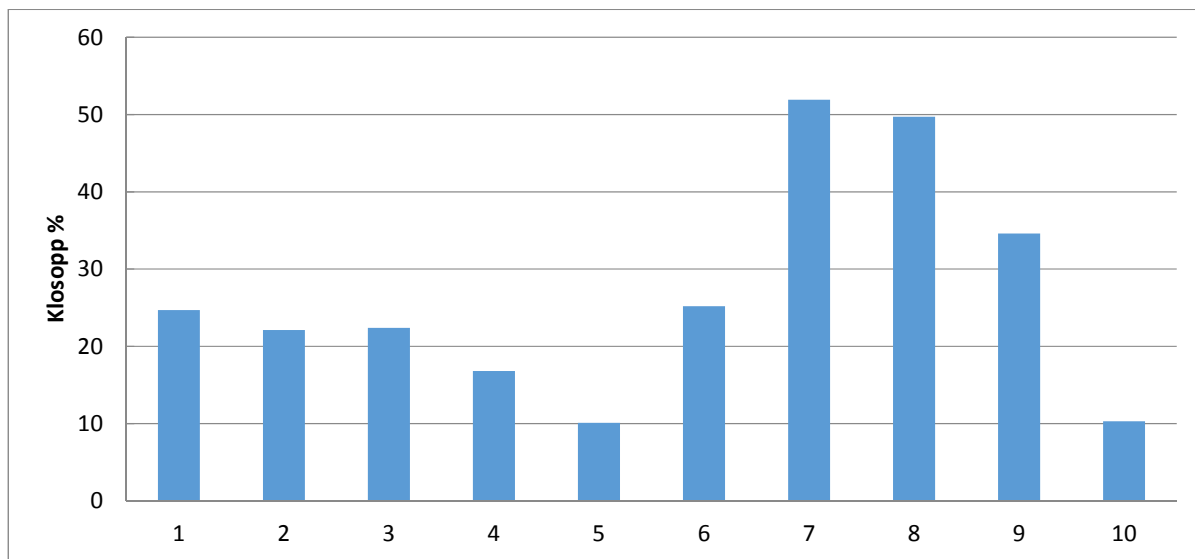
Feltforsøk

Det er gjennomført to typer randomiserte feltforsøk. For begge forsøkene, som lå på lettleire på Bioforsk Øst Apelsvoll, bestod feltene av ruter smittet med klosopp og gulrothvitfleksopp samt usmittede ruter (kontroll). Smitte ble produsert på autoklaverte hvetekorn under kontrollerte laboratorieforhold og ble tilført de aktuelle delene av feltet før såing.

Lagringsforsøk

Forsøk 1 (2010): Lagringsevne hos 10 ulike sorter gulrot smittet med klosopp og gulrothvitfleksopp. De ti utvalgte sortene var Nantes, Natalje, Nominator, Triton, Nelson, Namdal, Atomic red, Rothild, Küttiger Rüebli og Cosmic purple.

Forsøk 2 (2011, 2012, 2013): Lagringsevne hos gulrot av ulike modningsgrad smittet med klosopp og gulrothvitfleksopp. Sortene Nelson og Nantes ble valgt



Figur 1. Forekomst av klosopp hos ulike gulrotsorter etter 6 måneder på lager. 1=Nantes, 2=Natalja, 3=Nominator, 4=Triton, 5=Nelson, 6=Namdal, 7=Atomic Red, 8=Rothild, 9=Küttinger Rüebli og 10=Cosmic purple

og gulrøttene ble sådd til tre ulike tidspunkter for å få ulik modningsgrad. Såtid 1 ble sådd rundt midten av mai, såtid 2 ble sådd i første halvdel av juni, mens såtid 3 ble sådd i siste del av juni. Alle gulrøttene ble høstet til samme tid (uke 39) for å unngå at ulike høsteforhold skulle påvirke lagringsresultatet. Det ble tatt prøver av feltet før høsting for senere å kunne påvise tilstedeværelse av klosopp og gulrot-hvitfleksopp og dermed få et bilde på smittepress under dyrking. Ved høsting ble modningsgraden/ utviklingstrinn hos de høstede gulrøttene vurdert. Gulrøttene ble i begge forsøkene lagt på lager ved 0-1 °C og lagret frem til mars året etter. Da ble gulrøttene vasket, sortert og gradert i kategoriene friske og gulrøtter med ulike råteskader.

Analyse av polyacetylen

Det ble i alle forsøk tatt ut prøver til analyse av ulike polyacetylen. Prøvene ble analysert ved Århus Universitet i Danmark. I forsøk 1 ble det tatt prøver av alle sorter fra usmittet kontroll, mens det i forsøk 2 ble tatt prøver fra alle behandlinger og modningsgrader for sorten Nantes.

Resultater og diskusjon

Forsøk 1: Lagringsevne hos 10 ulike sorter gulrot smittet med klosopp og gulrothvitfleksopp.

Resultatene fra lagringsforsøket viser at det er signifikante forskjeller mellom sortene når det gjelder andel røtter med klosopp etter 6 måneder lagring

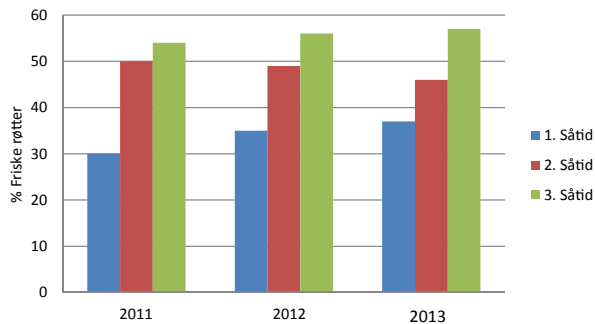
(figur 1). Den røde sorten Atomic Red (7) og den engelske sorten Rothild (8) var mer utsatt for klosopp enn de andre sortene. Den lille sorten Cosmic purple (10) og den oransje sorten Nelson (5) hadde lavest forekomst av klosopp på lager. Til tross for smitte i felt ble det ikke funnet gulrothvitflekk på gulrøttene etter lagring.

Friske røtter ble analysert for innhold av polyacetylen. For faltarinol, som er jevnt distribuert i rota, var det ingen signifikante forskjeller mellom sortene. For faltarindiol, faltarindiol-3-acetat og 6-methoxymellein, som er lokalisert i ytre deler av rota, var det signifikante forskjeller mellom de ulike sortene. Sortsvariasjoner hos gulrot med forskjellige farger er også tidligere funnet (Metzger & Barnes 2009). Sortene inneholdt svært lite 6-methoxymellein, noe som kan forklares med at de ikke var angrepet av sopp. Gulrøttene har derfor ikke hatt behov for å danne 6-methoxymellein som en beskyttelse mot soppangrep.

Forsøk 2: Lagringsevne hos gulrot av ulik modningsgrad smittet med klosopp og gulrothvitfleksopp.

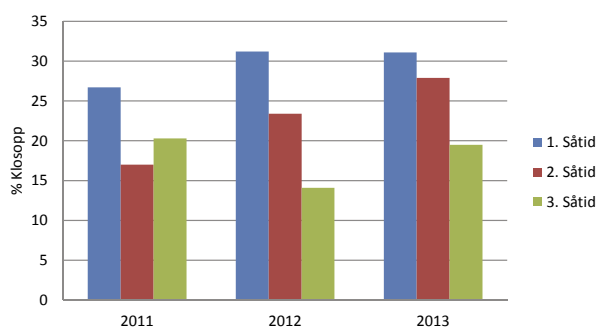
Lagringsforsøkene med gulrot med ulik modningsgrad smittet med klosopp og gulrothvitfleksopp viser at de mest modne røttene var mest angrepet av både klosopp og gulrothvitfleksopp og at de yngste røttene (såtid 3) hadde en signifikant høyere andel friske røtter ved lagringsslutt sammenlignet med de eldste

røttene (såtid 1) (figur 2, 3 og 4). For såtid 2 varierte det mellom år hvilken av de andre såtidene gulrøttene var signifikant forskjellige fra med hensyn til andel friske røtter (figur 2). Klosopp forårsaket størst svinn under lagring i form av røtter med råte (figur 3).



Figur 2. Andel friske røtter etter 6 måneders lagring hos gulrot høstet ved forskjellig modningsgrad. (Gjennomsnitt av usmittet kontroll og ledd som ble smittet). Såtid 1 er de eldste røttene som er sådd tidligst i sesongen, mens såtid 3 er de yngste røttene sådd sent i sesongen. Gulrota ved såtid 2 ble sådd mellom disse tidspunktene.

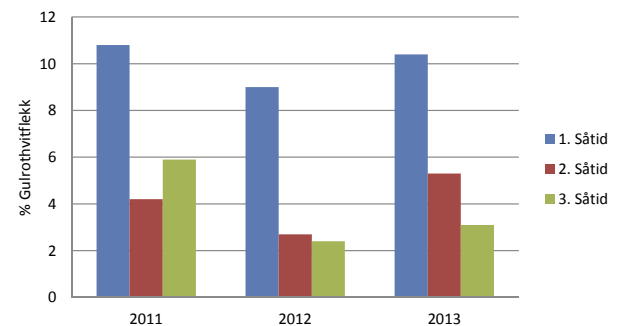
Gulrothvitflekk ble registrert, men i mindre omfang enn klosopp (figur 4). Andelen friske røtter var høyest for kontrollgruppen som ble dyrket uten tilførsel av noen form for smitte i felt (figur 5). Dette var som forventet. Men det var likevel et betydelig angrep av de ulike patogenene i de usmittede kontrollrutene. Dette indikerer at smitten av de ulike patogenene spredde seg fra smitta til usmitta ruter i feltene i løpet av vekstsesongen. Naturlig bakgrunnsmitte av gulrothvitflekk ble også påvist i feltene før smitting i enkelte tilfelle.



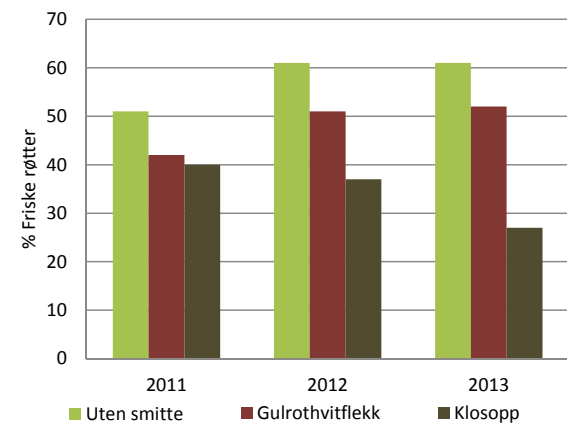
Figur 3. Andel klosopp i gulrot høstet ved forskjellig modningsgrad (ulike såtider) registrert etter lagring. (Gjennomsnitt av usmittet kontroll og ledd som ble smittet). Såtid 1 er de eldste røttene som er sådd tidligst i sesongen, mens såtid 3 er de yngste røttene sådd sent i sesongen. Gulrota ved såtid 2 ble sådd mellom disse tidspunktene.

Av de to sortene som var med i dette forsøket viste det seg at 'Nelson' hadde den største andelen friske røtter etter lagring sammenlignet med 'Nantes' (figur

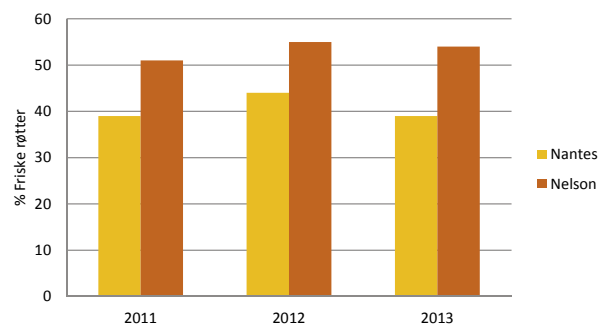
6). Dette stemmer overens med resultatene i sorts-forsøket (Forsøk 1), der det hos 'Nelson' ble registrert lavere forekomst av klosopp på lager enn for 'Nantes' (figur 1).



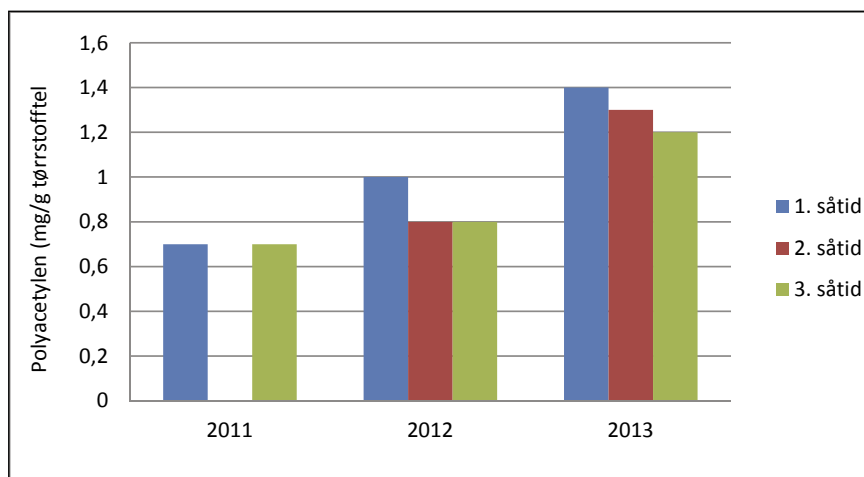
Figur 4. Andel gulrothvitflekk i gulrot høstet ved forskjellig modningsgrad (ulike såtider) registrert etter lagring. (Gjennomsnitt av usmittet kontroll og ledd som ble smittet). Såtid 1 er de eldste røttene som er sådd tidligst i sesongen, mens såtid 3 er de yngste røttene sådd sent i sesongen. Gulrota ved såtid 2 ble sådd mellom disse tidspunktene.



Figur 5. Andel friske røtter etter lagring av gulrot dyrket med eller uten smitte i felt av klosopp eller gulrothvitflekk-sopp.



Figur 6. Andel friske røtter hos gulrotsortene Nantes og Nelson etter 6 måneders lagring. (Gjennomsnitt av usmittet kontroll og ledd som ble smittet).



Figur 7. Totalt innhold av polyacetylen (mg/g tørrstoff) ved høsting i gulrot med ulike modningsgrad. Såtid 1 er de eldste røttene som er sådd tidligst i sesongen, mens såtid 3 er de yngste røttene sådd sent i sesongen. Gulrota ved såtid 2 ble sådd mellom disse tidspunktene.

Det var ingen signifikante forskjeller i innhold av total mengde polyacetylen mellom de ulike modningsgradene de tre årene (figur 7), men foreløpige resultater for 'Nantes' viser at de yngste røttene (såtid 3) inneholder mer falcarindiol enn de eldste (mest modne). Dette kan være med å forklare den høyere andelen friske røtter i de yngste gulrøttene etter lagring (figur 2). Gulrøttene inneholdt svært små mengder falcarindiol-3-acetate. Det er tidligere funnet variasjoner i innhold av de ulike polyacetylene i gulrot høstet gjennom dyrkingssesongen (Kjellenberg *et al.* 2010).

Konklusjon

Forsøkene viser at både sort, modningsgrad og forekomst av smitte i felt påvirker lagringsevnen hos gulrot. Innholdet av totale og individuelle polyacetylene varierer med sort, og individuelle polyacetylene ser også ut til å variere med modningsgrad. Sammenhengen mellom data for innhold av polyacetylen og angrep av lagringsspatogen er ikke ferdig behandlet når dette skrives. Kunnskap om motstandsevne mot lagringssjukdommer er viktig for å kunne velge riktig gulrotsort til langtidslagring. Bruk av resistente sorter på areal med minst mulig smittepress og høsting av røttene relativt «unge» bør inngå i en integrert plantevernstrategi mot lagringsspatogener i gulrot.



Figur 8. Gulrot smitta med gulrothvitflekk. Foto: E. Fløistad.

Referanser

- Davies, W.P. & Lewis, B.G. 1980. The inter-relationship between the age of carrot roots at harvest and infection by *Mycocentrospora acerina* in storage. *Ann. Appl. Biol.*, 95:11-17.
- Hermansen, A., Wanner, L., Nærstad, R. & Klemsdal, S. 2012. Detection and prediction of post harvest carrot diseases. *Eur J Plant Pathol*, 133:211-228.
- Kjellenberg, L., Johansson, E., Gustavsson, K.E. & Olsson, M.E. 2010. Polyacetylenes in fresh and stored carrots (*Daucus carota*): relations to root morphology and sugar content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(8):1748-1754.
- Kramer, M., Bufler, G., Nothnagel, T., Carle, R. & Kammer, D.R. 2012. Effects of cultivation conditions and cold storage on the polyacetylene contents of carrot (*Daucus carota* L.) and parsnip (*Pastinaca sativa* L.) *J. Hort. Sci & Biotech.* 97:101-106.
- Kreutzmann, S., Christensen, L.P. & Edelenbos, M. 2008. Investigation of bitterness in carrots (*Daucus carota* L.) based on qualitative chemical and sensory analyses. *LWT*, 41:193-205.
- Metzger, B.T. & Barnes, D.M. 2009. Polyacetylene diversity and bioactivity in orange market and locally grown colored carrots (*Daucus carota* L.). *J. Agric. Food Chem.* 57:11134-11139.

Lagring av ferdigkuttet kålrot og nepe

Haakon Helland^{1,2}, Anders Leufvèn¹, Gunnar B. Bengtsson¹, Anne-Berit Wold²

¹Nofima, ²Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)

haakon.helland@nofima.no

Sammendrag

Ferdig kuttet kålrot og nepe kan være interessant å bruke til spiseklare grønnsaksprodukter. Skrelle- og kutteprosessen kan føre til flere kvalitetsforandringer, for eksempel endringer i utseende, smak og lukt, og påvirke innholdet av viktige innholdsstoffer. Kunnskap om hvordan lagringstid, -temperatur og emballasje påvirker kuttete grønnsaker kan bidra til å forstå hvordan kvaliteten endrer seg gjennom distribusjonskjeden, og hvordan man best kan ivareta eller forbedre produktkvaliteten. Formålet med prosjektet var å undersøke hvordan sensoriske egenskaper og viktige innholdsstoffer i kuttet kålrot og nepe påvirkes av lagringstid, temperatur, modifisert atmosfære og pakkemateriale. Det ble funnet endringer i sensoriske egenskaper, blant annet utseende, for både kålrot og nepe. Vitamin C ble ikke påvirket av lagringsbetingelsene. Individuelle glukosinolater ble påvirket i forskjellig grad av lagringsbetingelsene for begge grønnsakene, men det var små endringer i totalinnholdet. Forsøkene tyder på at lagringstid og -temperatur er viktige faktorer i forhold til kvaliteten av kuttet kålrot og nepe, mens emballasjemateriale og atmosfære brukt i disse forsøkene påvirker kvaliteten mindre.

Innledning

Spiseklare grønnsaksprodukter kan bidra til å øke grønnsakskonsumet, og det er antatt at konsum av bearbejdede og emballerte grønnsaker vil øke i fremtiden (OFG 2014). Ferdigkuttete rotgrønnsaker, som kålrot og nepe, kan være interessante å bruke i slike produkter.

For forbrukerne er det viktig at spiseklare produkter har en forutsigbar kvalitet (OFG 2014). Holdbarhetsvurdering er en viktig del av en slik produktutvikling av skrelte eller kuttete grønnsaker. Skrelle- og kutteprosesser kan føre til flere kvalitetsforandringer, for eksempel endringer i utseende, smak og lukt, og påvirke innholdet av viktige innholdsstoffer. Tiltak for å begrense disse endringene kan være flere, for eksempel temperaturkontroll, bruk av tilpasset emballasje og modifisert atmosfære (Barrett *et al.* 2010). Modifisert atmosfære i en pakke med grønnsaker oppstår ved at O₂ nivået reduseres og CO₂ nivået øker når grønnsakene forbruker mer O₂ og produserer mer CO₂ enn det som slipper gjennom emballasjen. Denne endringen kan man oppnå passivt ved at man starter med luft i pakken, eller man kan også starte med en bestemt konsentrasjon av O₂, altså en aktiv modifisert atmosfære. Endring av O₂ og CO₂-konsentrasjonene kan gi forskjellige effekter, alt etter hvilke grønnsaker det er, og om de er hele eller

kuttete. Ønskede effekter kan være lavere respirasjon og redusert misfarging. Modifisert atmosfære kan også føre til anaerob respirasjon, som kan gi uønsket smak og lukt (Al-Ati & Hotchkiss 2002, Zhuang *et al.* 2011). Kunnskap om hvordan lagringsbetingelser påvirker kuttete grønnsaker kan bidra til å forstå hvordan kvaliteten endrer seg gjennom distribusjonskjeden, og hvordan man best kan ivareta eller forbedre produktkvaliteten.

Formålet med prosjektet var å undersøke hvordan sensoriske egenskaper og viktige innholdsstoffer i kuttet kålrot og nepe påvirkes av ulike lagringsbetingelser.

Material og metode

Forsøk 1: Effekt av lagringstid, lagringstemperatur og passiv modifisert atmosfære på sensoriske egenskaper

I dette forsøket ble det valgt å studere hvordan lagringstid (5 og 10 dager), lagringstemperatur (5 og 10 °C) og tre nivåer av passiv modifisert atmosfære (høy O₂, middels O₂ og lav O₂) påvirker sensoriske egenskaper i kuttet kålrot og nepe. Forsøket ble utført i november 2011 og gjentatt i februar 2012 med grønnsaker fra samme innhøsting lagret i kjølerom.

Forsøk 2: Effekt av lagringstid, lagringstemperatur og aktiv modifisert atmosfære på sensoriske egenskaper og innhold av vitamin C, sukker og glukosinolater

I dette forsøket ble aktiv modifisert atmosfære testet mot passiv atmosfære og vi studerte kjemiske innholdsstoffer i tillegg til sensoriske egenskaper. Lagringstid var 5 og 10 dager og lagringstemperatur 5 og 10 °C. For passiv modifisert atmosfære var startatmosfæren luft. For aktiv modifisert atmosfære var startatmosfæren 5 % O₂.

Forsøk 3: Effekt av lagringstemperatur og emballasjematerial på sensoriske egenskaper og innhold av sukker og glukosinolater

Her ble kuttet kålrot og nepe pakket i to ulike emballasjetyper, henholdsvis poser bestående av biaxialt orientert polypropylene (BOPP) og polylactic acid (PLA). PLA er et kommersielt biomateriale som kan være interessant å bruke med tanke på emballering av grønnsaker. Posene ble lagret i 10 dager ved 4 forskjellige temperaturer (-2, 0, 5 og 10 °C).

Plantemateriale

Kålrot (*Brassica napus* var. *napobrassica* (L.) Rchb) og nepe (*Brassica rapa* L. var. *rapa* L.) ble dyrket av kommersielle produsenter på henholdsvis Ås og Jæren. Etter høsting ble grønnsakene plassert på kjølelager (0-1 °C).

Kutting og pakking

Kålrot og nepe ble skrelt for hånd med henholdsvis skarp kniv og potetskreller. Deretter ble de kuttet ved hjelp av en terningkutter til 10 mm store terninger, skylt i kaldt vann, avkjølt i isvann og deretter sentrifugert for å få bort vannet. Til pakkingen ble det brukt ferdigstøpte skåler. Overfilm og perforering (hull i filmen) ble valgt ut fra ønsket atmosfæreutvikling. Antall perforeringer og størrelse på disse er avgjørende for gassgjennomgangen og er med på å bestemme hvilken atmosfære vi får inne i pakken. Overfilmen ble sveiset på skålen ved hjelp av en skålpakkemaskin. For å studere ulike O₂ og CO₂ nivåer ble ulike kombinasjoner av perforering, vekt av kålrot og nepe i pakken og lagringstemperatur brukt (Beaudry *et al.*, 1992). Til forsøk nr 3 ble poser lagd manuelt med en håndveisemaskin.

Sensoriske analyser

Beskrivende sensorikk ble brukt for å studere effekten av de ulike behandlingene på sensoriske egenskaper i kålrot og nepe. Et profesjonelt sensorisk panel

ved Nofima valgte ut forskjellige egenskaper for lukt, smak, utseende og konsistens som beskriver kålrot og nepe. De trente smaksdommerne bedømte intensiteten av egenskapene ved bruk av en skala fra 1,0 (lav intensitet) til 9,0 (høy intensitet). De forskjellige prøvene ble testet samtidig, og det ble også smakt på en fersk prøve (kontroll) sammen med de lagrede prøvene.

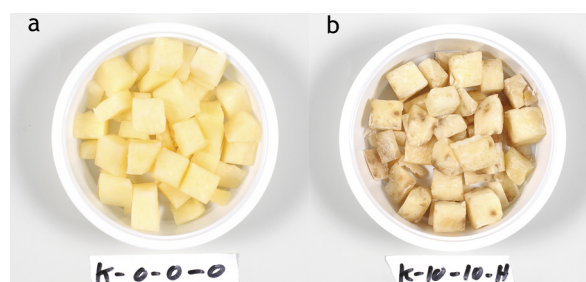
Kjemiske analyser

Innhold av C-vitamin, individuelle glukosinolater og sukker (glukose, fruktose og sukrose) ble analysert ved Nofima ved bruk av etablerte metoder.

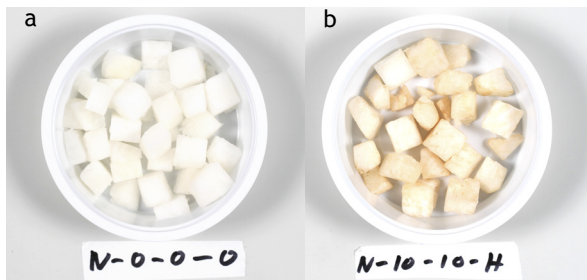
Resultater og diskusjon

Forsøk 1

Resultater fra det første forsøket viste at sensoriske egenskaper ble mer påvirket av temperatur og lagringstid enn av atmosfæren rundt produktet. Endringen i smak og lukt for kålrot og nepe kan kort oppsummeres med at det ble lavere intensitet av noen av egenskapene ettersom lagringstid og -temperatur økte, mens andre økte i intensitet. Egenskaper som fikk lavere intensitet var syrlig smak og lukt, og grønn smak og lukt, mens intensiteten økte for eksempel for emmen smak og lukt, og kjellersmak og lukt. Noen smaks- og lukteegenskaper ble ikke påvirket av hverken lagringstid eller temperatur. Begge grønnsakene endret utseende under lagring. Fargen ble mindre jevn ved høyere lagringstemperatur og lengre lagringstid, noe som kan relateres til utvikling av flekker på overflaten. Det ble også observert en fargeforandring, spesielt for nepe, som ble sterkere ved økt temperatur og tid. Endringene i utseende ble påvirket av atmosfæren i pakkene, og lavere O₂ nivå i pakkeatmosfæren så ut til å gi litt mindre endringer i utseende. Teksturegenskapene ble



Figur 1. Kuttet kålrot a) fersk prøve (kontroll), og b) lagret i 10 dager ved 10 °C.



Figur 2. Kuttet nepe a) fersk prøve (kontroll), og b) lagret i 10 dager ved 10 °C.

ikke påvirket av lagringstid og temperatur, for eksempel var det ingen signifikant forskjell i hardhet mellom prøvene hverken for kålrot eller nepe. Eksempel på endring i utseende for kålrot og nepe er vist i henholdsvis figur 1 og 2. Resultater fra forsøket som ble gjentatt i februar viste samme tendenser som forsøket i november.

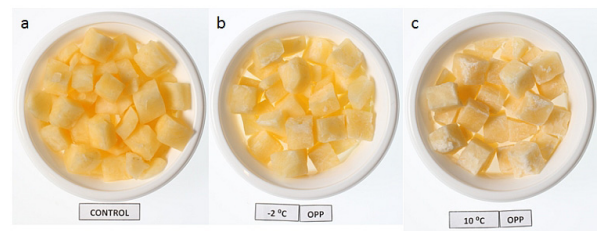
Forsøk 2

Resultatene fra det andre forsøket viste at innholdet av vitamin C ikke ble påvirket av verken lagringstid, temperatur eller av type atmosfære i pakkene. Innholdet av total mengde glukosinolater i kålrot var litt høyere i prøver lagret i 10 dager, sammenlignet med lagring i 5 dager. Det totale glukosinolatinnholdet i nepe ble ikke påvirket av lagringsparametrene. Små endringer i sukkerinnhold ble observert, og både tid, temperatur og atmosfære påvirket konsentrasjonen. Som for det første forsøket ble lukt, smaksegenskaper og utseende i hovedsak påvirket av lagringstid og temperatur. Pakkeatmosfære påvirket utseende også i dette forsøket. En lavere O₂ konsentrasjon ser ut til å kunne redusere endringer i utseende, men det ble ikke observert forskjell mellom aktiv og passiv modifisert atmosfære. Sannsynligvis må O₂-konsentrasjonen være lavere enn 5 % O₂ for å redusere endringer i utseende enda mer. Å bruke for lave O₂-konsentrasjoner ved pakking av grønnsaker kan imidlertid gi uønskede sensoriske endringer på grunn av anaerob respirasjon (Seljåsen *et al.*, 2004). Det kan derfor være ønskelig å begrense endringer i utseende på andre måter enn ved å bruke lavere O₂-konsentrasjoner.

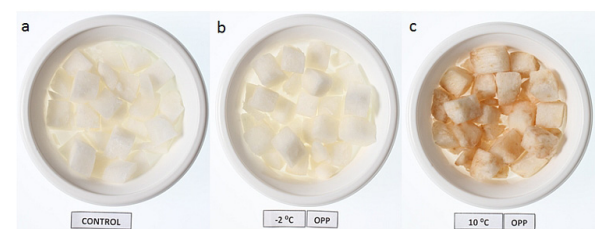
Forsøk 3

Fra forsøket med testing av lagringstemperatur og pakkemateriale ble det observert at PLA ga et litt høyere vekttap enn BOPP for begge grønnsakene, men det ble ikke observert effekt av pakkemateriale på tekstur og konsistens til de kuttete grønnsakene.

Vekttap kan være med å begrense bruken av PLA, og flere tester burde derfor utføres, både på hele og kuttete produkter. Det ble ikke observert noen effekt av pakkemateriale på tekstur og konsistens av de kuttete grønnsakene. Endringene i utseende for nepe så ut til å være temperaturavhengige, og jo lavere temperatur, dess mindre endringer i utseende ble observert. For kålrot var ikke endringer i utseende så tydelig relatert til temperatur, men lagring ved -2 °C ga mindre hvithet sammenlignet med de andre temperaturene. Eksempler på utseende hos kålrot og nepe er vist henholdsvis i figur 3 og 4. De største forskjellene i smak og lukt så ut til å oppstå mellom 0 og 5 °C. Lagring ved -2 °C ga et høyere sukrosenivå i begge grønnsakene sammenlignet med de andre lagringstemperaturene. Det var generelt små forskjeller i totalt glukosinolatinnhold mellom lagringstemperaturene, men en tendens til at innholdet av totale indol glukosinolater var høyere ved 5 og 10 °C sammenlignet med -2 og 0 °C for begge grønnsakene.



Figur 3. Endring i utseende av kålrot a) fersk prøve (kontroll), b) lagret ved -2 °C, c) lagret ved 10 °C.



Figur 4. Endring i utseende av nepe, a) fersk prøve (kontroll), b) lagret ved -2 °C, c) lagret ved 10 °C.

Oppsummering

Disse forsøkene viser at lagringstemperatur og -tid er viktige faktorer for å påvirke kvaliteten av kuttet kålrot og nepe. Modifisert atmosfære kan påvirke utseende, men enn lavere O₂ konsentrasjon enn 5 % må sannsynligvis brukes for å hindre endring i utseende for nepe og kålrot. Biomaterialet PLA kan være et alternativ til petroleumsbaserte emballasjematerialer, men et litt høyere vekttap kan begrense bru-

ken. Resultatene tyder på at ferdigkuttet kålrot og nepe beholder viktige innholdstoffer under lagring, men det kan ikke utelukkes at andre innholdstoffer kan endres under lagring. Dette kan med fordel undersøkes i fremtidige forsøk. Det ville også være interessant å fokusere på årsaken til endring i utseende, smak og lukt. Videre gjenstår det arbeid med å definere optimale lagringstemperaturer for forskjellige kuttete grønnsaker, samt å vurdere hvordan nye typer emballasje og distribusjonsmetoder kan brukes for å ivareta kvalitet hos ferske kuttete grønnsaker.

Referanser

- Al-Ati, T. & Hotchkiss, J.H. Application of packaging and modified atmosphere to fresh-cut fruits and vegetables. In: Lamikanra, O. (ed.), *Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market*, pp. 305-338. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Barrett, D.M., Beaulieu, J.C. & Shewfelt, R. 2010. Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50:369-389.
- Beaudry, R.M., Cameron, A.C., Shirazi, A. & Dostal-Lange, D.L. 1992. Modified-atmosphere Packaging of Blueberry Fruit: Effect of Temperature on Package O₂ and CO₂. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117:436-441.
- OFG, 2014. Totaloversiktet 2004-2013. Opplysningskontoret for frukt og grønnsaker.
- Seljåsen, R., Hoftun, H., Selliseth, J. & Bengtsson, G.B. 2004. Effects of washing and packing on sensory and chemical parameters in carrots (*Daucus carota* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84:955-965.
- Zhuang, H., Barth, M.M. & Fan, X. 2011. Respiration and browning discoloration of fresh-cut produce in modified atmosphere packaging. In: Brody, A.L. *et al.* (eds.), *Modified Atmosphere Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables*, pp. 31-56. John Wiley & Sons, Inc., Chichester, West Sussex, UK.