

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Denne masteroppgava avslutter et fem års studie i Plantevitenskap ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB) i Ås. Interessen for frukt og grønt gjorde at valget av masteroppgave falt på eplelagring med vekt på kvalitet. Dette var del av et prosjekt som skulle undersøke effekten av lagring på eple, potet og gulrot. Oppgava er basert på data fra lagringssesongen 2012/2013 og skriveprosessen ble utført i løpet av 2013.

En stor takk til hovedveilederen min, Førsteamanuensis Siv Fagertun Remberg som har hjulpet til underveis i skriveprosessen. Takk for tålmodighet, godt humør og gode tilbakemeldinger.

Jeg vil også rette en stor takk til Kari Grønnerød, Signe Hansen og Karin Svinnset for hjelp med innhøsting av eplene og hjelp til utføring og forklaring av de ulike analysene som ble foretatt. Takk for god hjelp og trivelige lunsjpauser!

Takk også til Tor Næsje for tålmodig hjelp og gjennomgang mot slutten av skriveprosessen.

Ås, 30. september 2013

Aud Ingeborg Stuestøl

Sammendrag

Tilgangen på norske epler er begrenset til noen måneder etter høsting. For å forlenge epleseasonen må eplene høstes på riktig tidspunkt ut fra forventet lagringstid, og lagres under riktige forhold slik at god kvalitet beholdes. Ulike lagringsforhold påvirker kvalitet og kvalitetsendringer gjennom lagringsperioden, og ulike sorter responderer forskjellig på lagringsforholdene. Målsetningen for oppgava var å finne ut av hvordan ulike lagringstemperaturer påvirket kvalitet og lagringsevne hos eplesorten 'Discovery'.

Epler av sorten 'Discovery' ble høstet i september 2012 og lagret i naturlig atmosfære ved tre ulike temperaturer (1, 3 og 5 °C) i fire måneder. Det ble foretatt analyser av ytre og indre kvalitetsfaktorer ved innlagring, og etter en, to, tre og fire måneders lagring. Faktorene som ble undersøkt var ytre, visuelle tegn på kvalitetsendring, og farge, fasthet, stivelsesinnhold, sukkerinnhold, titrerbar syre, pH, tørrstoff, L-askorbinsyre, antioksidantaktivitet (FRAP) og totale fenoler.

De ulike lagringstemperaturene påvirket den ytre, visuelle kvaliteten, og fasthet og pH, mens det for de andre kvalitetsfaktorene ikke ble funnet forskjeller ved sammenlikning av lagringstemperaturene. Lagringstid hadde større påvirkning enn lagringstemperatur på de ulike kvalitetsfaktorene, og viste signifikante endringer i grunnfarge, fasthet, stivelse, titrerbar syre, pH, sukker/syre-forhold, tørrstoff og L-askorbinsyre innen de ulike lagringstemperaturene. Refraktometerverdi, antioksidantaktivitet og totale fenoler var ikke påvirket av hverken temperatur eller lagringstid. Eplene lagret ved 3 °C hadde den beste ytre kvaliteten i starten av forsøket. Nedgang i ytre og delvis i indre kvalitet ved tre måneders lagring tydet på at 'Discovery' lagres best ved 3 °C i opptil to måneder.

Abstract

Consumers access to Norwegian apples are limited to a few months after harvesting. To lengthen the availability of apples, the apples have to be harvested at the right ripening stage for its storage length, in addition to be stored under proper conditions to keep good quality. Different storage conditions affect the apple quality and changes in quality during the storage period. Different apple cultivars also respond differently to the storage conditions. The aim of the study was to see how different storage temperatures affected quality and storability of 'Discovery' apples.

'Discovery' apples were harvested in September 2012 and stored in natural atmosphere at three different temperatures (1, 3 and 5 °C) for up to four months. Analysis of different quality parameters were done after harvest, and after one, two, three and four months of storage. The apples were analysed for visual quality changes, colour, firmness, starch content, soluble solids, titratable acidity, pH, dry matter, L-ascorbic acid, antioxidant activity (FRAP) and total phenols.

Storage temperature affected visual quality, firmness and pH, but the other quality parameters were not significantly changed. Storage time had a larger impact than temperature on the quality parameters, and showed significant effects on ground colour, firmness, starch content, titratable acid, pH, dry matter and L-ascorbic acid within the different storage temperatures. Soluble solids, antioxidant activity and total phenols were not affected, neither by temperature nor storage time. The apples stored in 3 °C had the best visual quality at the start of the experiment. Decrease in visual and partly internal quality at three month of storage indicated that 'Discovery' is best stored at 3 °C for up to two months.

Innhold

Forord	i
Sammendrag.....	iii
Abstract	iv
1. Innledning.....	1
2. Bakgrunn	3
2.1. Eple.....	3
2.2. Dyrking og høsting av eple.....	3
2.3. Lagring.....	4
2.3.1. Biologiske prosesser	5
2.3.2. Temperatur.....	6
2.3.3. Luftfuktighet	7
2.3.4. Atmosfære.....	7
2.4. Kvalitetsfaktorer	8
2.4.1. Ytre kvalitet	8
2.4.2. Indre kvalitet	9
2.4.3. Helsefremmende stoffer.....	10
3. Materiale og metoder.....	13
3.1. Innhøsting	13
3.2. Sortering og innlagring	13
3.3. Uttak	14
3.4. Analyse av ytre kvalitet	14
3.4.1. Farge	14
3.4.2. Fasthet	14
3.5. Analyse av indre kvalitet	15
3.5.1. Stivelse.....	15
3.5.2. Refraktometerverdi, titrerbar syre og pH.....	16
3.5.3. C-vitamin	16
3.5.4. Tørrstoff, antioksidantaktivitet (FRAP) og totale fenoler.....	17
3.6. Statistikk	19
4. Resultater.....	20
4.1. Klimatiske forhold i kjølerommene.....	20

4.2. Ytre kvalitet.....	20
4.2.1. Vekttap.....	20
4.2.2. Uttak etter en måned.....	21
4.2.3. Uttak etter to måneder	23
4.2.4. Uttak etter tre måneder	23
4.2.5. Uttak etter fire måneder.....	24
4.2.6. Farge	25
4.2.7. Fasthet.....	27
4.3. Indre kvalitet.....	28
4.3.1. Stivelse.....	28
4.3.2. Refraktometerverdi	29
4.3.3. Titrerbar syre og pH.....	30
4.3.4. Sukker/syre-forhold	32
4.3.5. C-vitamin	33
4.3.6. Tørrstoff.....	34
4.3.7. Antioksidantaktivitet (FRAP)	35
4.3.8. Totale fenoler.....	36
5. Diskusjon	37
5.1. Generell diskusjon.....	37
5.2. Temperaturpåvirkninger på den ytre kvaliteten	37
5.3. Temperaturpåvirkninger på den indre kvaliteten	41
5.4. Temperaturpåvirkninger på helsefremmende stoffer	42
6. Konklusjon	44
7. Kilder	45
8. Vedlegg	49

1. Innledning

Etterspørselen etter frukt og bær øker blant forbrukerne (Statistisk sentralbyrå 2010), og det er ønskelig, blant annet fra Landbruks- og matdepartementet, å øke produksjonen av frukt i Norge og at norske produkter skal ta en større del av totalsalget (Butterdahl 2012). Dette er viktig for å sikre den norske matproduksjonen og økonomien til dyrkerne.

En av utfordringene for den norske produksjonen av frukt er at vekstsesongen er så kort slik at flere av produktene må lagres for å kunne tilbys konsumentene etter produksjonssesongen. For å skaffe tilstrekkelig mengde norsk frukt av god kvalitet, er det nødvendig med økt kunnskap på ulike områder, som plantekjennskap, dyrkingsforhold, høsting og lagring frem til konsum (Butterdahl 2012; LMP 2012).

Fruktas ytre og indre kvalitet er viktig for konsumentene (Kader 2002). Ytre kvalitet innebærer krav til størrelse, form, farge og fasthet, mens indre kvalitet gjelder faktorer som konsistens, smak og diverse innholdsstoffer. Den ytre kvaliteten er det eneste som kan si noe om kvaliteten på eplet før det er smakt på. Ser frukta dårlig ut vil ikke konsumentene kjøpe den, og da hjelper det ikke om den indre kvaliteten er god. Dersom frukta er fin på utsiden, men ikke har tilfredsstillende indre kvalitet, vil ikke konsumenten kjøpe produktet på nytt. Dårlig kvalitet, både ytre og indre, vil derfor føre til redusert salg. Produksjonskostnadene er likevel til stede, og nedgangen i salget på grunn av dårlig kvalitet kan føre til store økonomiske tap for dyrkeren.

En stor del av fruktproduksjonen i Norge består av eple (*Malus domestica* Borkh.) (Statistisk sentralbyrå 2013). Norsk produksjon dekker ca. 10 % av det norske markedet, resten dekkes av importerte epler (Opplysningskontoret for frukt og grønt 2013c). Hovedsortene av eple som dyrkes i Norge er 'Rød Aroma', 'Rød Gravenstein', 'Summerred' og 'Discovery' (Newswire/Bama).

'Discovery' er en sort som det er satsset på i senere tid på grunn av dens gode smak og spiseopplevelse (Newswire/Bama). Sorten er lett å dyrke, treet er forholdsvis lite og passer dermed inn i dagens dyrkingsmetoder. Den er også sterk mot sykdommer og lave dyrkingstemperaturer (Orange Pippin 2013). Sorten er beskrevet hos Opplysningskontoret for frukt og grønt (2013a): «Discovery er en halvtidlig eplesort med gulgrønn bunnfarge og lys rød dekkfarge. Eplet er middels stort, flatrunde og svært velformet. Skinnende rød dekkfarge. Fruktkjøttet er sprøtt og hvitt med søt og god aroma. Holdbarheten er ganske god. Sesong: September - oktober.»

Kjølelagring i naturlig atmosfære har vært den mest brukte formen for lagring av epler opp gjennom tidene. 'Discovery' har forholdsvis kort holdbarhet på lager, og det er ønskelig å finne metoder for å kunne forlenge lagringsperioden. Temperatur er en svært viktig faktor under lagring (Kader 2003), og kan reguleres til det som er mest optimalt for den enkelte sort (Lal Kausal & Sharma 1995).

Formålet med denne oppgaven var å se på hvordan ulike lagringstemperaturer påvirket kvalitet og lagringsevne hos eplesorten 'Discovery'. Dette ble gjort ved å lagre eplene ved temperaturene 1, 3 og 5 °C og studere ytre og indre kvalitetsfaktorer etter en, to, tre og fire måneder på lager.

2. Bakgrunn

2.1. Eple

Eple hører til i *Malus*-slekta i *Rosaceae*-familien (Jackson 2003). Arten som i hovedsak dyrkes i dag er *Malus domestica* Borkh., og har utallige sorter som dyrkes i tempererte områder over store deler av verden (Webster 2005).

Eple utgjør en stor del av det totale inntaket av anbefalt mengde frukt og grønt i Norge (Statistisk sentralbyrå 2010). Et eple består i hovedsak av vann, karbohydrater, kostfiber, vitamin A, B6, C og E, og ulike mineraler (Matvaretabellen 2013), i tillegg inneholder eplet stoffer som fungerer som antioksidanter (Blomhoff 2005).

2.2. Dyrking og høsting av eple

Ved moderne former for epledyrking plantes trærne tett og holdes lave og smale ved hjelp av beskjæring. Dette utnytter plass og lys på en effektiv måte, og gjør høstingen av eplene enklere. Dyrkingsforholdene er svært viktige med tanke på kvalitet, da et godt utgangspunkt ved høsting gir best grunnlag for lagring av eplene. Den optimale høstetiden for epler varierer med sort, sted og klimatiske forhold under vekstsesongen, men forventet lagringstid er også en avgjørende faktor. Høsting til riktig tid gjør at eplene tåler lagring bedre og har en godt utviklet smak (Kader 1997). Det er vanskelig å bedømme når eplene skal høstes ut fra visuelle inntrykk, men Streif-indeks (Likning 1) tar for seg faktorene fasthet, refraktometerverdi og stivelsesinnhold, og kan brukes for å bestemme optimal høstetid (Streif 1989, sitert av Remberg 2006).

$$\text{Streifindeks} = \frac{\text{Fasthet } (\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})}{\text{Refraktometerverdi } (\%) \times \text{Stivelse (jodtestverdi 1-10)}} \quad (\text{Likning 1}).$$

Det finnes anbefalte Streif-indekser for ulike sorter som dyrkerne kan bruke som rettleiding ved høsting (Sognefrukt 2010). Optimal Streif-indeks ved høsting av 'Discovery' er fra 0,09 til 0,16 (Myren 2010). Streif-indeksen reduseres etter hvert som eplet modner.

Høsting både før og etter optimal høstetid reduserer lagringsevnen til eplene og gjør dem mer utsatt for fysiologiske skader (Kader 1997). Epler som høstes for tidlig skrumper lettere (Lal Kausal &

Sharma 1995), har høyere vekttap og kan lettere utvikle skåld under lagring (Kavara 1998), sammenliknet med epler som er høstet til riktig tid. Skåld ses som avgrensede lysebrune felt på eplet, gjerne på deler av eplet uten dekkfarge (Fidler et al. 1973; Kavara 1998), hvor også kjøttet under blir brunfarget etter en tid (Fidler et al. 1973). Deler av eplet som ikke har utviklet dekkfarge har vært utsatt for lavere lysintensitet og temperatur gjennom vekstsesongen, og er dermed mer utsatt for skåld i lagringsperioden (Lurie 2002). Epler som er overmodne ved høsting kan være mer utsatt for andre fysiologiske lagerskader, blant annet møsk (Kavara 1998), og de brytes raskere ned og har dermed kortere holdbarhet på lager (Lal Kausal & Sharma 1995). Slike epler kan også bli melne og miste smaken (Kader 1997) og få misfarget skall (Fidler et al. 1973).

Epler som skades mekanisk under høsting, sortering eller lagring vil være mindre motstandsdyktige mot patogener og generelt tåle lagring dårligere enn uskadde epler (Van Zeebroeck et al. 2007). Under høsting er det derfor viktig at eplene fjernes fra treet på en skånsom måte, blant annet for å unngå punktering av skallet og at stilken skades. Under lagringsperioden blir eplene flyttet på flere ganger og de ligger tett sammen, noe som øker faren for støtskader, som er den vanligste formen for skade etter høsting (Knee & Miller 2002).

2.3. Lagring

Eplenes lagringsevne og utviklingen av kvalitet under lagring avhenger av flere faktorer som sort, modningsgrad, temperatur, lagringsatmosfære, luftfuktighet og luftbevegelse. I tillegg kan klimatiske årsvariasjoner i vekstsesongen påvirke lagringsevnen til eplene. Noen sorter modnes tidlig og tåler som regel lengre tids lagring dårlig, sammenliknet med sorter som modnes senere på høsten og ofte kan lagres flere måneder uten at kvaliteten forringes i særlig grad (Maske 2012). For å utnytte de ulike eplesortenes lagringspotensiale, kommer de tidlige sortene komme ut på markedet raskt etter høsting, mens de senere sortene blir tatt i bruk lengre ut i lagringsperioden. ‘Discovery’ modner forholdsvis tidlig (Opplysningskontoret for frukt og grønt 2013a), og bør derfor brukes innen et par måneder etter høsting, da den trolig ikke holder seg så godt på lager. Tidligere forsøk på langtidslagring av ‘Discovery’ har blitt avsluttet etter forholdsvis kort lagringstid grunnet dårlig kvalitet på eplene (Remberg, Siv (2013), pers. medd.).

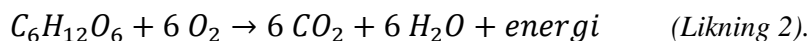
Før innlagring er det viktig med god utsortering av epler med skader eller andre tegn på dårlig lagringsevne som skurv, kork, skadet stilkfeste, støtskader og lignende. Kvaliteten til slike epler vil raskt forringes og kan ødelegge hele partiet siden smitte fra disse eplene kan spres til ellers

friske epler på lageret (Norsk eplefest 2012). Epler som er infisert av patogener ute i felt vil ikke alltid vise symptomer på dette ved høsting (Sugar 2002), og utsortering av infiserte epler kan derfor ikke alltid la seg gjøre ved innlegging på lager.

2.3.1. Biologiske prosesser

Epler er levende produkter som gjennomgår naturlige biologiske prosesser som modning, respirasjon og transpirasjon. Når eplene henger på treet får de tilført næringsstoffer og vann fra treet gjennom stilken, men ved høsting tar denne tilgangen slutt og eplene må klare seg med sine opparbeidede lagerreserver i de pågående biologiske prosessene (Fidler et al. 1973).

Under respirasjonen (Likning 2) oksideres organiske molekyler som stivelse og glukose, og det frigis energi som eplet kan bruke under modningsprosessen (Aanderaa & Fløistad 2002; Kader 2002). I tillegg til energien som forbrukes i biologiske prosesser i planta, avgis overskuddsenergi som varme, og det produseres karbondioksid og vann.



Under modningsprosessen vil også andre organiske forbindelser, blant annet proteiner (Raven et al. 2005), pektin (Kavara 1998) og organiske syrer (Opedal 1997) omdannes til enklere komponenter og forbrukes.

Ved transpirasjon taper eplet vann til omgivelsene gjennom skallet via lenticeller og kutikula (Pieniasek 1944). Liten frukt har stor overflate i forhold til volum og med det høyere transpirasjonsrate enn større frukt (Wills et al. 2007). Transpirasjonen påvirkes blant annet av temperatur og luftfuktighet, men tilstanden på skallet er også avgjørende. Vokslaget ytterst i kutikula reduserer transpirasjonen (Kolattukudy 1984), men ved mekaniske skader som kutt- eller insektskader, kan transpirasjonen øke (Wills et al. 2007). Ekstra vanntap kan også forekomme dersom stilken blir avrevet helt inne ved frukta, noe som derfor er viktig å unngå. Eplet kan til en viss grad reparere skader som oppstår tidlig i vekstsesongen ved å danne et korklag over skaden som begrenser vanntapet noe (Wills et al. 2007). Skader som oppstår under høsting eller senere er imidlertid vanskeligere å reparere, og vanntapet blir større.

Dersom transpirasjonen medfører vekttap på over 5 %, kan lavere trykk inne i cellen føre til at eplene skrumper og kvaliteten forringes (Wills et al. 2007). Ved å holde vekttapet under 1 % per måneds lagring kan forringelsen av kvalitet til en viss grad reduseres (Kavara 1998).

2.3.2. Temperatur

Temperatur er den viktigste regulerbare faktoren for å bevare god kvalitet under lagring (Kader 2003). Lav temperatur reduserer hastigheten på respirasjonen i frukta, og nedkjøling kort tid etter høsting kan øke holdbarheten (Wills et al. 2007). I tillegg kan lave lagringstemperaturer hemme eller redusere veksten av visse patogener (Sugar 2002). For å kjøle ned produktene bør de settes inn på lagerrom som på forhånd er kjølt ned til ønsket temperatur, vanligvis mellom 0 og 5 °C for epler (Fidler et al. 1973). Lagringstemperaturen bør holdes stabil innenfor 1 °C fra den aktuelle temperaturen for best forhold gjennom lagringsperioden (Lurie 2002). Variasjoner mellom sorter i optimal lagringstemperatur gjør det viktig å gjennomføre lagringsforsøk for hver enkelt sort. Noen eplesorter tåler lagring ned mot 0 °C, mens andre vil bli ødelagt ved temperaturer lavere enn 3 °C (Lal Kausal & Sharma 1995). Studier av engelske sorter har vist at epler tåler lagring ved 3 og 5 °C bedre enn temperaturer nærmere 0 °C (Fidler et al. 1973). Lagring ned mot 0 °C gir økt fare for at temperaturen synker ytterligere slik at kjøleskader oppstår.

Epler som lagres ved ugunstige temperaturer kan utvikle lagersykdommer og andre fysiologiske skader i større grad enn ved optimal lagringstemperatur. Ofte vil det være størst utfall av skader som utvikles på lager ved de laveste temperaturene (Fidler et al. 1973), men skadene kommer da gjerne ikke før etter lengre tids lagring (Tomkins 1966, sitert av Landfald 1968). For lave lagringstemperaturer kan blant annet føre til indre brunfarging med en diffus overgang til kjøtt med naturlig farge (Salunkhe & Kadam 1995). Snittflater kan være forholdsvis fuktige grunnet cellekollaps, og rett under skallet kan det være et smalt lag med gjennomskinnelig kjøtt. På utsiden av eplet kan kjøleskader ses som misfarging i skallet, men indre skader vil ofte ikke vises på utsiden før etter en stund (Fidler et al. 1973). Andre konsekvenser av for lav lagringstemperatur kan være bløt kuldeskade, hvor symptomene ofte vises rundt ekvator på eplet (Kavara 1998).

Høye lagringstemperaturer kan føre til skrupne epler, raskere modning og kortere holdbarhet på lager (Wills et al. 2007), i tillegg til raskere utvikling av råte og andre patogener siden forholdene legges bedre til rette for dette. Hall og Scott (1970) fant, ifølge Salunkhe og Kadam (1995), at for høye lagringstemperaturer kan føre til «bitter pit», som ses som små brune prikker i overflaten av epleskallet.

Ugunstige lagringstemperaturer kan også fremme utviklingen av skåld (Fidler et al. 1973). Fidler et al. (1973) har også vist at skåld utvikles raskere ved høyere lagringstemperaturer, men at det over tid er flest tilfeller ved lavere temperaturer.

2.3.3. Luftfuktighet

Luftfuktighet er en annen viktig faktor som påvirker holdbarheten til frukta under lagring (Kader 2003). Transpirasjonen går raskere dersom luftfuktigheten i omgivelsene er lavere enn inne i eplet, men eplet transpirerer også mer dersom temperaturen eller farten på luftgjennomstrømningen er for høy. Relativ luftfuktighet (RF) i kjølerommet bør være over 90 % for å begrense vanntapet fra eplene (Kavara 1998). Det er viktig at den høye luftfuktigheten kombineres med stabilt lav temperatur, da svingninger i temperaturen kan danne kondens på produktene og øke faren for råte (Wills et al. 2007). Ved temperaturer ned mot 0 °C og RF på over 95 % kan svingninger i temperaturen på kun 0,5 °C føre til kondens på frukta (Wills et al. 2007).

2.3.4. Atmosfære

Ulike sammensetninger av atmosfæren på lager kan påvirke holdbarheten til eplene. Det vanligste er å lagre eplene i naturlig atmosfære (NA) som hovedsakelig består av 78 % nitrogen (N₂), 21 % oksygen (O₂) og 0,04 % karbondioksid (CO₂). Ved å kontrollere atmosfæren (CA, controlled atmosphere) på lageret slik at konsentrasjonen av CO₂ økes og O₂ reduseres, reduseres farten på respirasjonen, og lagringsperioden kan forlenges (Wills et al. 2007). Oksygenkonsentrasjonen må ikke være for lav, da det kan føre til anaerob respirasjon som gir dårlig smak på frukta (Wills et al. 2007). Ved lave lagringstemperaturer kan oksygenkonsentrasjonen reduseres mer siden respirasjonen da ikke krever så høy konsentrasjon av O₂. I noen tilfeller kan CA-lagring redusere utbrudd av patogener på lager (Haffner 1992).

Under modning vil epler produsere etylen som er et hormon som også i seg selv fremmer modning (Berner Jr 2012). Ved å endre konsentrasjonen av etylen på lageret kan farten på modningen av frukta reguleres. Lave lagringstemperaturer og CA-lagring gjør eplene mindre sensitive for hormonet (Wills et al. 2007), og produksjonen reduseres (Lurie 2002).

2.4. Kvalitetsfaktorer

Kvaliteten i epler består av både ytre og indre faktorer som vil endre seg fra høsting og utover i lagringsperioden. Det forekommer omdanning av ulike innholdsstoffer i eplet under denne tiden, men endringene er ikke nødvendigvis synlige fra utsiden, og noen innholdsstoffer må analyseres kjemisk for at endringene skal kunne registreres (Buescher et al. 1999). For å undersøke kvalitetsendringene kan det gjøres målinger av farge (grunn- og dekkfarge), fasthet, stivelse, sukker, syre, pH, C-vitamin, antioksidanter og totale fenoler.

Ved sortering klassifiseres eplene i ulike klasser etter hvilken kvalitet de har. Inndelingen består av Klasse ekstra, Klasse I og Klasse II, der Klasse I brukes som standard på det internasjonale markedet (Kader 2001). Tillatte avvik for å kunne sorteres innen de ulike klassene er gitt i NS2801 (Norges standardiseringsforbund 1986).

2.4.1. Ytre kvalitet

Ved modning av epler vil klorofyllet i skallet brytes ned (Myren 2010) og karotenoidene bli mer synlige slik at grunnfargen på eplene endres fra grønn til mer gul (Kavara 1998). For å bestemme utviklingen av grunnfargen på eplene er det utarbeidet standarder med plansjer med skala fra 1 (grønn) til 8 (gul) for ulike sorter som kan brukes som indikator på riktig høstetid og når eplet er spisemodent (Grunnfargeskala for 'Golden Delicious', Belgia). Under lagring kan grunnfargen endres uten at smaken nødvendigvis endres (Landfald 1968).

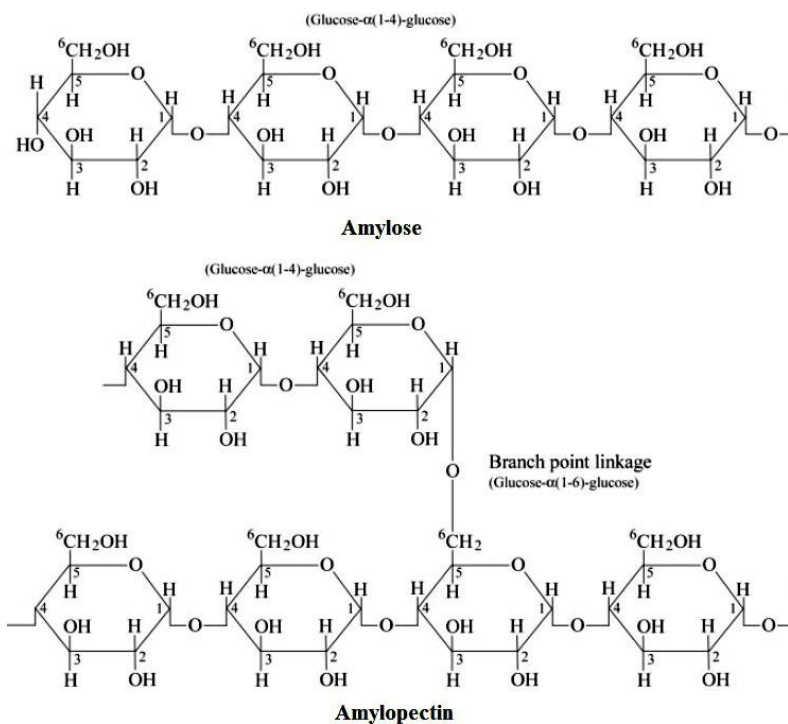
Dekkfarge er sortsbestemt, men avhenger også av direkte stråling fra sola for utvikling (Merzlyak et al. 2002). Variasjoner i dekkfarge oppstår på grunn av eplenes ulike plassering på treet, men fargen vil ikke endres etter høsting, i motsetning til utviklingen av grunnfarge. For forbrukerne som bruker visuelle inntrykk ved kjøp, kan dekkfarge på eplet være viktig siden helsegevinsten er større i epler med rødt skall grunnet høyere innhold av antioksidanter (Dallawara 2005) og visse polyfenoler (Remberg 2006).

Fastheten i eplekjøttet er en viktig faktor når det gjelder spiseopplevelse og holdbarhet hos eplene, og kan også brukes som indikator på riktig høstetidspunkt (Myren 2010). Ved modning vil pektinstoffene i celleveggene i eplet endres til enklere komponenter, og cellene bindes løsere sammen slik at de mister evnen til å holde på den faste formen og eplet blir mykere (Kavara 1998; Myren 2010). Epler som er høstet for sent er utsatt for å bli myke på lager tidligere enn epler som

er høstet til optimal tid (Kavara 1998). For epler som skal lagres en stund før de selges, er det beste høstetidspunktet når fastheten måles til 7-8 kg/cm² (Myren 2010; Sognefrukt 2010). I følge Myren (2010) er det ønskelig at eplene skal ha en fasthet på 5-6 kg/cm² når de spises. Epler som skal konsumeres kort tid etter høsting kan derfor henge på treet til fastheten er ca. 6 kg/cm².

2.4.2. Indre kvalitet

Lagringsemne i epler er hovedsakelig langkjedete karbohydrater (polysakkarider) i form av stivelse som består av ca. 25 % amylose og 75 % amylopektin (Kavara 1998) (Figur 1).



Figur 1. Kjemisk formel for amylose og amylopektin (Ghanbarzadeh & Almasi. <http://www.intechopen.com/books/biodegradation-life-of-science/biodegradable-polymers>).

I umoden frukt finnes stivelsen som stivelseskorn (Kader 2002), men ved modning brytes det meste av stivelsen ned til sukker som forbrukes under respirasjonen (Wills et al. 2007). Høyt stivelsesinnhold i eplene kan dermed gi en potensielt lengre lagringsperiode i motsetning til epler

med lite stivelse. Ulike sorter varierer i mengde stivelse ved innhøsting (Myren 2010), men utsatt høsting (Opedal 1997), lengre tids lagring og høyere lagringstemperatur reduserer stivelsesinnholdet (Neuwald et al. 2008). I følge Sognefrukt (2010) bør 'Discovery' ha et stivelsesinnhold på 6,0-8,0 ved innhøsting. Denne verdien er funnet ut fra vurderinger av optimal høstetid der Streif-indeks hos denne eplesorten bør være 0,09-0,16 (Myren 2010).

Mengde sukker i eplet gis som refraktometerverdi ved at % oppløst tørrstoff i fruktsafta måles. Av det oppløste tørrstoffet i epler utgjør glukose 80 % (Opedal 1997). Epler som skal sorteres inn under Klasse 1 skal ha en refraktometerverdi på minimum 10,3 % (Norges standardiseringsforbund 1986; Opedal 1997). Ved lengre tids lagring vil sukkerinnholdet reduseres grunnet respirasjon (Myren 2010).

Syreinnholdet kan enten måles som titrerbar syre eller ved hjelp av pH-målinger, men målinger av titrerbar syre er den sikreste metoden (Kavara 1998). Det vil være negativ korrelasjon mellom titrerbar syre og pH, hvor høyt syreinnhold gir lav pH og omvendt. Av det totale syreinnholdet i eple utgjør epletsyre ca. 90 % (Kavara 1998), men syreinnholdet varierer med sort og modningsgrad (Opedal 1997). pH varierer også med sort, men er relativt stabil og ligger som oftest mellom 3,36 og 4,25 (Lal Kausal & Sharma 1995). Utover i lagringsperioden vil innholdet av syre reduseres (Opedal 1997). Innholdet går raskest ned når eplene er høstet sent og modningsprosessen har kommet langt, og når de lagres ved høye temperaturer (Kavara 1998). Reduksjonen skjer også raskere når syreinnholdet er høyt enn når det er lite syre igjen (Landfald 1968).

Norske epler har en mer syrlig smak enn importerte epler, og syra balanserer det naturlige sukkeret i eplene og gir en frisk smak som foretrekkes blant norske konsumenter (Newswire/Bama). Forholdstallet mellom innholdet av sukker og syre bør ligge mellom 18 og 20 for god smakelighet (Opedal 1997).

2.4.3. Helsefremmende stoffer

C-vitamin er essensielt for mennesker siden det ikke produseres i kroppen (Buescher et al. 1999). Inntak av C-vitamin forebygger skjørbuk, som var en alvorlig mangelsykdom frem til 1900-tallet (Lee & Kader 2000; Wills et al. 2007). I tillegg opprettholder C-vitamin frisk hud og sterke blodårer, og er viktig blant annet ved dannelsen av bindevev i kroppen, ved opptak av jern og for å styrke immunsystemet (Lee & Kader 2000). For plantene har C-vitamin en beskyttende effekt mot sterkt lys, og innholdet av vitaminet øker med økende lysintensitet (Lee & Kader 2000).

Vitaminet virker også som en antioksidant for både planter og mennesker (Buescher et al. 1999; Lee & Kader 2000), men utgjør kun en liten del av den totale antioksidantaktiviteten i epler (Liu et al. 2001).

C-vitamin består av L-askorbinsyre (L-AA) og Dehydro-L-askorbinsyre (DHA), der L-AA under lagring av produktet oksideres til DHA (Buescher et al. 1999). DHA kan omdannes tilbake til L-AA i kroppen, og den mest nøyaktige måten å måle totalt C-vitamininnhold på er derfor å gjøre målinger av både L-AA og DHA (Lee & Kader 2000). Ved analysing av C-vitamin er det likevel vanligvis bare innholdet av L-AA som måles (Buescher et al. 1999). I eple er det gjennomsnittlig 10 mg L-AA per 100 g friskvekt (Matvaretabellen 2013; Wills et al. 2007), men innholdet varierer blant annet med sort (Davey & Keulemans 2004).

Det er anbefalt et daglig inntak på 75 mg C- vitamin (Helsedirektoratet 2005), hvor frukt, bær og grønnsaker står for 90 % av dette inntaket (Lee & Kader 2000; Salunkhe & Kadam 1995). Mengde C-vitamin som finnes i epler er ikke så stor sammenliknet med andre frukt- og bærarter (Matvaretabellen 2013), men høyt konsum av epler (Statistisk sentralbyrå 2010) gjør at bidraget likevel blir stort. C-vitamin er mest konsentrert like under epleskallet (Opplysningskontoret for frukt og grønt 2013b), som inneholder 2-5 ganger så mye C-vitamin som eplekjøttet (Buescher et al. 1999). Det er derfor anbefalt å spise epler med skallet på for å få i seg mest mulig C-vitamin (Opplysningskontoret for frukt og grønt 2013b).

Innholdet av C-vitamin er ustabil og reduseres under lengre tids lagring, og raskere ved høyere lagringstemperaturer (Kavara 1998; Lee & Kader 2000). Reduksjon i mengde C-vitamin kan også forekomme ved støt- eller mekaniske skader, ved lav RF eller ved kjøleskader (Lee & Kader 2000). Det er derfor viktig at eplene behandles riktig både før, under og etter høsting for å unngå tap av dette viktige vitaminet. CA-lagring kan virke positivt inn på bevaring av C-vitamin (Lee & Kader 2000).

I cellene i kroppen vil det alltid foregå reduksjons-oksidasjonsreaksjoner, hvor det dannes reaktive oksidanter, også kalt frie radikaler, som vil oksidere andre molekyler for å fylle sitt ytterste elektronskall (Blomhoff 2005). Dette kan skape oksidativt stress og skade DNA, cellemembraner, karbohydrater og proteiner i kroppen, og føre til blant annet hjerte- og karsykdommer (Blomhoff 2005). Frukt, bær og grønnsaker inneholder mye antioksidanter som kan reagere med den reaktive oksidanten før skader oppstår. De kan også reparere oksidative skader eller forhindre mutasjoner, og dermed redusere faren for utvikling av diverse sykdommer relatert til oksidativt stress (Blomhoff 2005).

Fenoler utgjør en stor del av antioksidantinnholdet i epler (Eberhardt et al. 2000) og er en utbredt gruppe sekundære plantemetabolitter som kan deles inn i fenolske syrer og flavonoider (Robards et al. 1999). Det finnes svært mange ulike flavonoider, men de vanligste i frukt er flavonoler, antocyaniner og flavanoler. Hos planter virker fenolene blant annet som UV-beskyttelse, tiltrekking og forsvar mot ulike organismer og som signalstoffer, men de er også viktige antioksidanter både hos planter og mennesker (Parr & Bolwell 2000).

Innholdet av antioksidanter og fenoler i epler er relativt lavt, men det høye inntaket gjennom året kompenserer en del for det lave innholdet og gjør likevel eple til en god kilde til antioksidanter (Remberg 2006) og totale fenoler (Kevers et al. 2011; Statistisk sentralbyrå 2010; Wolfe et al. 2003). Dette gjelder spesielt når eplene spises med skallet på, siden det er her det meste av fenolene finnes (Parr & Bolwell 2000; Remberg 2006; Wolfe et al. 2003).

Antioksidantaktivitet og mengde fenoler varierer mellom ulike sorter (Boyer & Liu 2004; Kevers et al. 2011; Remberg 2006), og kan også påvirkes av forhold under lagring (Boyer & Liu 2004; Remberg 2006; Rössle et al. 2010). Mengde fenoler påvirkes også av årsvariasjoner (Kevers et al. 2011) og modningsgrad ved at innholdet avtar etter hvert som eplet modner (Kader 2002; Lal Kausal & Sharma 1995).

3. Materiale og metoder

3.1. Innhøsting

Epler av sorten 'Discovery' fra fruktfeltet Åsbakken i Ås kommune, Akershus (59° 40'N, 10° 46'Ø, 98 m.o.h.) ble høstet 10. september 2012 i overskyet vær. Streif-indeksen ble målt til 0,11 ved innhøsting, som er innenfor det anbefalte indeksområdet for høsting av denne sorten. Epler fra totalt 15 trær fra forskjellige lokaliteter i feltet ble plukket for hånd i høsteposer og lagt i høstekasser av tre. Etter innhøsting ble kassene plassert på kjølerom som holdt 5 °C for lagring til neste dag.

3.2. Sortering og innlagring

Eplene ble sortert dagen etter innhøsting ut fra krav i NS2801. Frukt med skader eller store formmessige avvik ble sortert bort (Klasse I), og kun epler med diameter større enn 65 mm og minimum 50 % dekkfarge (Klasse Ekstra) ble benyttet i forsøket.

Det ble tatt ut 30 epler til startanalyser som ble fordelt på tre paralleller med ti epler i hver parallell. De resterende eplene ble lagt ned i IFCO-kasser (International Fruit Container, Düsseldorf, Tyskland) på blå plastbrett (Nespak 35, Italia) i to lag. Hvert plastbrett hadde plass til 35 epler, slik at det totalt ble 70 epler i hver kasse. På toppen av det andre laget ble det lagt et tomt plastbrett for å gjøre lagringsforholdene så like som mulig for alle eplene i kassa. Totalt ble ni kasser fylt opp med 70 epler i hver. Kassene ble fordelt tre og tre for innlagring ved temperaturene 1, 3 og 5 °C. Innen hver temperatur ble kassene merket A, B eller C som paralleller. Deretter ble kassene veid (Mettler TE30, Bergman Instrumentering AS, Lillestrøm, Norge), før de ble stablet på et hyllesystem med hjul for å lette transportering og skåne eplene ved forflytting til og fra kjølerommene. Øverst på hver stabel ble det lagt en sammenslått IFCO-kasse for å få noenlunde like forhold for luftgjennomstrømning og temperatur gjennom hele stabelen. I tillegg ble det veid en tom kasse med tre plastbrett for å kunne finne netto eplevekt i hver kasse.

Kassene ble deretter trillet inn på tre kjølerom ved Senter for Klimaregulert Planteforskning (SKP) i Ås som før innlagring var kjølt ned til sin respektive temperatur, alle rommene med naturlig atmosfære. Temperatur og relativ luftfuktighet (RF) i kjølerommene ble gjennom hele lagringsperioden avlest automatisk hver tredje time.

3.3. Uttak

Kontroll, sortering, og analysering av farge ble gjennomført ved innlagring 11. september, 10. oktober, 7. november, 4. desember og 8. januar. Hver måned når kassene ble tatt ut av kjølerommene, ble de umiddelbart veid før utsortering av epler. Ved hver kontroll ble epler med skåld, råteflekker, brune flekker i skallet, samt myke og skrumpne epler tatt ut, kategorisert og talt. Av de gjenværende eplene etter utsortering ble det tatt ut ti tilfeldige epler fra hver av kassene A, B og C fra alle temperatuene. Disse eplene ble fargevurdert, før de ble satt inn på kjølerommet som holdt 5 °C for lagring til neste dag da de resterende analysene ble foretatt. Kassene med de resterende eplene ble veid, inkludert tre blå plastbrett, og satt tilbake på sine respektive kjølerom til neste måned. Før innlegging ble det igjen lagt en sammenbrettet IFCO-kasse på hver stabel.

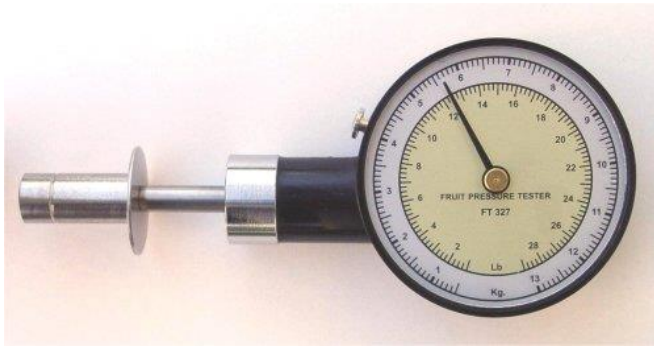
3.4. Analyse av ytre kvalitet

3.4.1. Farge

Grunnfarge ble bestemt ut fra fargekart for grunnfarge (Grunnfargeskala fra 1 (grønn) til 8 (gul) for Golden Delicious, Belgia). Dekkfargen ble bestemt subjektivt ved å se på andel av eplet som var dekket av rød dekkfarge med en skala fra 1 til 9, hvor et eple som var helt dekket av rødfarge fikk poengsummen 9, mens et eple med 50 % dekkfarge fikk poengsum 6. Ved dekkfarge til poengsum 9 ble grunnfargemåling utelatt siden det ikke var grunnlag for vurdering. En gjennomsnittsverdi ble regnet ut for både grunnfarge og dekkfarge.

3.4.2. Fasthet

For å måle fasthet i eplene ble det først brukt en potetskreller for å fjerne skallet tre steder rundt ekvator på hvert eple. Det ble brukt et penetrometer (Fruit pressure tester FT 327, Italia) med stempeldiameter på 1 cm for å måle fastheten i hvert av punktene (Figur 2). Stempelet ble presset inn i eplet ned til merket på stempelet og fastheten avlest i kg/cm². Penetrometeret ble nullstilt mellom hver måling. Det ble så regnet ut et gjennomsnitt for de totalt 30 målingene innen hver parallell.

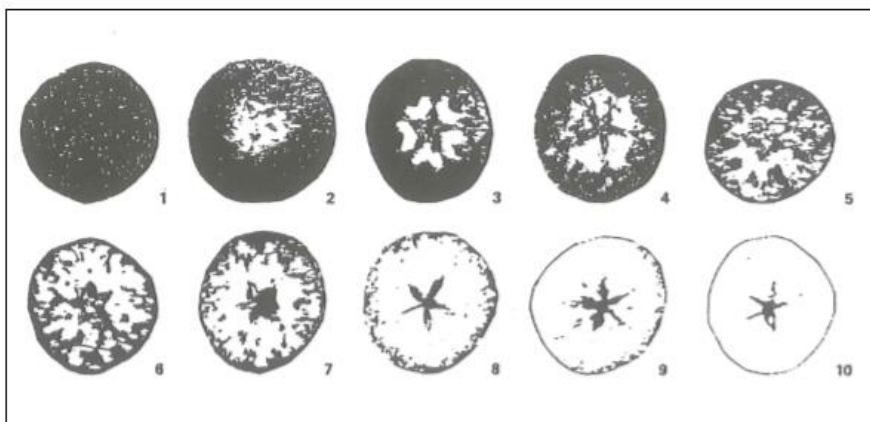


Figur 2. Penetrometer brukt for å måle fasthet i eplene. Foto: Facchini srl.
http://www.facchinisrl.eu/FT_brochure-feb09.pdf.

3.5. Analyse av indre kvalitet

3.5.1. Stivelse

Etter fasthetsmålingene ble mengde stivelse i eplene funnet ved hjelp av en jodstivelsestest (Sekse 1992), der et halvt eple ble dyppet i en blåfarget 10 % jodløsning og lagt på trekkpapir for avrenning. Joden farget amylosen i stivelsen blå, og mengde stivelse ble så visuelt bedømt ut fra skjema for stivelsesnedbryting (Figur 3), utarbeidet av Quast (1991).



Figur 3. Skjema over stivelsesnedbryting i eple der stivelsen er farget blå (Quast 1991). Poengsum 1 (mye stivelse) – 10 (ingen stivelse).

3.5.2. Refraktometerverdi, titrerbar syre og pH

Etter måling av stivelse ble det resterende halve eplet delt opp, og kjernehuset fjernet ved bruk av en kjernehusfjerner. Eplebitene innen hver parallell ble så blandet godt sammen for bruk i de påfølgende analysene.

Halvparten av eplebitene fra hver parallell ble kjørt gjennom en saftpresse (BRAUN, 4-290, Tsjekkia), hvor saftprøvene ble samlet opp i hvert sitt 250 ml begerglass. Mellom hver parallell ble noen eplebiter fra neste parallell presset, hvor safta ble kastet for å fjerne rester fra den forrige parallellen. Mellom prøvene fra hver lagringstemperatur ble saftpressa vasket med såpe og vann. Begerglassene med saftprøver ble stående noen minutter før de ble helt gjennom hvert sitt Whatman-filter (Diameter 12,5 cm, Tyskland), plassert i en trakt i en 100 ml Erlenmeyerkolbe. Den filtrerte safta ble videre brukt til analysering av refraktometerverdi, titrerbar syre og pH.

For å måle refraktometerverdi ble det brukt et ATAGO refraktometer (PR-32 α , Japan). Dette ble først kalibrert med destillert vann. Målingen ble så gjort ved å helle litt filtrert eplesaft på målefeltet på refraktometeret. Mellom hver prøve ble målefeltet rengjort med kleenex-papir.

Til analysering av eplesyre ble det pipettert ut 10 ml filtrert saft i et 100 ml begerglass. Det ble brukt ny, ren pipettespiss for hver prøve. Glassene ble så fylt opp til $\frac{3}{4}$ fullt med destillert vann og satt i en automatisk titrator (Titrator 716 DMS Titrimo. Metrohm, Sveits). Glassene ble tilsatt 0,1 M NaOH (lut) og titrert opp til pH 8,1. Forbruket av lut ble multiplisert med 0,067 for å finne % eplesyre i prøva.

pH ble målt ved at et lite plastbeger ble fylt opp med filtrert eplesaft og elektroden på pH-meteret (691 pH-meter, Metrohm, Sveits) ble senket ned i væska. Mellom hver prøve ble elektroden tørket med kleenex-papir for å fjerne saft fra forrige prøve.

3.5.3. C-vitamin

For analysering av C-vitamin ble det fra hver parallell veid opp 50 g eplebiter (PG503-S DeltaRange. Mettler Toledo, Sveits) i et 500 ml begerglass som ble tilsatt 1 % oksalsyre til totalt 150 g for å forhindre oksidering av L-AA i prøva før analysene ble utført. Blandingen ble så homogenisert til en jevn masse ved bruk av en BRAUN stavmikser (Multiquick 3, Tyskland) i 1-2 min.

Prøvene fra startanalysen ble etter homogenisering lagt i hver sin plastboks med lokk og frosset ned til -20 °C for så å bli tint opp for analysering sammen med prøvene fra første uttak, 11. oktober. Ved uttak gjennom lagringsperioden fortsatte analyseringen av C-vitamin uten nedfrysing.

Eplemassen ble filtrert gjennom et Whatman-filter (Diameter 12,5 cm, Tyskland) ned i en 100 ml Erlenmeyerkolbe, deretter gjennom et aktivert Sep-pack C18-filter (Sep-pack Classic C-18 Cartridges, Waters Corporation, Milford, Massachusetts, USA) ned i et 10 ml reagensrør. Sep-pack filteret ble aktivert ved at 5 ml metanol og deretter 5 ml deionisert vann ble skylt gjennom filteret før bruk. De første 2 ml av den filtrerte prøva ble forkastet for å få representative prøver. En siste filtrering ble gjort gjennom et 0,45 µm Millipore sprøytefilter (Millipore, Massachusetts, USA) ned i hetteglass klare til analysering. Det ble benyttet en HPLC 1100 væskechromatografi autoprøvetaker og UV detektor (Agilent Technologies, Oslo, Norge) for analyse av L-AA. For separasjon ble det brukt en 250 x 4,6 mm Zorbax SB-C18 5 µm kolonne og forkolonne (Agilent Technologies, Oslo, Norge). Den mobile fasen var 0,05 M KH₂PO₄ for isokratisk eluering ved kolonnetemperatur 25 °C og væskeløsning på 65 % Acetonitril. Strømmen var 1 ml/min og injeksjonsvolum 5 µl. Mengde L-AA ble målt ved 254 nm ved en analysetid på 5 min. Resultatene ble regnet ut på basis av standardkurven som på forhånd var lagt inn i prøvetakeren.

3.5.4. Tørrstoff, antioksidantaktivitet (FRAP) og totale fenoler

Det ble veid opp 50 g eplebiter fra hver parallell for bruk til analyse av tørrstoff, antioksidantaktivitet og totale fenoler. Eplebitene fra de ulike parallellene ble hver for seg knust til en homogen masse ved hjelp av en BRAUN stavmikser (Multiquick 3, Tyskland).

Til tørrstoffanalyser ble det veid opp ca. 6 g eplemasse i aluminiumsbegere. Prøvene ble satt i tørkeskap (Termaks TS 8136, Norge) ved 100 °C i ett døgn før de ble veid om igjen.

Tørrstoffprosenten ble så regnet ut etter formelen:
$$\frac{\text{tørrvekt med skål} - \text{skålvekt}}{\text{friskvekt}} * 100$$

Til analyse av antioksidantaktivitet og totale fenoler ble ca. 3 g eplemasse veid opp (METTLER PM480 DeltaRange, Sveits) i en 50 ml glassflaske med skrukork og tilsatt 30 ml metanol. Flaskene ble ristet på en SI-T256 whirlmikser (Vortex-T Genie^R 2, Scientific Industries, Inc. Bohemia. N.Y., USA) i 30 sek før prøvene ble «flushet» med N₂-gass for å hindre oksidering. Til slutt ble flaskene satt i BANDELIN Souorex RK100 ultralydbad (Berlin, Tyskland) ved 0 °C i 15 min. Dette ble gjort for å knuse cellene og være sikker på å få alle målbare substanser ut i etanolekstraktet.

Prøveflaskene ble deretter frosset ned ved $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for samlet analysering av alle prøvene ved forsøkets slutt.

Prøveflaskene ble tatt puljevis ut fra fryseren, uttak for uttak, for å beholde lav temperatur ved analysering. Flaskene ble ristet for hånd for å blande prøva, og helt over i sitt respektive Sarstedt-rør (2 ml, Tyskland) som ble satt i en Eppendorf sentrifuge (5415 R, Taiwan) og sentrifugert ved $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ med en hastighet på 1320 rpm i 1 min. Etter sentrifugering ble rørene satt over i stativer og inn i et spektrofotometer (Konelab 30i, Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland).

Antioksidantaktiviteten ble målt ved bruk av FRAP-metoden (Ferric Reducing Ability of Plasma) (Benzie & Strain 1996). Før selve analyseringen ble det laget reagenser (acetat-buffer, jerntriklorid og TPTZ), standardløsning (jernsulfat) og kontrolløsning (Trolox) (Vedlegg 1), som ble satt inn i spektrofotometeret. Inne i spektrofotometeret ble det i følgende rekkefølge pipettert 200 μl acetat-buffer, 20 μl jerntriklorid og 20 μl TPTZ som ble blandet, før 8 μl standardløsning eller prøve ble tilsatt. Først ble det laget en standardkurve ut fra konsentrasjonene 100, 250, 500, 1000, 2000 og 2500 μM standardløsning. Trolox ble deretter brukt som kontrolløsning, før en og en prøve ble analysert. Blandingene ble inkubert ved $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 10 min. Antioksidantene reduserte TPTZ- Fe^{3+} til TPTZ- Fe^{2+} og endringene i absorpsjonen ble målt tre ganger per prøve ved 595 nm. Gjennomsnittet fra hver prøve ble regnet ut og antioksidantaktiviteten ble benevnt som $\text{mmol Fe}^{2+}/\text{g}$ prøve.

Totale fenoler ble målt ved bruk av Folin-Ciocalteu's-metode (FC) (Wrolstad et al. 2005). Før analyseringen ble det laget standardløsning (gallesyre), Folin-Ciocalteu's fenolreagens (FC) og natriumkarbonat (Vedlegg 1), som ble satt inn i spektrofotometeret. Inne i spektrofotometeret ble det i følgende rekkefølge pipettert 100 μl FC-reagens og 20 μl standardløsning eller prøve. Dette ble blandet og inkubert ved $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 1 min. Deretter ble 80 μl kaliumkarbonat tilsatt, før det ble mikset og på nytt inkubert ved $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 15 min. Først ble det laget en standardkurve ut fra konsentrasjonene 20, 50, 71,4, 100, 167 og 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ standardløsning, før en og en prøve ble analysert. Fenolene førte til kjemisk reduksjon av FC-reagensen som resulterte i en blå farge, og absorpsjonsintensiteten ble målt tre ganger per prøve ved 765 nm. Gjennomsnittet fra hver prøve ble regnet ut og totale fenoler ble benevnt som $\text{mg gallic equivalents (GAE)}/100\text{ g}$ prøve.

3.6. Statistikk

Statistiske beregninger ble gjort i Minitab (Minitab 16. Inc., State College, PA, USA, 2011) med ANOVA enveis variansanalyse med signifikansnivå på 95 %. Det ble utført Tukey-test for å teste om temperatur og lagringstid påvirket de ulike kvalitetsparameterne med p -verdi $< 0,05$. Det ble brukt rådata fra analysene ved utregningene (Vedlegg 4).

4. Resultater

4.1. Klimatiske forhold i kjølerommene

Temperaturen i de tre kjølerommene ble målt hver tredje time gjennom lagringsperioden (Vedlegg 2). Temperaturmålingene viste en økning i stabilitet med økende lagringstemperatur (Tabell 1).

Tabell 1. Gjennomsnittlig temperatur målt i de ulike kjølerommene gjennom lagringsperioden. Med minimums- og maksimumsmålinger og standardavvik (SD).

Kjølerom	Gjennomsnittstemperatur (°C)	Minimumstemperatur (°C)	Maksimumstemperatur (°C)	SD
1 °C	1,3	0,8	2,1	±0,21
3 °C	3,1	2,7	3,8	±0,16
5 °C	5,1	4,8	5,6	±0,09

Relativ fuktighet (RF) i de tre kjølelagrene ble målt hver tredje time gjennom lagringsperioden (Vedlegg 3). RF ble redusert og mindre stabil med økende lagringstemperatur (Tabell 2).

Tabell 2. Gjennomsnittlig relativfuktighet (RF) målt i de ulike kjølerommene gjennom lagringsperioden. Med minimum og maksimum RF og standardavvik (SD).

Kjølerom	Gjennomsnittlig RF (%)	Minimum RF (%)	Maksimum RF (%)	SD
1,3 °C	93,9	90,2	96,0	±0,77
3,1 °C	89,4	79,1	96,0	±3,71
5,1 °C	85,6	70,0	100,0	±5,67

4.2. Ytre kvalitet

4.2.1. Vekttap

Vekttapet i lagringsperioden var større for epler lagret ved 3 og 5 °C enn 1 °C, og vekttapet ved 5 °C var større enn ved 3 °C etter andre og fjerde periode (p -verdier $< 0,001 - 0,002$) (Tabell 3). For

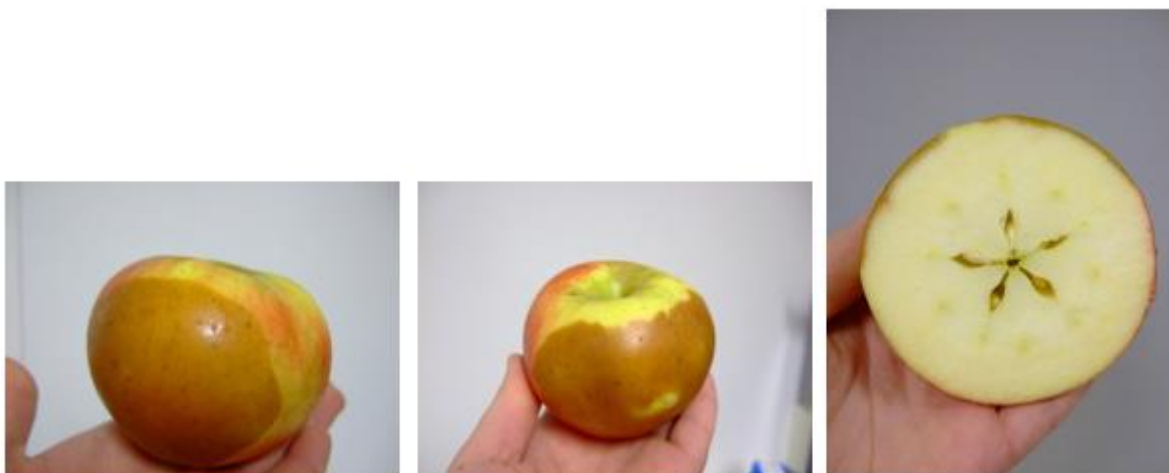
eplene lagret ved 3 og 5 °C var vekttapet størst i fjerde lagringsperiode ($p < 0,001$). Det var ellers ingen forskjeller i vekttap innen de ulike lagringstemperaturene.

Tabell 3. Gjennomsnittlig vekttap (%) ved 1, 3 og 5 °C i de ulike lagringsperiodene. Ulike bokstaver i hver av lagringsperiodene viser statistiske forskjeller mellom de ulike lagringstemperaturene.

Lagringstemperatur	Lagringsperiode			
	1 (sept.-okt.)	2 (okt.-nov.)	3 (nov.-des.)	4 (des.-jan.)
1 °C	1,09 b	0,85 c	0,83 b	1,03 c
3 °C	1,82 a	1,39 b	1,34 a	2,22 b
5 °C	1,67 a	1,68 a	1,34 a	3,38 a

4.2.2. Uttak etter en måned

Ved første uttak viste eplene som var lagret ved 1 °C tegn på kjøleskade. Av eplene lagret ved denne temperaturen hadde 5,2 % (11 av 210 epler) utviklet skåld etter en måneds lagring (Figur 4).



Figur 4. Skåld hos epler etter en måneds lagring ved 1 °C. Skåld ses som avgrensede lysebrune felt på eplet, gjerne på deler av eplet uten dekkfarge. Når eplet ble delt i to, viste skålden seg som et tynt brunt lag rett under skallet. Foto: Aud Ingeborg Stuestøl.

Eplene lagret ved 1 °C hadde også noen tilfeller av innsunkne råteflekker (Figur 5) gjennom lagringsperioden. Dette ble bare funnet hos to epler, og innsunkne råteflekker ble derfor ikke sett på som et generelt problem under dette lagringsforsøket.



Figur 5. Innsunken råte på epler etter en måneds lagring ved 1 °C. Foto: Aud Ingeborg Stuestøl.

Eplene lagret ved 3 og 5 °C hadde ikke synlige skader som følge av for lave temperaturer, men 1,4 % (3 av 210) av eplene lagret ved 3 °C hadde utviklet ulike former for råte.

Eplene lagret ved 5 °C viste tegn på å ha blitt påvirket av høy lagringstemperatur. Disse eplene hadde små brune prikker i skallet, og det hadde begynt å utvikle seg råte rundt prikkene (Figur 6). Utviklingen av råte gjorde at 2,4 % (5 av 210) av eplene ble fjernet.



Figur 6. Epler med brune prikker i skallet etter en måneds lagring ved 5 °C. Foto: Aud Ingeborg Stuestøl.

4.2.3. Uttak etter to måneder

Ved andre uttak var det generelt lite skade på eplene lagret ved 1 og 3 °C, men 2,4 % (4 av 166) av eplene lagret ved 1 °C og 1,7 % (3 av 177) av eplene lagret ved 3 °C ble fjernet grunnet råte eller skåld. Det ble fjernet 2,9 % (5 av 170) av eplene lagret ved 5 °C grunnet råte. Eplene fremsto ellers likt som ved første uttak. Fortsatt var eplene lagret ved 5 °C de med mest visuelle feil i skallet.

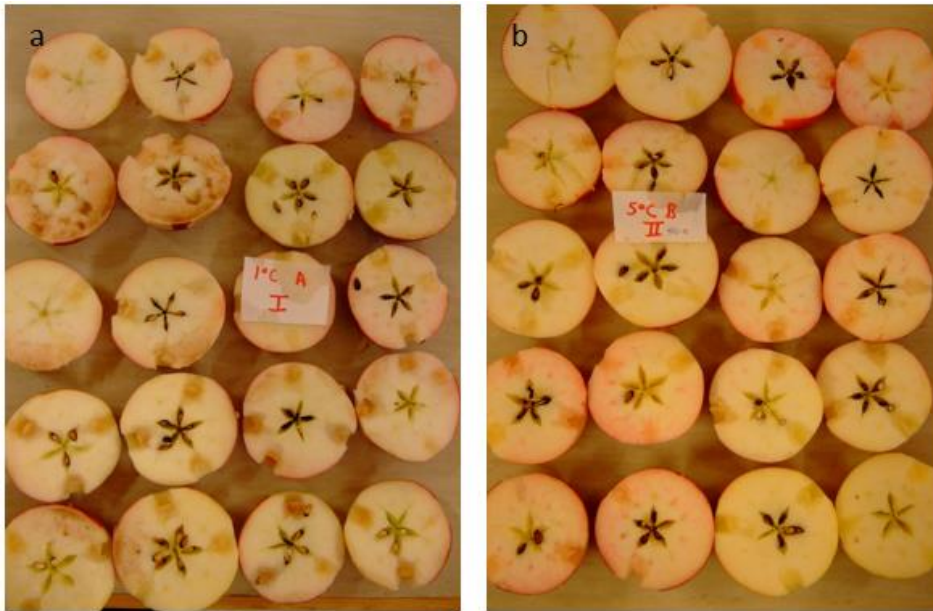
4.2.4. Uttak etter tre måneder

Etter tre måneders lagring viste eplene en klar endring i ytre kvalitet. Lagring ved 1 °C hadde ført til at mange av eplene var blitt myke med indre brunfarging (Figur 7a), og totalt ble hele 19,7 % (26 av 132) av eplene sortert bort før analyseeplene kunne tas ut. Ved 3 °C var det også myke epler, litt råte og eplene hadde begynt å skrumpe, og 7,6 % (11 av 144) av eplene ble sortert bort. Eplene lagret ved 5 °C viste også tendens til å begynne å bli skrumpe og noen var myke med indre brunfarging (Figur 7b), og 4,3 % (6 av 149 epler) ble sortert bort før uttak av analyseepler.



Figur 7. Myke epler med indre brunfarging, lagret i tre måneder ved 1 °C (a) og 5 °C (b). Foto: Aud Ingeborg Stuestøl.

Da eplene ble delt på tvers kunne det også ses forskjeller mellom de ulike lagringstemperaturene (Figur 8). Eplene lagret ved 1 °C ble tydelig mer og raskere brunfarget i sårene fra fasthetsmålingene grunnet oksidering, enn eplene lagret ved 5 °C.



Figur 8. Tverrsnitt etter fasthetsmåling. Ulikheter i oksidering i epler lagret i tre måneder ved 1 °C (a) og 5 °C (b). Foto: Aud Ingeborg Stuestøl.

4.2.5. Uttak etter fire måneder

Etter fire måneders lagring var kvaliteten på eplene sterkt forringet. Ved 1 °C ble hele 39,0 % (30 av 77) av eplene sortert bort grunnet svært lav motstand mot trykk og indre brunfarging (Figur 9). Eplene lagret ved 3 °C var noe finere, men 9,7 % (10 av 103) av eplene ble fjernet av samme grunn. Av de gjenværende eplene ved 3 °C som ikke ble sortert ut, var 38,7 % (36 av 93) av eplene fortsatt nokså myke, men ble likevel akseptert til analyse.

Ved 5 °C ble 3,9 % (4 av 104) av eplene sortert bort grunnet råte. Resten av eplene ble beholdt for å ha et utvalg av epler til analyse, selv om de var skrumpne og den ytre kvaliteten egentlig var for dårlig til å bli tatt med videre. De fineste eplene ble valgt til videre analyse.

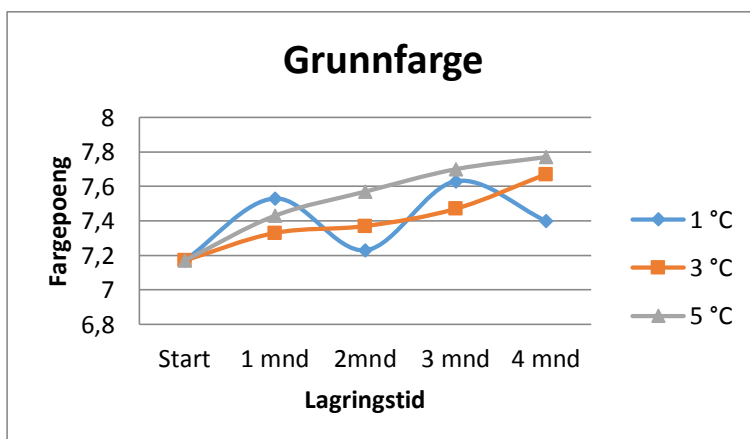


Figur 9. Indre brunfarging hos myke epler lagret i fire måneder ved 1 °C. Foto: Aud Ingeborg Stuestøl.

4.2.6. Farge

Grunnfargen til eplene lagret ved 3 og 5 °C var blitt gulere etter fire måneders lagring (Figur 10 og Tabell 4). Ved 5 °C hadde det skjedd en endring allerede etter to måneder. For eplene lagret ved 1 °C ble det også funnet endringer i grunnfarge, men her svingte verdiene, og det var ikke noen klar utvikling gjennom lagringsperioden.

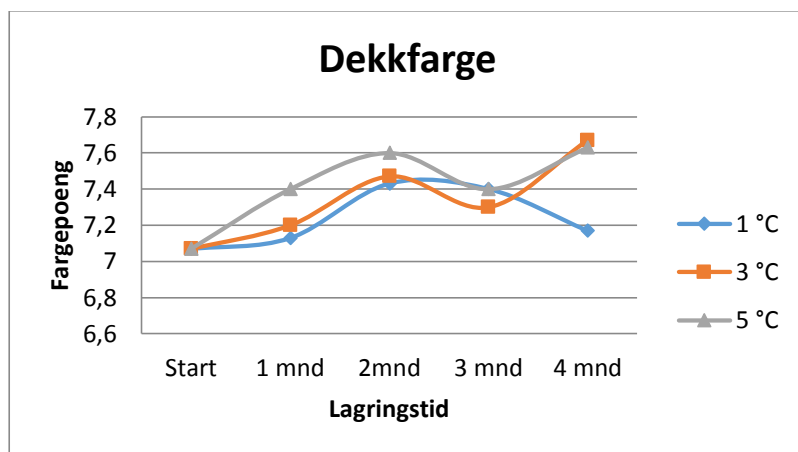
Ved sammenlikning av grunnfargen til eplene lagret ved ulike temperaturer var det kun forskjell etter to måneders lagring, hvor 5 °C var høyere enn 1 °C ($p = 0,018$) (Figur 10).



Figur 10. Endring av grunnfarge hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

Andel dekkfarge til eplene lagret ved 3 °C hadde økt etter fire måneders lagring (Figur 11 og Tabell 4). Det ble imidlertid ikke funnet endringer ved 1 og 5 °C.

Ved sammenlikning av dekkfarge til eplene lagret ved ulike temperaturer var det ikke forskjeller (alle p -verdier $> 0,05$) (Figur 11).



Figur 11. Endring av dekkfarge hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

Tabell 4. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for grunnfarge og dekkfarge for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

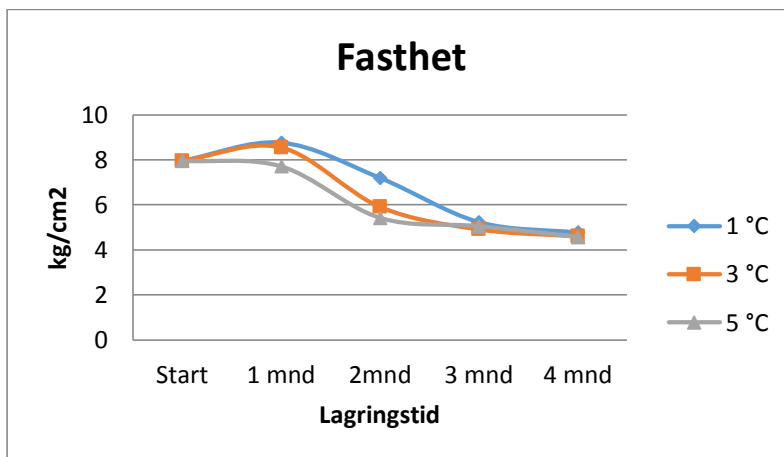
Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
Grunnfarge (1-8)	1	7,17 \pm 0,06 c	7,53 \pm 0,21 ab	7,23 \pm 0,06 bc	7,63 \pm 0,15 a	7,40 \pm 0,10 abc	**
	3	7,17 \pm 0,06 b	7,33 \pm 0,12 ab	7,37 \pm 0,06 ab	7,47 \pm 0,15 ab	7,67 \pm 0,32 a	*
	5	7,17 \pm 0,06 b	7,43 \pm 0,15 ab	7,57 \pm 0,15 a	7,70 \pm 0,17 a	7,77 \pm 0,15 a	**
Dekkfarge (1-9)	1	7,07 \pm 0,12 a	7,13 \pm 0,25 a	7,43 \pm 0,12 a	7,40 \pm 0,46 a	7,17 \pm 0,15 a	i.s.
	3	7,07 \pm 0,12 b	7,20 \pm 0,20 ab	7,47 \pm 0,15 ab	7,30 \pm 0,10 ab	7,67 \pm 0,35 a	*
	5	7,07 \pm 0,12 a	7,40 \pm 0,40 a	7,60 \pm 0,17 a	7,40 \pm 0,17 a	7,63 \pm 0,35 a	i.s.

4.2.7. Fasthet

Fastheten i eplene lagret ved 1 °C hadde økt etter en måned, men avtatt etter to, og avtatt videre etter tre måneders lagring (Figur 12 og Tabell 5). Ved 3 °C hadde fastheten avtatt etter to måneders lagring og videre etter tre måneder. For både 1 og 3 °C var det ingen signifikant forskjell mellom tre og fire måneders lagring. Ved 5 °C hadde fastheten avtatt etter to og fire måneders lagring. Ved de resterende uttakene hadde det ikke skjedd noen endring i fasthet innen lagringstemperaturen.

Ved sammenlikning av fastheten til eplene lagret ved ulike temperaturer var 1 °C høyere enn 5 °C etter en måned, og 1 °C var høyere enn 3 og 5 °C etter to måneders lagring (Figur 12) (p -verdier $< 0,001 - 0,035$).

Fastheten synes å avta tidligere for epler lagret ved 5 °C (Figur 12). Etter en måned var fastheten 7,71 kg/cm² for eplene lagret ved 5 °C, mens dette nivået ble nådd etter to måneder for eplene lagret ved 1 °C (7,2 kg/cm²). Etter to måneder var fastheten 5,42 kg/cm² for eplene lagret ved 5 °C, mens dette nivået ble nådd etter tre måneder for eplene lagret ved 3 °C (5,24 kg/cm²) (Tabell 5).



Figur 12. Utvikling i fasthet hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

Tabell 5. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for fasthet for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
Fasthet (kg/cm ²)	1	7,96 \pm 0,19 b	8,76 \pm 0,12 a	7,20 \pm 0,36 b	5,24 \pm 0,36 c	4,77 \pm 0,36 c	***
	3	7,96 \pm 0,19 a	8,55 \pm 0,51 a	5,91 \pm 0,12 b	4,91 \pm 0,10 c	4,60 \pm 0,27 c	***
	5	7,96 \pm 0,19 a	7,71 \pm 0,42 a	5,42 \pm 0,21 b	5,05 \pm 0,20 bc	4,57 \pm 0,32 c	***

4.3. Indre kvalitet

4.3.1. Stivelse

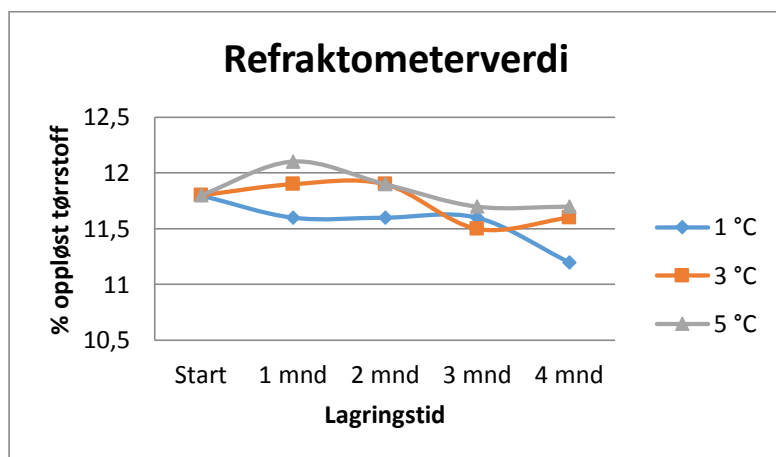
Gjennomsnittlig verdi for stivelse i eplene var ved innlagring 6,17 (Figur 13). Etter en måneds lagring var verdien 10 for alle temperaturene. Verdien 10 tilsa at det ikke var noe stivelse igjen i eplene.



Figur 13. Stivelsesmåling i 'Discovery' ved innlagring i september. Foto: Aud Ingeborg Stuestøl.

4.3.2. Refraktometerverdi

Refraktometerverdien i eplene hadde ikke endret seg gjennom lagringsperioden for noen av lagringstemperaturene (Figur 14 og Tabell 6). Det ble heller ikke funnet forskjeller ved sammenlikning av de ulike lagringstemperaturene innen lagringsperiodene (alle p -verdier $> 0,05$).



Figur 14. Utvikling av refraktometerverdi hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

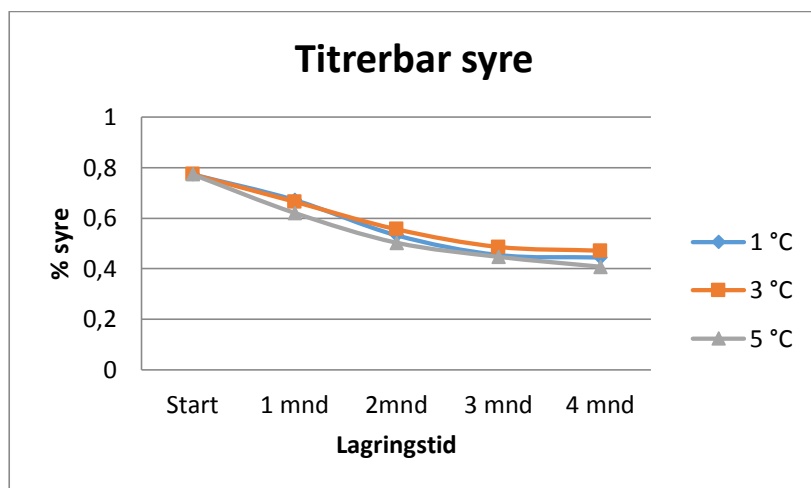
Tabell 6. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for refraktometerverdi for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
Refraktometerverdi (oppløst tørrstoff, %)	1	11,83 \pm 0,32 a	11,57 \pm 0,23 a	11,57 \pm 0,49 a	11,57 \pm 0,23 a	11,17 \pm 0,21 a	i.s.
	3	11,83 \pm 0,32 a	11,90 \pm 0,36 a	11,87 \pm 0,23 a	11,47 \pm 0,31 a	11,57 \pm 0,31 a	i.s.
	5	11,83 \pm 0,32 a	12,13 \pm 0,21 a	11,90 \pm 0,17 a	11,73 \pm 0,12 a	11,67 \pm 0,25 a	i.s.

4.3.3. Titrerbar syre og pH

Innholdet av titrerbar syre hadde avtatt for alle lagringstemperaturer etter to måneders lagring (Figur 15 og Tabell 7). Ved senere uttak hadde det ikke skjedd noen endring. Ved tre måneders lagring var mengden titrerbar syre nær halvert for alle lagringstemperaturene (Tabell 7).

Ved sammenlikning av titrerbar syre mellom de ulike lagringstemperaturene var det ingen forskjell (alle p -verdier $> 0,05$) (Figur 15).



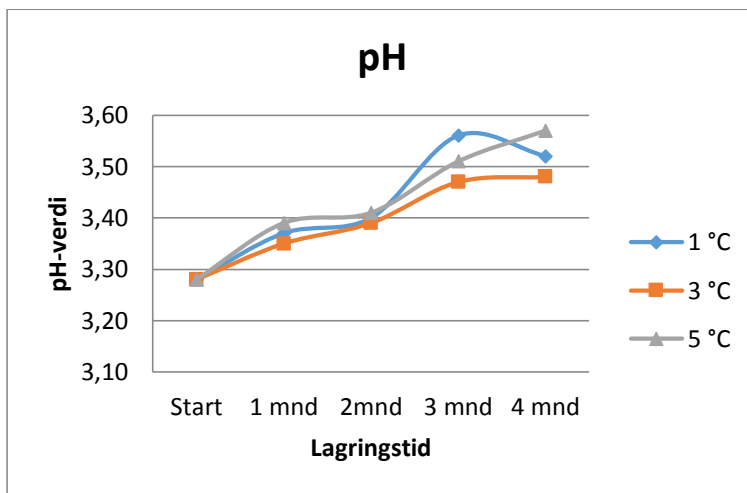
Figur 15. Endring av titrerbar syre hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

Tabell 7. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for titrerbar syre for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
Titrerbar syre (%)	1	0,77 \pm 0,25 a	0,67 \pm 0,07 ab	0,53 \pm 0,10 bc	0,46 \pm 0,05 c	0,45 \pm 0,06 c	***
	3	0,77 \pm 0,25 a	0,67 \pm 0,03 ab	0,56 \pm 0,04 bc	0,49 \pm 0,03 c	0,47 \pm 0,05 c	***
	5	0,77 \pm 0,25 a	0,62 \pm 0,09 ab	0,50 \pm 0,07 bc	0,45 \pm 0,05 bc	0,41 \pm 0,05 c	***

pH hadde økt for alle lagringstemperaturer etter tre måneders lagring (Figur 16 og Tabell 8). Etter fire måneders lagring var det ikke skjedd videre endringer i pH. Eplene lagret ved 1 °C hadde først en økning i pH etter to måneders lagring, deretter økt videre etter tre måneder. For eplene lagret ved 5 °C hadde pH økt allerede etter en måneds lagring og økt videre frem til tre måneder.

Ved sammenlikning av pH for eplene lagret ved ulike temperaturer var det kun forskjell etter fire måneders lagring hvor 5 °C var høyere enn 3 °C ($p = 0,044$) (Figur 16).



Figur 16. Endring av pH hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

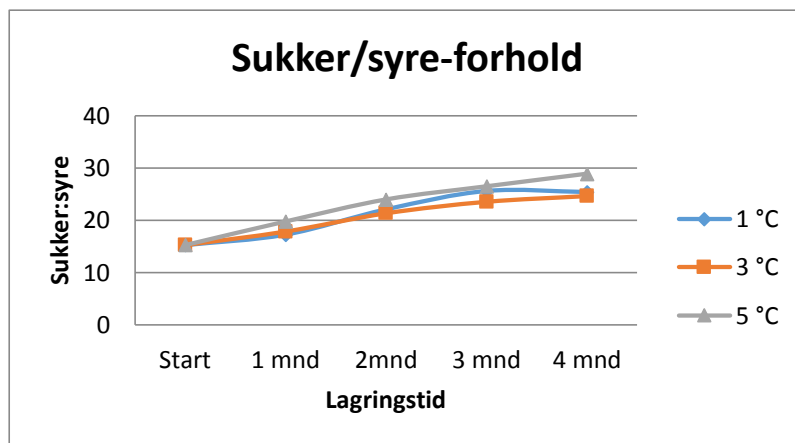
Tabell 8. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for pH for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
pH	1	3,28 \pm 0,04 c	3,37 \pm 0,04 bc	3,40 \pm 0,03 b	3,56 \pm 0,06 a	3,52 \pm 0,01 a	***
	3	3,28 \pm 0,04 c	3,35 \pm 0,04 bc	3,39 \pm 0,06 abc	3,47 \pm 0,03 ab	3,48 \pm 0,06 a	***
	5	3,28 \pm 0,04 c	3,39 \pm 0,04 b	3,41 \pm 0,05 b	3,51 \pm 0,02 a	3,57 \pm 0,01 a	***

4.3.4. Sukker/syre-forhold

Forholdet mellom sukker og syre økte etter to måneders lagring for alle lagringstemperaturene (Figur 17 og Tabell 9). Ved senere uttak var det ingen endringer for noen av temperaturene.

Ved sammenlikning av forholdet mellom sukker og syre mellom de ulike lagringstemperaturene ble det ikke funnet signifikante forskjeller (alle p -verdier $> 0,05$) (Figur 17).



Figur 17. Utvikling av forholdet mellom sukker og syre hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

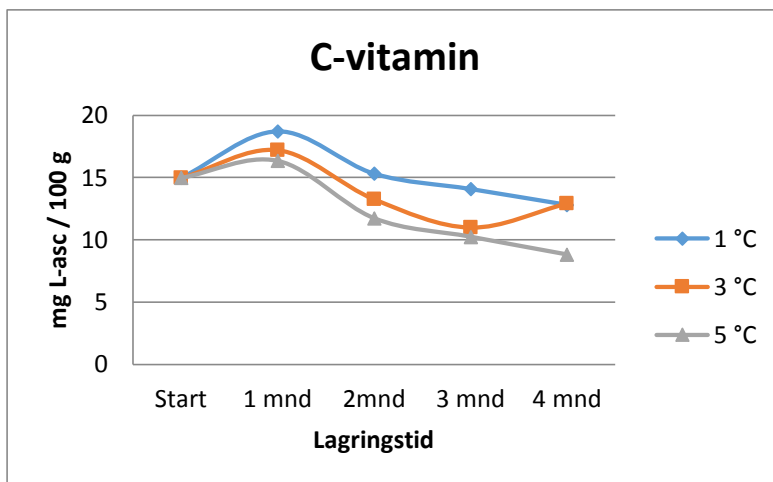
Tabell 9. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for forhold mellom sukker og syre for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
Sukker:syre	1	15,33±0,64 c	17,30±1,52 bc	22,17±3,54 ab	25,63±2,61 a	25,37±2,93 a	***
	3	15,33±0,64 c	17,93±0,57 bc	21,43±1,40 ab	23,63±0,98 a	24,73±2,66 a	***
	5	15,33±0,64 c	19,83±2,69 bc	23,97±3,30 ab	26,50±2,90 ab	28,88±3,25 a	***

4.3.5. C-vitamin

Innholdet av L-askorbinsyre i eplene lagret ved 1 °C hadde avtatt fra en til fire måneders lagring (Figur 18 og Tabell 10). For eplene lagret ved 3 °C var det ingen signifikante forskjeller i mengde L-askorbinsyre, men Tukey-testen viste likevel en nedgang i mengde fra en til tre måneders lagring (Tabell 10). Innholdet i eplene lagret ved 5 °C hadde avtatt fra en til tre måneders lagring og viste også en reduksjon fra start til fire måneders lagring.

Ved sammenlikning av mengde L-askorbinsyre for eplene lagret ved ulike temperaturer ble det ikke funnet signifikante forskjeller (alle p -verdier $> 0,05$) (Figur 18).



Figur 18. Endringer av C-vitamininnhold hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

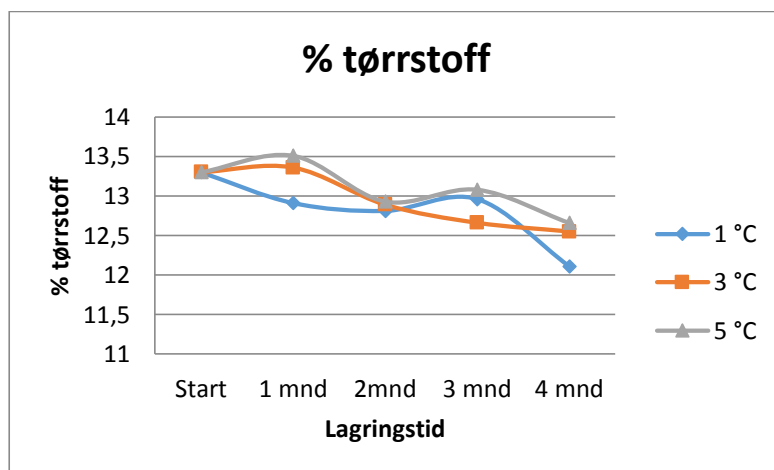
Tabell 10. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for C-vitamin (L-askorbinsyre) for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
C-vitamin (mg L-askorbinsyre /100 g)	1	14,98 \pm 1,57 ab	18,71 \pm 2,39 a	15,31 \pm 2,07 ab	14,08 \pm 0,45 ab	12,81 \pm 2,04 b	*
	3	14,98 \pm 1,57 ab	17,22 \pm 4,58 a	13,27 \pm 0,45 ab	11,00 \pm 0,46 b	12,93 \pm 1,64 ab	i.s.
	5	14,98 \pm 1,57 ab	16,35 \pm 1,45 a	11,73 \pm 2,85 abc	10,24 \pm 2,59 bc	8,81 \pm 1,45 c	**

4.3.6. Tørrstoff

Andel tørrstoff i eplene lagret ved 1 °C hadde avtatt etter fire måneders lagring (Figur 19 og Tabell 11). For eplene lagret ved 5 °C hadde andel tørrstoff avtatt fra en til fire måneders lagring. Mellom de resterende uttakene var det ikke forskjeller innen noen av lagringstemperaturene.

Ved sammenlikning av andel tørrstoff i eplene lagret ved ulike temperaturer ble det ikke funnet signifikante forskjeller (alle p -verdier $> 0,05$) (Figur 19).



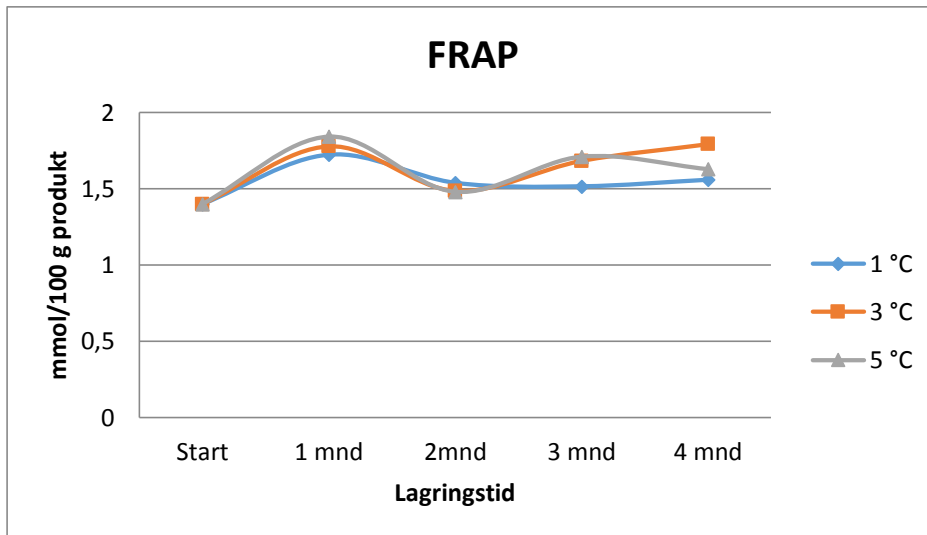
Figur 19. Endringer i tørrstoffprosent hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre parallellene innen hver temperatur.

Tabell 11. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for tørrstoff (%) for hver av temperatuene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
Tørrstoff (%)	1	13,30 \pm 0,28 a	12,91 \pm 0,32 a	12,81 \pm 0,42 ab	12,96 \pm 0,15 a	12,12 \pm 0,23 b	**
	3	13,30 \pm 0,28 a	13,36 \pm 0,46 a	12,89 \pm 0,35 a	12,66 \pm 0,51 a	12,55 \pm 0,64 a	i.s.
	5	13,30 \pm 0,28 ab	13,51 \pm 0,21 a	12,93 \pm 0,18 ab	13,08 \pm 0,04 ab	12,66 \pm 0,44 b	*

4.3.7. Antioksidantaktivitet (FRAP)

Antioksidantaktiviteten i eplene lagret ved 1 og 5 °C viste ingen signifikant endring gjennom lagringsperioden (Figur 20 og Tabell 12). For eplene lagret ved 3 °C ble det funnet signifikante forskjeller, men Tukey-testen kunne ikke vise hvor forskjellene var (Tabell 12). Det ble heller ikke funnet forskjeller ved sammenlikning av de ulike lagringstemperaturene (alle p -verdier $> 0,05$).



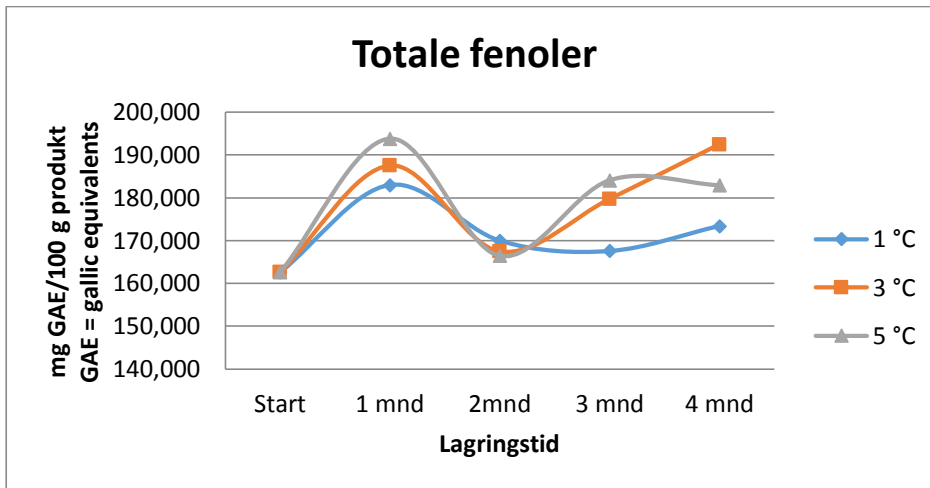
Figur 20. Endringer i antioksidantaktivitet (FRAP) hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre gjentakene og parallellene innen hver temperatur.

Tabell 12. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for antioksidantaktivitet (FRAP) for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
FRAP (mmol/100 g)	1	1,40±0,10 a	1,72±0,09 a	1,54±0,06 a	1,52±0,23 a	1,56±0,19 a	i.s.
	3	1,40±0,10 a	1,78±0,20 a	1,49±0,13 a	1,68±0,20 a	1,79±0,14 a	*
	5	0,40±1,10 a	1,84±0,03 a	1,48±0,15 a	1,71±0,33 a	1,63±0,15 a	i.s.

4.3.8. Totale fenoler

Mengde totale fenoler i eplene viste ingen signifikant endring gjennom lagringsperioden for noen av lagringstemperaturene (Figur 21 og Tabell 13). Det ble heller ikke funnet forskjeller ved sammenlikning av de ulike lagringstemperaturene (alle p -verdier $> 0,05$).



Figur 21. Mengde og utvikling av totale fenoler hos 'Discovery' lagret ved ulike temperaturer. Verdiene er gjennomsnittstall fra de tre gjentakene og parallellene innen hver temperatur.

Tabell 13. Gjennomsnittlige måleverdier (\pm SD) for totale fenoler for hver av temperaturene 1, 3 og 5 °C. Effekt av lagringstid ble analysert ved ANOVA enveis variansanalyse med 95 % konfidensintervall og Tukey-test hvor p angir i.s. = ikke signifikant, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ og *** = $p \leq 0,001$. Ulike bokstaver viser statistisk forskjellige verdier.

Kvalitetsfaktor	Temp.	Start	Lagringstid				p
			1 mnd	2 mnd	3 mnd	4 mnd	
Totale fenoler (mg GAE/100g)	1	162,59±6,33 a	182,97±8,63 a	169,99±3,96 a	167,57±18,71 a	173,39±17,16 a	i.s.
	3	162,59±6,33 a	187,51±13,6 a	167,49±10,13 a	179,69±16,38 a	192,44±13,00 a	i.s.
	5	162,59±6,33 a	193,83±2,87 a	166,46±14,96 a	184,10±25,94 a	182,94±13,82 a	i.s.

5. Diskusjon

5.1. Generell diskusjon

Det utførte forsøket viste at lagring av epler ved forskjellige temperaturer påvirket kvaliteten ulikt. Ved vurdering av den ytre kvaliteten holdt eplene et akseptabelt nivå etter en og to måneders lagring, men eplene så ut til å tåle lagring ved 3 °C best. Lagring ved 1 °C resulterte i utvikling av noe skåld etter en måneds lagring, mens eplene lagret ved 5 °C hadde mer visuelle feil i skallet enn eplene lagret ved de andre temperaturene. Etter tre måneders lagring viste alle eplene begynnende tegn på for lang lagringstid, ved lav motstand mot trykk eller at de var blitt skrumpne i skallet. Etter fire måneders lagring hadde dette utviklet seg videre.

Forekomsten av myke og skrumpne epler kan ses i sammenheng med fastheten i eplene, som gikk ned etter to måneders lagring og ble redusert videre utover i lagringsperioden. Nedgangen gikk raskest for eplene lagret ved 5 °C, mens eplene lagret ved 1 °C beholdt høy fasthet lengst ut i lagringsperioden. Nedgangen i fasthet skyldes de pågående biologiske prosessene i eplet, som går raskere ved høyere temperaturer (Wills et al. 2007). De biologiske prosessene i eplet førte også til at det ikke var noe stivelse igjen i eplene etter en måned, men det ble ikke funnet forskjeller i refraktometerverdi mellom de ulike lagringstemperaturene utover i lagringsperioden. Det ble derimot funnet nedgang i syreinnhold etter to måneders lagring for alle temperaturene, som resulterte i et høyere sukker/syre-forhold til samme tid. pH økte også utover i lagringsperioden, mens innholdet av C-vitamin ble redusert. Det ikke ble funnet signifikante forskjeller i innhold av antioksidanter eller totale fenoler gjennom lagringsperioden.

5.2. Temperaturpåvirkninger på den ytre kvaliteten

Eplene lagret ved 1 °C viste tidlig tegn på for lav lagringstemperatur ved at det ble funnet flere tilfeller av skåld etter en måneds lagring. Etter to måneder var det derimot få ytterligere feil på eplene, trolig på grunn av at de eplene som var utsatt for å utvikle skåld under lagring allerede var sortert bort. Ved 3 og 5 °C var det ingen tilfeller av skåld, noe som motstrider funnene til Fidler et al. (1973), hvor høyere lagringstemperaturer førte til raskere utvikling av skåld. Tilfellene av skåld var avgrenset til deler av eplet uten dekkfarge, noe som også er vist av Kupferman (2001). Kupferman (2001) viste også at mindre modne epler har lettere for å utvikle skåld. Årsaken til at

skåld hovedsakelig oppsto på deler av eplet uten dekkfarge kan derfor tyde på at umodent vev tåler lave lagringstemperaturer dårligere enn mer modne deler av eplet. Dette er en viktig grunn til at eplene ikke må høstes for tidlig, men tidlig høsting var trolig ikke utslagsgivende i dette forsøket siden eplene ble høstet ved en forholdsvis lav Streif-indeks (0,11). Det er mer sannsynlig at den lave lagringstemperaturen var årsaken til utviklingen av skåld siden det ikke ble funnet tilfeller ved de andre temperaturene. Etter tre og fire måneders lagring ved 1 °C var den ytre kvaliteten generelt for dårlig for salg, da store deler av eplene følte myke utenpå og flere av eplene var brune inni. Dette kom trolig av for lang tids lagring ved for lav temperatur. For å opprettholde god nok kvalitet for salg bør derfor ikke 'Discovery' lagres ved så lav temperatur over lengre tid. Lave lagringstemperaturer reduserer hastigheten på biologiske prosesser og utviklingen av visse typer råte (Sugar 2002), men for lave lagringstemperaturer kan føre til utvikling av andre skader på eplene, slik som utvikling av skåld i dette forsøket.

Eplene lagret ved 3 °C hadde generelt god kvalitet de to første månedene på lager. Noen tilfeller av råte etter en og to måneders lagring kan ha kommet av patogener som allerede var til stede ved høsting, men som ikke var synlige ved sortering av eplene før innlagring. Etter tre måneders lagring hadde noen av eplene lavere motstand mot trykk og begynte å bli skrumpne. Dette hadde utviklet seg videre etter fire måneder og gjorde kvaliteten uakseptabel. For lang tids lagring slik at modningsprosessen har gått for langt, kan ha hatt innvirkning på fastheten i eplet, og kan tilsi at sorten ikke tåler lagring i tre måneder ved denne temperaturen. Økt forekomst av skrumpne epler kan ha kommet av den naturlig økte transpirasjonen ved høyere lagringstemperatur, men en medvirkende årsak kan ha vært den sterke nedgangen i relativ fuktighet (RF) i lagerrommet i den aktuelle lagringsperioden (Vedlegg 3). Luftfuktigheten burde vært stabil på over 90 %, men etter ca. 2,5 måned gikk den ned til ca. 80 %, for så å være ustabil resten av lagringstiden.

Eplene lagret ved 5 °C hadde mer visuelle feil i skallet i form av brune prikker, sammenliknet med eplene som var lagret ved de lavere temperaturene. Disse skadene hadde oppstått allerede etter en måneds lagring. Kvaliteten på eplene var ellers bra, men det ble funnet noe råte både etter en og to måneders lagring, men ikke flere tilfeller enn ved de andre temperaturene. Resultatene tyder på at denne lagringstemperaturen var for høy for å beholde god ytre kvalitet. Økt forekomst av brune prikker i skallet kan skyldes at den forholdsvis høye lagringstemperaturen la forholdene til rette for vekst av visse patogener som ikke ble sett ved sorteringen før innlagring. Det at samme slags skade ikke ble sett ved de lavere temperaturene, kan skyldes at disse patogenene hadde et visst krav til temperatur for å kunne utvikle seg. God sortering før innlagring er uansett svært viktig for å unngå oppblomstring av patogener under lagring. Etter tre måneders lagring ved 5 °C var noen

av eplene myke med indre brunfarging, i tillegg hadde eplene begynt å skrumpe. Dette hadde utviklet seg videre frem til fire måneders lagring, da eplene var blitt svært skrumpte og myke. Den høye forekomsten av skrumpte og myke epler etter tre og fire måneder kommer mest sannsynlig av at de biologiske prosessene hadde gått for langt. Dette skjer raskere ved høyere lagringstemperaturer (Wills et al. 2007), hvor eplene bryter sammen og kvaliteten av den grunn blir sterkt forringet. Høy lagringstemperatur og sterke svingninger i RF gjennom lagringsperioden, og til slutt nedgang i RF til under 90 % etter 2,5 måned, kan ha vært medvirkende til skrumpte epler grunnet økt vanntap.

Det kan se ut til at temperaturstyringen i lagerrommene som holdt 1 og 3 °C ble påvirket av en ekstern faktor siden den var så ustabil (Vedlegg 2). Ved lagring av levende produkter vil det produseres varme som følge av respirasjon. Selv om hastigheten på respirasjonen reduseres ved lavere temperaturer, kan den lille varmeproduksjonen som skyldes respirasjon i de lagrede eplene likevel ha påvirket temperaturreguleringen. De stabile målingene gjort ved 5 °C tyder derimot på at eplenes respirasjon ikke har påvirket temperaturstyringen ved denne temperaturen, men det kan hende at varmeproduksjonen fra eplene kan ha større virkning ved lavere temperaturer.

Svingningene i RF ved 3 og 5 °C (Vedlegg 3) kan ha kommet av at eplene transpirerte mer ved høyere temperaturer og på den måten påvirket styringen av luftfuktigheten i kjølerommene. Det kan også tenkes at sensorene som styrte reguleringen av luftfuktighet ikke var så følsomme som de burde.

Det ble funnet høyere vekttap hos eplene lagret ved 3 og 5 °C sammenliknet med 1 °C. Dette er en naturlig konsekvens av økt respirasjon og transpirasjon ved høyere temperaturer, men påvirkes trolig også av nedgangen i RF i disse lagerrommene. CA-lagring har i tidligere forsøk med 'Aroma' og 'Summered' ført til redusert vekttap i forhold til lagring i naturlig atmosfære (Kavara 1998; Remberg et al. 2010).

Grunnfargen på eplene lagret ved 3 og 5 °C hadde en svak utvikling mot gulere farge utover i lagringsperioden som følge av den pågående modningsprosessen. Tidligere forsøk med 'Aroma' har vist at grunnfargen ble gulere etter fire måneders lagring ved 1 °C (Remberg et al. 2006). 'Discovery'-eplene lagret ved 1 °C hadde derimot unaturlig svingende verdier, og ingen tegn på utvikling gjennom lagringsperioden (Figur 10). Resultatene ga forskjeller mellom 1 og 5 °C etter to måneder, men svingningene ved 1 °C kan ha vært skyld i dette. Svingningene kan skyldes utvalget av analyseepler eller at det var vanskelig å bedømme grunnfargen riktig ut fra

fargeskalaen. Det konkluderes derfor med at ulike lagringstemperaturer sannsynligvis ikke påvirket grunnfargen i dette forsøket.

Dekkfargen på eplene ble ikke påvirket av lagringstemperatur. Det var forventet at dekkfargen heller ikke skulle påvirkes av lagringstid siden utvikling av dekkfarge er avhengig av UV-stråler fra sola (Merzlyak et al. 2002). Variasjon i dekkfarge kan forekomme ved ulike lysforhold gjennom vekstsesongen, hvor mengde sollys på hvert enkelt eple er avgjørende. Siden eplene høstes fra ulike trær vil det være naturlige variasjoner i mengde dekkfarge, og ved sortering før innlagring kan epler fra et tre med god tilgang til sollys bli plassert ved samme lagringstemperatur. Endringen i dekkfarge gjennom lagringsperioden for eplene lagret ved 3 °C kan ha oppstått som følge av variasjon i eplene som ble lagt til lagring, uten at lagringstid påvirket fargen. Vurdering av dekkfarge ble også gjort visuelt, noe som kan ha ført til variasjon i resultatene ved de ulike uttakene.

Nedgangen i fasthet gjennom lagringsperioden er en naturlig konsekvens av den pågående modningsprosessen som til enhver tid skjer i eplet, hvor blant annet omdanning av pektin fører til at cellene bindes løsere sammen (Kavara 1998). Lave temperaturer gjør at biologiske prosesser går saktere, og med det følger at fastheten avtar saktere ved lavere temperaturer. Etter en måned hadde eplene lagret ved 1 °C høyere fasthet enn eplene lagret ved 3 °C, samt høyere enn eplene lagret ved 5 °C etter en og to måneder. Remberg et al. (2010) har også vist, ved lagring av 'Summerred', at fastheten var høyere etter lagring ved 1 °C, sammenliknet med 5 °C. Redusert nedgang i fasthet ved lavere lagringstemperatur er også vist av Magness & Carrick (1926, sitert av Landfald 1968). CA-lagring kan redusere hastigheten på modningen slik at fastheten sannsynligvis hadde holdt seg bedre ved lagring i CA (Kavara 1998; Remberg et al. 2006; Remberg et al. 2010).

Siden det er ønskelig at fastheten til et spisemodent eple skal ligge på 5-6 kg/cm² (Myren 2010) vil eplene, ifølge resultatene fra det gjennomførte forsøket, ha best spiseopplevelse ved lagring i tre måneder ved 1 °C, og ved to måneders lagring ved 3 og 5 °C (Tabell 5). 'Discovery' er imidlertid en sort som skal ha sprø konsistens (Opplysningskontoret for frukt og grønt 2013a), og for å beholde denne burde eplene vært konsumert innen en til to måneder. Sammenliknet med hva som er anbefalt var fastheten til eplene lagret ved 5 °C forholdsvis lav allerede etter to måneder. Ved lagring i denne temperaturen burde derfor eplene vært konsumert enda tidligere. Lengre lagring enn to måneder gjorde at eplene ved alle lagringstemperaturene mistet den karakteristiske sprø konsistensen, og dermed den ettertraktede spiseopplevelsen et fast eple gir. Nedgang i visuell kvalitet ved tre måneders lagring understreker også den reduserte spiseopplevelsen.

5.3. Temperaturpåvirkninger på den indre kvaliteten

Eplene ble høstet ved en Streif-indeks på 0,11, som er i nedre grense av den anbefalte indeksen på 0,09-0,16 ved høsting av 'Discovery' (Myren 2010). Streif-indeksen reduseres etter hvert som eplene modner grunnet lavere fasthet, høyere refraktometerverdi og lavere stivelsesinnhold. Innhøstingen i dette forsøket ble derfor trolig foretatt litt sent med tanke på optimal høstetid for lagring av eplene.

I følge Landfald (1968) burde høye lagringstemperaturer ha ført til raskere nedbryting av stivelse enn lavere temperaturer. I dette forsøket kom derimot alle lagringstemperaturene ut med like resultater, og nedbrytingen av stivelse var skjedd allerede etter en måneds lagring. Den tidlige nedbrytingen kan ha kommet av lavt stivelsesinnhold (6,17) ved starten av forsøket. Dette var så vidt innenfor de anbefalte verdiene ved innhøsting på 6,0-8,0 (Sognefrukt 2010), og indikerer at eplene burde vært høstet tidligere. Stivelsesinnholdet kunne da vært høyere og økt lagringspotensialet, da de biologiske prosessene i eplet tærer på lagerreservene.

Når stivelsen i eplene brytes ned til sukker, vil refraktometerverdien normalt stige i første del av lagringsperioden, og raskest ved høyere lagringstemperaturer (Landfald 1968). Slike observasjoner ble imidlertid ikke gjort i dette forsøket, trolig siden stivelsesinnholdet var så lavt ved innhøsting. CA-lagring er vist å føre til at nedbrytingen av stivelse går saktere og øker eplenes holdbarhet (Kavara 1998). Utover i lagringsperioden ville det også vært naturlig at respirasjonen i eplene førte til nedgang i refraktometerverdien, men dette ble heller ikke observert i forsøket. CA-lagring kan få nedgangen i refraktometerverdi til å gå saktere, da lavere konsentrasjon av oksygen reduserer respirasjonen som forbruker opparbeidede lagerreserver i eplet (Haffner et al. 1993, sitert av Opedal 1997). Forsøk med 'Aroma' og 'Summerred' har derimot ikke vist effekt av lagringsatmosfære på refraktometerverdi (Remberg et al. 2006; Remberg et al. 2010).

Eplene ble høstet ved en refraktometerverdi på 11,8 %, som er over grenseverdien på 10,3 % for å kunne klassifiseres som et Klasse I-eple. Ved tidligere innhøsting ville eplene hatt noe lavere refraktometerverdi. Den laveste refraktometerverdien som ble målt under hele forsøket var 11,0 % (Vedlegg 4). Fra norske publikasjoner fra perioden 1977-1996 lå gjennomsnittlig refraktometerverdi for 'Discovery' på 13,0 % ved innhøsting (Opedal 1997). Dette er høyt i forhold til resultatene fra årets forsøk, hvor de høyeste målingene av refraktometerverdi var på 12,3 % etter en måneds lagring ved 3 og 5 °C (Vedlegg 4), og tyder på at refraktometerverdien også kan variere med lokalitet og år.

Syreinnholdet i eplene var lavt sammenliknet med sukkerinnholdet, og viste en kraftig nedgang i lagringsperioden, men nedgangen var størst i starten. Det er også vist av Landfald (1968) at syreinnholdet reduseres mest når det er mye syre til stede. Nedgangen i syre skjer som følge av at det forbrukes syre i biologiske prosesser i eplet (Opedal 1997). Forholdet mellom sukker og syre i eplene økte utover i lagringsperioden siden nedgangen i syreinnhold var prosentmessig mye større enn endringene i refraktometerverdi. Forholdstallet lå innen de anbefalte verdiene på 18,0-20,0 etter en måneds lagring. Etter to måneder var forholdstallet i overkant av 20, mens det hadde økt ytterligere etter tre måneders lagring. Det syntes at sukker/syre-forholdet var høyere ved 5 °C sammenliknet med de andre temperaturene (Tabell 9), men forskjellene var ikke signifikante. Ved CA-lagring kan nedgangen i syreinnhold reduseres (Kavara 1998; Remberg et al. 2006), som kan holde forholdet mellom sukker og syre lavere og gjøre at eplene beholder god smak lenger.

pH-målingene var på mellom 3,28 og 3,57, som er i nedre grense for det som er normalt (3,36-4,25) (Lal Kausal & Sharma 1995). Økningen i pH utover i lagringsperioden kommer av at syreinnholdet i eplene reduseres, og stemmer overens med tidligere forsøk med sorten 'Aroma', hvor pH-verdien også økte (Kavara 1998). I det gjennomførte forsøket med 'Discovery' ble pH målt til å være høyere for 5 °C enn 3 °C etter fire måneder, noe som kan tyde på at forbruket av syre er høyere ved høyere lagringstemperatur. Høyere syreforbruk ved høyere lagringstemperatur ble likevel ikke observert i dette forsøket. Ved CA-lagring kan endringene i pH reduseres (Kavara 1998).

Innholdet av tørrstoff gikk ned etter fire måneder for eplene lagret ved 1 og 5 °C, men lå under hele lagringsperioden innenfor normalen på 10-15 % av friskvekta (Opedal 1997). Karbohydrater utgjør det meste av tørrstoffet i epler (Opedal 1997), og det ses en sammenheng mellom refraktometerverdi og tørrstoffinnhold i eplene (Figur 14 og 19). En del av nedgangen i tørrstoff kan skyldes forbruket av glukose under respirasjonen. Det var likevel ingen forskjell i refraktometerverdi gjennom lagringsperioden, og nedgangen i tørrstoff skyldes derfor trolig også reduksjon i andre stoffer.

5.4. Temperaturpåvirkninger på helsefremmende stoffer

Vanligvis skjer det en reduksjon i C-vitamin utover i lagringsperioden på grunn av oksidering av L-AA til DHA (Buescher et al. 1999). Tidligere lagringsforsøk med 'Summerred' har vist at innholdet av L-AA har vært lavere etter lagring ved 5 °C sammenliknet med 1 °C (Remberg et al.

2010). Det ble også sett indikasjoner på slike tilfeller i dette forsøket (Figur 18), men disse forskjellene var ikke signifikante. Remberg et al. (2010) fant også at CA-lagring hadde positiv effekt på bevaring av L-AA sammenliknet med lagring i naturlig atmosfære. Andre studier tyder imidlertid på det motsatte (Kavara 1998), og det trengs flere forsøk på dette feltet for å se sammenhengen mellom lagringsforhold (for eksempel temperatur og CA) og bevaring av L-AA.

Antioksidantaktiviteten i eplene var ikke påvirket av lagringstemperatur. Dette er også blitt vist ved lagring av 'Summerred', hvor hverken temperatur eller atmosfære hadde innvirkning på antioksidantaktiviteten (Remberg et al. 2010). Lagringsforsøk med blant annet 'Golden Delicious' og 'Elstar' har også vist liten effekt av lagring (Boyer & Liu 2004; van der Sluis et al. 2001). Lagringstid hadde heller ikke effekt på endring i antioksidantaktiviteten, men tidligere lagringsforsøk med 'Discovery' ved 1 °C i naturlig atmosfære har vist signifikant høyere FRAP etter fire måneder enn ved innlagring ($p = 0,004$) (Grønnerød, Kari (2013) pers. medd.). Det motsatte forholdet er vist ved lagring av 'Aroma', hvor det var skjedd en nedgang i antioksidantaktivitet etter fire måneders lagring (Remberg et al. 2006). De varierende resultatene i ulike forsøk tyder på at det fortsatt er usikkert hva som er den beste lagringsmetoden for å bevare antioksidantaktiviteten på best mulig måte.

Raskere brunfarging i sårene fra fasthetsmålingene etter tre måneders lagring ved 1 °C sammenliknet med 5 °C kom trolig av økt oksidering i eplene lagret ved 1 °C. En årsak til denne forskjellen kunne vært at antioksidantaktiviteten var lavere ved 1 enn 5 °C, men det ble ikke funnet signifikante forskjeller i dette forsøket. Forskjellen tyder derfor heller på at eplene lagret ved 1 °C hadde hatt det for kaldt. Lagring ved for lave temperaturer kan føre til brunfarging av fruktkjøttet (Salunkhe & Kadam 1995).

Det kan synes at antioksidantaktivitet og totale fenoler korrelerte (Figur 20 og 21). Dette er også vist av Liu et al. (2001), mens Kevers et al. (2011) fant det motsatte. Korrelasjon mellom antioksidantaktivitet og totale fenoler er et naturlig følge av at fenoler utgjør en stor del av antioksidantene i epler (Eberhardt et al. 2000).

6. Konklusjon

Resultatene fra dette forsøket viser at epler av sorten 'Discovery' ikke bør lagres i mer enn to måneder ved kjølelagring i naturlig atmosfære. Temperaturregulering i kjølerommet er viktig, da den ytre kvaliteten påvirkes av ulike lagringstemperaturer. Av lagringstemperaturene 1, 3 og 5 °C ga 3 °C den beste ytre kvaliteten. Lagring ved 1 °C var for kaldt og førte til utvikling av skåld, mens 5 °C førte til at andre visuelle feil ble mer fremtredende, og var trolig for høy lagringstemperatur. Eplenes indre kvalitet ble ikke i like stor grad påvirket av de ulike lagringstemperaturene. Det var kun fasthet som tydelig var påvirket av ulik lagringstemperatur, hvor fastheten var høyere for eplene lagret ved 1 °C enn 5 °C etter en måned, og høyere enn 3 og 5 °C etter to måneders lagring. Det ble også sett indikasjoner på gradvis lavere innhold av L-AA ved høyere lagringstemperatur. I tillegg syntes det at sukker/syre-forholdet var høyere ved 5 °C sammenliknet med de andre temperaturene og at fastheten avtok raskere ved høyere lagringstemperatur. Fasthet, titrerbar syre og sukker/syre-forhold gikk under anbefalte verdier etter to måneders lagring, noe som bekrefter konklusjonene fra ytre kvalitet, at 'Discovery' ikke bør lagres lengre enn to måneder, og da ved 3 °C for å bevare best mulig ytre kvalitet.

Forsøket ble utført i naturlig atmosfære, men CA-lagring kunne trolig påvirket flere av kvalitetsfaktorene positivt. Ved å redusere innholdet av oksygen og øke innholdet av karbondioksid i luften, reduseres hastigheten på respirasjonen i frukta. Dette kan føre til lengre holdbarhet på lager og også bedre bevaring av de ulike innholdsstoffene som er ønskelig i eplet. For å finne optimale lagringsforhold for 'Discovery', bør nye lagringsforsøk med ulike sammensetninger av lagringsatmosfæren gjennomføres. Samtidig bør ulike lagringstemperaturer testes, da eplene kan ha andre temperaturkrav ved endret atmosfære. Lagringsevnen til 'Discovery' er likevel til en viss grad begrenset, da det er en halvtidlig sort, men sortens popularitet blant konsumentene gjør det interessant å se hvor lenge den kan opprettholde god ytre og indre kvalitet på lager.

7. Kilder

- Aanderaa, R. & Fløistad, I. S. (2002). *Plantefysiologi*: Agropub: Netside for økologisk landbruk. Tilgjengelig fra: <http://www.agropub.no/id/9821> (lest 26. august 2013).
- Benzie, I. F. F. & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical biochemistry*, 239 (1): 70-76.
- Berner Jr, E. (2012). *Etylen - plantehormon*. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/etylen/plantehormon> (lest 25. august 2013).
- Blomhoff, R. (2005). Dietary antioxidants and cardiovascular disease. *Current opinion in lipidology*, 16 (1): 47-54.
- Boyer, J. & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3 (5): 1-15.
- Buescher, R., Howard, L. & Dexter, P. (1999). Postharvest enhancement of fruits and vegetables for improved human health. *HortScience*, 34 (7): 1167-1170.
- Butterdahl, H. O. (2012). *Tale: Norsk fruktdyrking etter landbruks og matmeldinga*: Landbruks og matdepartementet. Tilgjengelig fra: http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/aktuelt/taler_artikler/politisk_ledelse/taler-og-artikler-av-statssekretar-haral/2012/tale-norsk-frukt.html?id=671757 (lest 15. mai 2013).
- Dallawara, W. W. (2005). *Røde epler er sunnest*: Nationen. Tilgjengelig fra: <http://www.nationen.no/mat/article1760148.ece> (lest 25. august 2013).
- Davey, M. W. & Keulemans, J. (2004). Determining the potential to breed for enhanced antioxidant status in Malus: mean inter- and intravarietal fruit vitamin C and glutathione contents at harvest and their evolution during storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52 (26): 8031-8038.
- Eberhardt, M. V., Lee, C. Y. & Liu, R. H. (2000). Nutrition: Antioxidant activity of fresh apples. *Nature*, 405 (6789): 903-904.
- Facchini srl. (2009). *Pocket, mechanical penetrometers*. Tilgjengelig fra: <http://www.facchinisrl.eu/pen.htm> (lest 27. august 2013).
- Fidler, J. C., Wilkinson, B. G., Edney, K. L. & Sharples, R. O. (1973). *The biology of apple and pear storage*. Farnham Royal: Commonwealth agricultural bureaux. 235 s.
- Ghanbarzadeh, B. & Almasi, H. (2013). *Biodegradable polymers*. Tilgjengelig fra: <http://www.intechopen.com/books/biodegradation-life-of-science/biodegradable-polymers> (lest 22. august 2013).
- Haffner, K., Røed, K. & Jeksrud, W. K. (1993). Eplelagring i kontrollert atmosfære. *Faginfo fra Statens fagtjeneste for landbruket 3. Informasjonsmøte i plantevern 1993*: 324-332. Sitert i Opedal 1997.
- Haffner, K. E. (1992). Storage trials of 'Aroma' apples at the Agricultural University of Norway. *ActaHort*, 326 (International Symposium on Pre- and Postharvest Physiology of Pomefruit): 305-314.
- Hall, E. G. & Scott, K. J. (1970). Storage and market diseases of fruit. *CSIRO Food Preservation Quarterly*, 30 (1): 1-2. Sitert i Salunkhe & Kadam 1995.
- Helsedirektoratet. (2005). Norske anbefalinger for ernæring og fysisk aktivitet. Helsedirektoratet: Nasjonalt folkehelsearbeid. 40 s.
- Jackson, J. E. (2003). *Biology of apple and pears*. Cambridge, Storbritannia: Cambridge university press. 489 s.
- Kader, A. A. (1997). Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *ActaHort*, 485 (International symposium on effect of pre- & postharvest factors on storage of fruit): 203-208.

- Kader, A. A. (2001). Quality assurance of harvested horticultural perishables. *ActaHort*, 553 (IV International conference on postharvest science): 51-56.
- Kader, A. A. (2002). Fruits in the global market. I: Knee, M. (red.) *Fruit quality and its biological basis*, s. 1-14. Sheffield: Sheffield Academic Press.
- Kader, A. A. (2003). A perspective on postharvest horticulture (1978-2003). *HortScience*, 38 (5): 1004-1008.
- Kavara, E. (1998). *Innflytelse av forskjellige høstedatoer og lagringsmetoder på kvalitet hos eple sorten 'Aroma'*. Hovedoppgave i hagebruk. Ås: Norges landbrukshøgskole. 49 s.
- Kevers, C., Pincemail, J., Tabart, J., Defraigne, J.-O. & Dommes, J. (2011). Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the antioxidant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59 (11): 6165-6171.
- Knee, M. (2002). *Fruit quality and its biological basis*. Sheffield: Sheffield Academic Press. 279 s.
- Knee, M. & Miller, A. R. (2002). Mechanical injury. I: Knee, M. (red.) *Fruit quality and its biological basis*, s. 157-179. Sheffield: Sheffield Academic press.
- Kolattukudy, P. E. (1984). Natural waxes on fruits. *Post Harvest Pomology Newsletter*, 2 (2): 1-4.
- Kupferman, E. (2001). Storage scald of apples. 7 s. Tilgjengelig fra: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/EMK2000C.pdf> (lest 27. september 2013).
- Lal Kausal, B. B. & Sharma, P. C. (1995). Apple. I: Salunkhe, D. K. & Kadam, S. S. (red.) *Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage and processing*, s. 91-122. New York: Marcel Dekker.
- Landfald, R. (1968). Temperatureffekter på eple under lagring. Ås: Institutt for fruktdyrking, Norges Landbrukshøgskole. 30 s.
- Lee, S. K. & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*, 20 (3): 207-220.
- Liu, R. H., Eberhardt, M. V. & Lee, C. Y. (2001). Antioxidant and antiproliferative activities of selected New York apple cultivars. *New York Fruit Quarterly*, 9 (2): 15-17.
- LMP. (2012). *Norsk frukt er populært*: Landbruks og matdepartementet. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nn/dep/lmd/aktuelt/nyheter/2012/mars-12/norsk-frukt-er-populart.html?id=675113> (lest 15. mai 2013).
- Lurie, S. (2002). Temperature management. I: Knee, M. (red.) *Fruit quality and its biological basis*, s. 107-121. Sheffield: Sheffield Academic Press.
- Magness, J. R. & Carrick, D. B. (1926). The ripening, handling and storage of apples. *US Dept. of Agriculture*, 1406. Sitert i Landfald 1968.
- Maske, C. (2012). *Norske fruktgleder*: Matprat. Tilgjengelig fra: <http://www.matprat.no/oppskrifter/norske-fruktgleder> (lest 26. august 2013).
- Matvaretabellen. (2013). Tilgjengelig fra: <http://www.matvaretabellen.no/frukt-og-baer-g6.4> (lest 23. juni 2013).
- Merzlyak, M. N., Solovchenko, A. E. & Chivkunova, O. B. (2002). Patterns of pigment changes in apple fruits during adaption to high sunlight and sunscald development. *Plant physiology and biochemistry*, 40 (6-8): 679-684.
- Myren, G. (2010). *Finn rett haustetid for eple*. Tilgjengelig fra: <http://www.lr.no/fagartikler/7023/> (lest 15. april 2013).
- Neuwald, D. A., Streif, J. & Kitemann, D. (2008). Fruit starch degradation patterns in apple cultivars on-tree and off-tree at different holding temperatures. *ActaHort*, 858 (III International conference postharvest unlimited): 263-266.

- Newswire/Bama. *40 prosent flere norske epler*: Opplysningskontoret for frukt og grønt. Tilgjengelig fra: <http://www.frukt.no/gronne-fakta/aktuelt1/40-prosent-flere-norske-epler/> (lest 15. mai 2013).
- Norges standardiseringsforbund. (1986). Norsk standard: Eple og pære. I: Norges standardiseringsforbund (red.) *Norsk Standard for Frukt og bær*, s. 1-7. Oslo: Oscar Andersen mediaFalch a.s.
- Norsk eplefest. (2012). *Lagring av epler*: Norsk eplefest. Tilgjengelig fra: <http://www.eplefest.no/om-epler/lagring-av-epler> (lest 26. august 2013).
- Opedal, M. (1997). *Faktorar som verkar inn på refraktometerverdien hos norske eple*. Hovedoppgave. Ås: Norges landbrukshøgskole. 85 s.
- Opplysningskontoret for frukt og grønt. (2013a). *Discovery*: Opplysningskontoret for frukt og grønt. Tilgjengelig fra: <http://www.frukt.no/leksikon/frukt/faktaark/discovery/> (lest 14. mai 2013).
- Opplysningskontoret for frukt og grønt. (2013b). *Epler*: Opplysningskontoret for Frukt og Grønt. Tilgjengelig fra: <http://www.frukt.no/leksikon/frukt/epler/> (lest 14. juli 2013).
- Opplysningskontoret for frukt og grønt. (2013c). *Totaloversikten: Frisk frukt, bær, grønnsaker og poteter, 2003-2012*. Tilgjengelig fra: http://www.frukt.no/sitefiles/1/vedlegg/ofg_total2012.pdf (lest 19. juli 2013).
- Orange Pippin. (2013). *Discovery apple*. Tilgjengelig fra: <http://www.orangeippin.com/apples/discovery> (lest 14. mai 2013).
- Parr, A. J. & Bolwell, G. P. (2000). Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (7): 985-1012.
- Pieniazek, S. A. (1944). Physical characters of the skin in relation to apple fruit transpiration. *Plant physiology*, 19 (3): 529-536.
- Quast, P. (1991). Fruchtentwicklung und Fruchtreife, 1. Ernteterminbestimmung bei Fruehaepfeln. *Obstbau*, 16 (8): 391-394.
- Raven, P. H., Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2005). *Biology of plants*. 7 utg. USA: W. H. Freeman and Company publishers. 686 s.
- Remberg, S. F. (2006). *Studies of antioxidant activity in fruits and berries: effects of cultivars and postharvest conditions*. Ph.d. Ås: Universitetet for Miljø- og Biovitenskap. 49 s.
- Remberg, S. F., Hagen, S. F., Borge, G. I. A. & Jeksrud, W. K. (2006). Paper V. Antioxidant activity and other quality related criteria of 'Aroma' apples (*Malus domestica* Borkh.) as influenced by storage conditions. I: Remberg, S. F. (red.) *Studies of antioxidant activity in fruits and berries*. Ås: Universitetet for Miljø- og Biovitenskap.
- Remberg, S. F., Hagen, S. F., Borge, G. I. A., Sandberg, E., Jeksrud, W. K. & Haffner, K. (2010). Phenolic compounds, antioxidant activity and other quality related criteria of 'Summerred' apples as influenced by postharvest storage conditions. *ActaHort*, 875 (Southeast Asia symposium on quality of fresh and fresh cut produce): 169-175.
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P. & Glover, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food chemistry*, 66 (4): 401-436.
- Rössle, C., Wijngaard, H. H., Gormley, R. T., Butler, F. & Brunton, N. (2010). Effect of storage on the content of polyphenols of minimally processed skin-on apple wedges from ten cultivars and two growing seasons. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58 (3): 1609-1614.
- Salunkhe, D. K. & Kadam, S. S. (1995). *Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage, and processing*. New York: Marcel Dekker. 611 s.
- Sekse, L. (1992). A Study of the Actual Durability of the Harvest Period of 'Gravenstein' Apples. *ActaHort*, 326 (International Symposium on Pre- and Postharvest Physiology of Pomefruit): 285-290.

- Sognefrukt. (2010). *Rettleiande verdier for optimal hausting 2010*: Sognefrukt. Tilgjengelig fra: http://www.sognefrukt.no/filemanager/download_file/file/229427.pdf/Rettleiande_verdier_for_optimal_hasting_2010.pdf (lest 5. juni 2013).
- Statistisk sentralbyrå. (2010). *Forbrukte mengder av mat- og drikkevarer per person per år etter varegruppe (kg/liter)*: Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/saveselections.asp> (lest 19. juli 2013).
- Statistisk sentralbyrå. (2013). *Hagebruksavlingar, 2012*. Tilgjengelig fra: <http://ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/hagebruk> (lest 1. august 2013).
- Streif, J. (1989). Erfahrungen mit Erntetermin-Untersuchungen bei Äpfeln. *Besseres Obst*, 9: 235-238. Sitert i Remberg 2006.
- Sugar, D. (2002). Management of postharvest diseases. I: Knee, M. (red.) *Fruit Quality and Its Biological Basis*, s. 225-252. Sheffield: Sheffield Academic Press.
- Tomkins, R. G. (1966). The choice of conditions for the storage of fruits and vegetables. *Report for East malling research station*: 66-76. Sitert i Landfald 1968.
- Tromph, J., Webster, A. D. & Wertheim, S. J. (2005). *Fundamentals of temperate zone tree fruit production*. Leiden: Backhuys Publishers. 400 s.
- van der Sluis, A. A., Dekker, M., de Jager, A. & Jongen, W. M. F. (2001). Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (8): 3606-3613.
- Van Zeebroeck, M., Van linden, V., Ramon, H., De Baerdemaeker, J., Nicolaï, B. M. & Tijskens, E. (2007). Impact damage of apples during transport and handling. *Postharvest biology and technology*, 45 (2): 157-167.
- Webster, A. D. (2005). The origin, distribution and genetic diversity of temperate tree fruits. I: Tromph, J., Webster, A. D. & Wertheim, S. J. (red.) *Fundamentals of temperate zone tree fruit production*, s. 1-11. Leiden: Backhuys Publishers.
- Wills, R. B. H., McGlasson, W. B., Graham, D. & Joyce, D. C. (2007). *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. 5 utg. Sydney: University of New South Wales Press. 227 s.
- Wolfe, K., Wu, X. & Liu, R. H. (2003). Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (3): 609-614.
- Wrolstad, R., Decker, E. A., Schwartz, S. J. & Sporns, P. (2005). *Determination of Total Phenolics*. Handbook of food analytical chemistry: Water, proteins, enzymes, lipids, and carbohydrates. USA: John Wiley & Sons. 624 s.

8. Vedlegg

Vedlegg 1. Fremgangsmåte for å lage reagenser og løsninger for analysering av FRAP og totale fenoler i Konelab 30i.

FRAP

Reagenser

Acetat-buffer, 300 mM, pH 3,6

1,79 g Natriumacetat ble tilført i 16 ml konsentrert eddiksyre, deretter fortynnet til 1 liter med destillert vann.

FeCl₃ · 6H₂O, 20 mM

54,06 mg FeCl₃ · 6H₂O ble løst i 10 ml destillert vann.

TPTZ, 10 mM i 40 mM HCl

31,23 mg TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) ble løst i 10 ml 40 mM HCl, laget av 0,456 g HCl (32 %) i 100 ml destillert vann.

Standardløsning

FeSO₄ · 7H₂O, 10 mM

27,80 mg ble løst opp i 10 ml destillert vann.

Kontrolløsning

Trolox, (Vitamin E-analog), 500 µM

25,03 mg ble løst i 10 ml metanol (10 mM). For å lage en løsning på 500 µM, ble så 100 µl løst opp direkte i en 1900 µl kolbe. Denne løsningen fikk en konsentrasjon på 1000 µM.

Totale fenoler (Folin-Ciocaltau's reagens, FC-reagens)

Reagenser

FC-reagens

Ferdiglaget FC-reagens ble fortynnet 1:10 med destillert vann på analysedagen.

Natriumkarbonat (7,5 % (w/v) (Merck A/961192725)

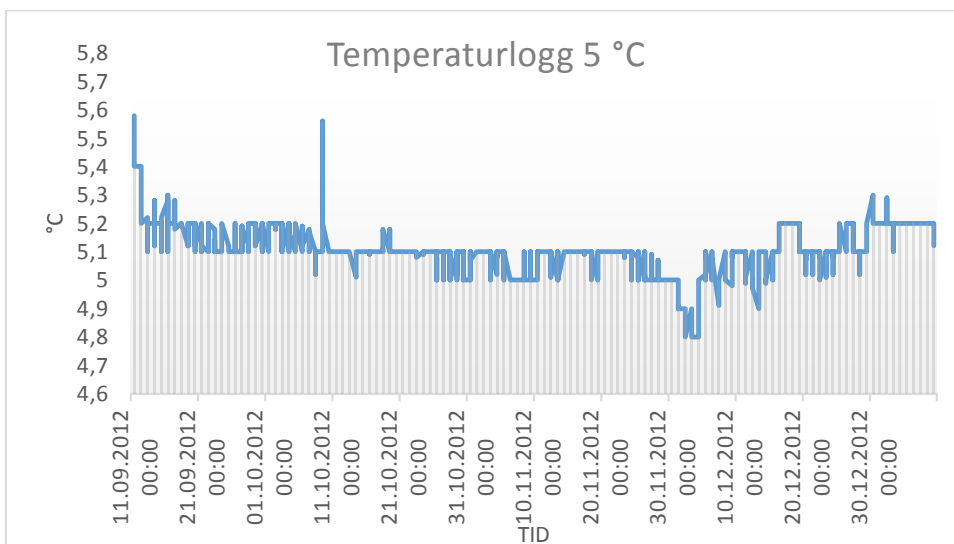
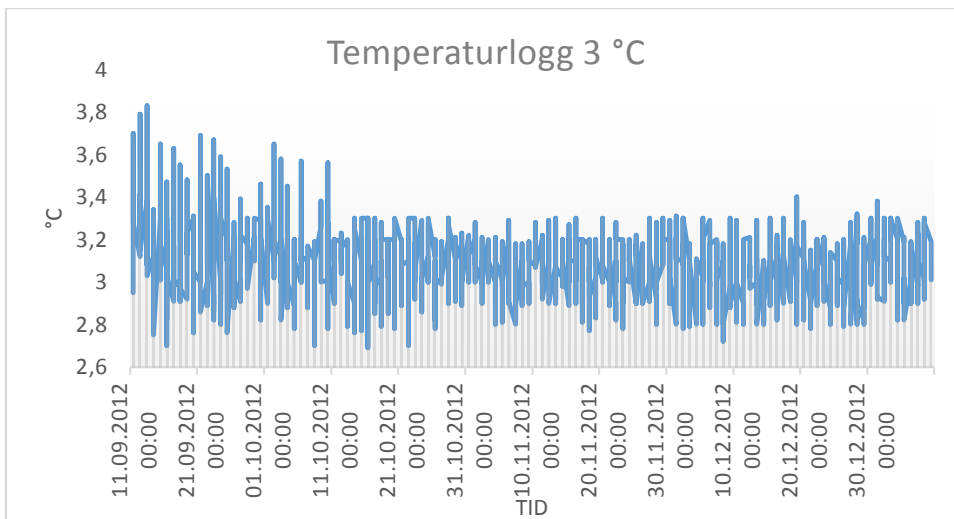
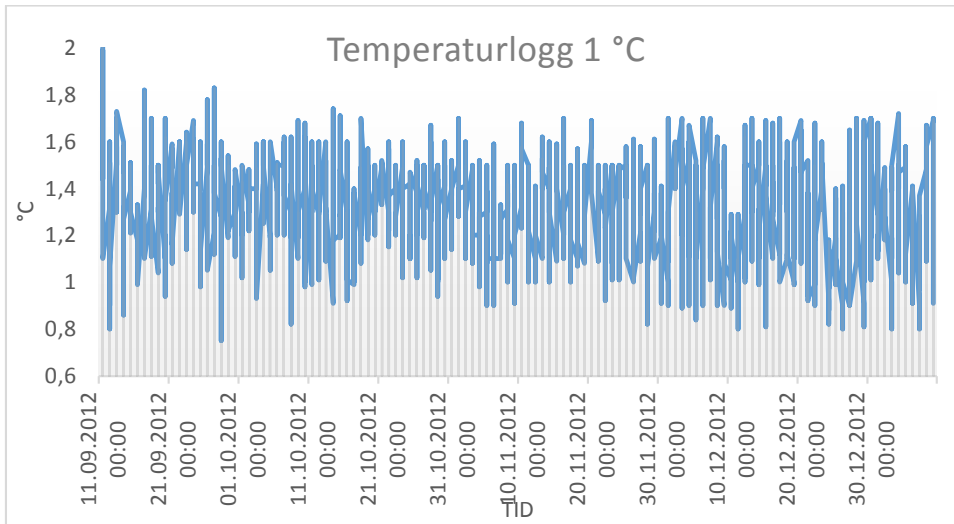
7,5 g Na₂CO₃ (uten vann) ble løst i 100 ml destillert vann på analysedagen.

Standardløsning

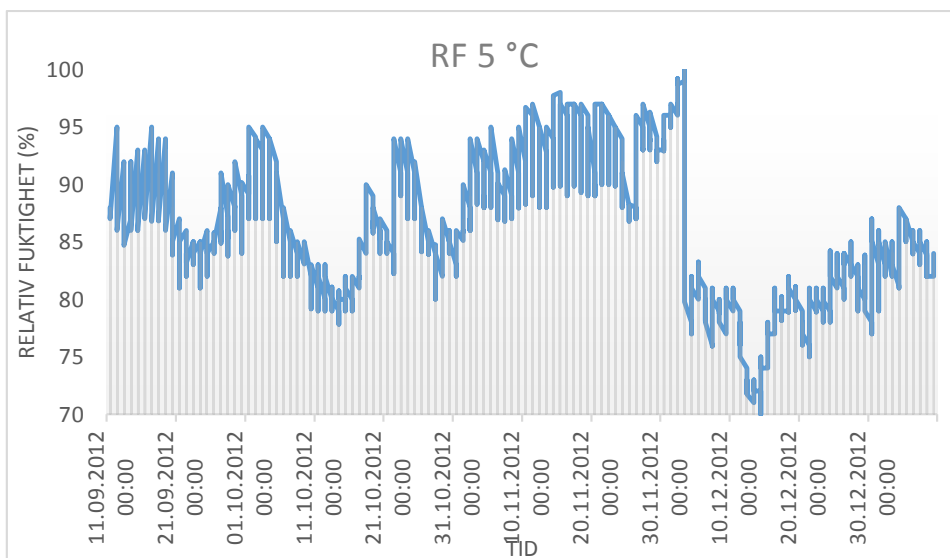
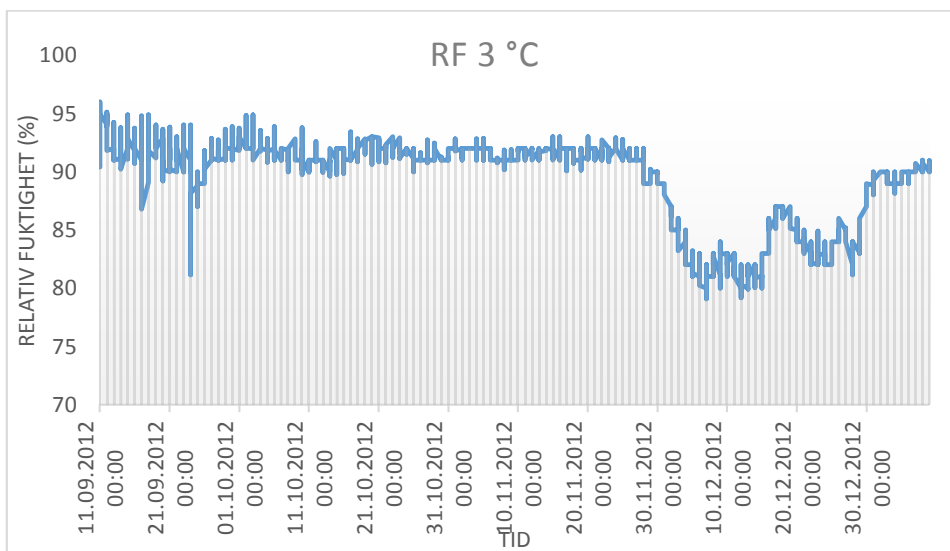
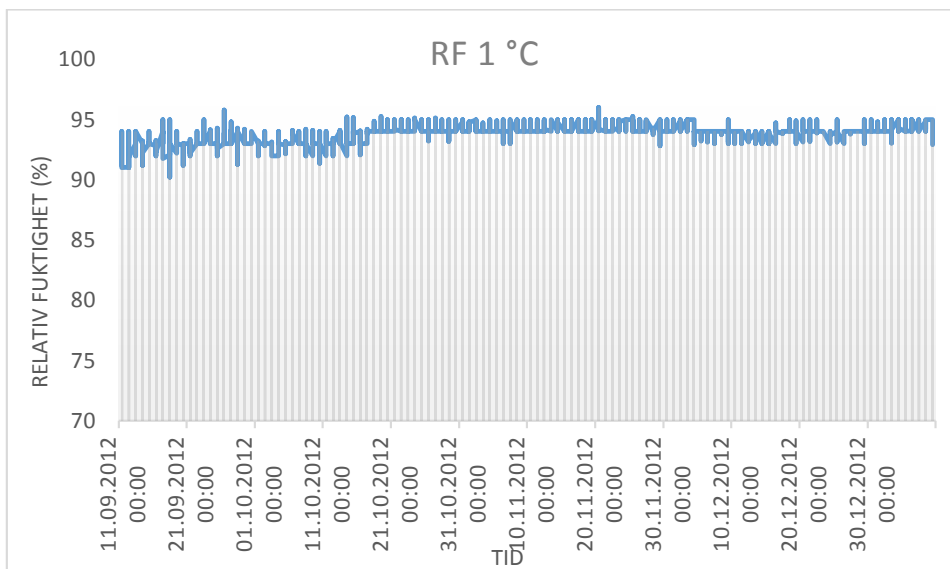
Gallesyre

50 mg gallesyre (3,4,5-trihydroxybenzosyre, Sigma G-7384) ble løst i 100 ml vann til 500 µg/ml. Ble rørt over natta på et kaldt, mørkt sted.

Vedlegg 2. Temperaturlogg for kjølerommene som holdt henholdsvis 1, 3 og 5 °C. Målinger gjort hver tredje time gjennom hele lagringsperioden.



Vedlegg 3. Logg for målinger av relativ luftfuktigheten (RF) i kjølerommene som holdt henholdsvis 1, 3 og 5 °C. Målinger gjort hver tredje time gjennom hele lagringsperioden.



Vedlegg 4. Analysetall for de ulike kvalitetsparameterene. Rådata som inneholder målinger fra alle parallelle innen hver lagringstemperatur ved startanalyser og etter en og to måneder.

Behandling (°C)	Uttak	Grunnfarge (1-8)	Dekkfarge (1-9)	Fasthet Kg/cm ²	Stivelse (1-10)	Ref. (%)	Syre (%)	Ref/syre	pH	Streif-indeks	L-askorbinsyre (mg/100g)	Tørrstoff (%)	FRAP (mmol/100g)	Totale fenoler (mg GAE/100g)
Start	Start	7,2	7,0	8,02	6,0	11,6	0,732	15,8	3,30	0,115	13,23	13,6	1,296	156,059
Start	Start	7,1	7,0	7,75	6,7	11,7	0,752	15,6	3,30	0,099	15,46	13,1	1,498	168,701
Start	Start	7,2	7,2	8,11	5,8	12,2	0,834	14,6	3,23	0,115	16,25	13,1	1,406	163,004
1	Okt	7,7	7,1	8,64	10,0	11,7	0,679	17,2	3,34	0,074	21,47	13,2	1,785	190,078
1	Okt	7,6	7,4	8,77	10,0	11,7	0,739	15,8	3,35	0,075	17,27	13,0	1,620	173,364
1	Okt	7,3	6,9	8,87	10,0	11,3	0,599	18,9	3,42	0,078	17,39	12,6	1,767	185,470
3	Okt	7,4	7,0	8,92	10,0	11,8	0,681	17,3	3,31	0,076	18,36	13,1	1,647	179,608
3	Okt	7,2	7,2	8,76	10,0	11,6	0,628	18,5	3,36	0,076	12,18	13,1	1,679	179,942
3	Okt	7,4	7,4	7,97	10,0	12,3	0,685	18,0	3,38	0,065	21,12	13,9	2,011	202,973
5	Okt	7,4	7,4	7,96	10,0	12,2	0,698	17,5	3,36	0,065	17,67	13,5	1,810	191,186
5	Okt	7,6	7,0	7,95	10,0	12,3	0,641	19,2	3,37	0,065	16,58	13,7	1,871	196,876
5	Okt	7,3	7,8	7,23	10,0	11,9	0,523	22,8	3,43	0,061	14,79	13,3	1,847	193,429
1	Nov	7,2	7,3	6,96	10,0	11,0	0,422	22,1	3,41	0,063	13,68	12,4	1,491	165,989
1	Nov	7,2	7,5	7,03	10,0	11,8	0,557	21,2	3,42	0,060	17,64	12,9	1,607	173,917
1	Nov	7,3	7,5	7,62	10,0	11,9	0,620	19,2	3,37	0,064	14,60	13,2	1,518	170,060
3	Nov	7,4	7,3	6,04	10,0	12,0	0,601	20,0	3,44	0,050	12,78	12,9	1,492	165,633
3	Nov	7,4	7,5	5,81	10,0	11,6	0,539	21,5	3,33	0,050	13,66	12,5	1,357	158,419
3	Nov	7,3	7,6	5,87	10,0	12,0	0,527	22,8	3,40	0,049	13,38	13,3	1,609	178,420
5	Nov	7,4	7,5	5,21	10,0	11,8	0,428	27,6	3,39	0,044	9,76	13,1	1,610	177,796
5	Nov	7,7	7,5	5,43	10,0	11,8	0,509	23,2	3,47	0,046	10,43	12,9	1,514	172,076
5	Nov	7,6	7,8	5,63	10,0	12,1	0,573	21,1	3,37	0,047	14,99	12,8	1,316	149,510

Vedlegg 4. Analysefall for de ulike kvalitetsparameterene. Rådata som inneholder målinger fra alle parallelle innen hver lagringstemperatur etter tre og fire måneder.

Behandling (°C)	Uttak	Grunnfarge (1-8)	Dekkfarge (1-9)	Fasthet (kg/cm ²)	Stivelse (1-10)	Ref (%)	Syre (%)	Ref/syre	pH	Streif-indeks	L-askorbinsyre (mg/100g)	Tørrestoff (%)	FRAP (mmol/100g)	Totale fenoler (mg GAE/100g)
1	Des	7,5	7,3	4,85	10,0	11,3	0,413	27,4	3,63	0,043	13,57	12,9	1,299	150,750
1	Des	7,8	7,9	5,54	10,0	11,7	0,435	26,9	3,53	0,047	14,39	12,9	1,486	164,225
1	Des	7,6	7,0	5,34	10,0	11,7	0,517	22,6	3,52	0,046	14,28	13,1	1,763	187,729
3	Des	7,6	7,4	4,98	10,0	11,4	0,505	22,6	3,50	0,044	10,96	12,9	1,487	162,962
3	Des	7,5	7,2	4,95	10,0	11,8	0,496	23,8	3,46	0,042	11,48	13,0	1,679	180,420
3	Des	7,3	7,3	4,80	10,0	11,2	0,457	24,5	3,44	0,043	10,57	12,1	1,883	195,691
5	Des	7,5	7,2	4,82	10,0	11,6	0,396	29,3	3,50	0,042	8,80	13,1	1,734	185,547
5	Des	7,8	7,5	5,16	10,0	11,8	0,442	26,7	3,53	0,044	13,23	13,1	1,370	157,461
5	Des	7,8	7,5	5,17	10,0	11,8	0,502	23,5	3,49	0,044	8,68	13,0	2,027	209,281
1	Jan	7,3	7,0	4,38	10,0	11,1	0,391	28,4	3,53	0,039	14,05	11,9	1,577	170,048
1	Jan	7,4	7,2	5,08	10,0	11,0	0,437	25,2	3,51	0,046	10,46	12,0	0,739	191,970
1	Jan	7,5	7,3	4,86	10,0	11,4	0,506	22,5	3,51	0,043	13,92	12,4	1,360	158,148
3	Jan	7,8	7,7	4,90	10,0	11,9	0,521	22,8	3,43	0,041	12,30	13,3	1,916	201,873
3	Jan	7,9	8,0	4,40	10,0	11,5	0,414	27,8	3,54	0,038	14,79	12,2	1,648	177,617
3	Jan	7,3	7,3	4,49	10,0	11,3	0,479	23,6	3,47	0,040	11,69	12,2	1,816	197,830
5	Jan	7,9	7,3	4,20	10,0	11,4	0,354	32,2	3,58	0,037	7,66	12,3	1,474	168,221
5	Jan	7,8	7,6	4,80	10,0	11,9	0,414	28,7	3,56	0,040	8,33	13,2	1,631	185,628
5	Jan	7,6	8,0	4,71	10,0	11,7	0,455	25,7	3,57	0,040	10,44	12,5	1,783	194,970