



Kvalitetsförändringar i 'Elise'- äpplen efter öppning av ULO-lager

Quality changes in 'Elise' apples after opening of ULO-Storage

Dag Pålsson

Examensarbete/Självständigt arbete • (15 hp)

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakultet/Institution: LTV fakulteten/ Institutionen för biosystem och teknologi

Program/Utbildning Trädgårdsingenjör: odling-kandidatprogram

Alnarp 2023



Kvalitetsförändringar i 'Elise'-äpplen efter öppning av ULO-lager

Dag Pålsson

Handledare: Helena Persson Hovmalm, SLU, institutionen för växtförädling
Examinator: Lotta Nordmark, SLU, institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Trädgårdsvetenskap
Kurskod: EX0844
Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling-kandidatprogram
Kursansvarig inst.: Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2023

Nyckelord: *Äpplen, lagring, shelf-life, kvalitet, fasthet, sockernehåll, livsmedelsförluster*

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

För att kunna erbjuda konsumenter svenskproducerade äpplen över en stor del av året lagras frukten i sk ULO (ultra low oxygen) -lagring. Genom att temperatur, relativ fuktighet och atmosfär regleras biologiska processer, såsom respiration och etylenproduktion, kontrolleras och sänkas vilket resulterar i att frukten håller längre och har bättre kvalitet över en längre tid. Då lagret öppnas ändras förhållandena och därmed påverkas äpplets mognadsprocess. Syftet med detta arbete var dels att undersöka hur kvaliteten förändrades i 'Elise'-äpplen som efter att ULO-lagret öppnats fortfarande lagrades i utrymmet fast under normal atmosfär, dels att studera hur kvaliteten förändrades i dessa äpplen då de efter lagringen placerades i förhållanden motsvarande så kallad shelf-life, motsvarande förhållanden i butik, under några veckor. Arbetet ska ge både packerier och livsmedelsbutiker en djupare förståelse för kvalitetsutvecklingen hos sorten 'Elise' då den varit i ULO-lagring och placeras i shelf-life. Försöket utfördes på Äppelriket i Kivik. Äpplen plockades ut ur lagret vid tre tillfällen (grupp 1: 28 mars, grupp 2: 11 april och grupp 3: 18 april) och placerades därefter i rumstemperatur. Fasthet, sockerinnehåll, vikt och förekomst av mekaniska eller fysiologiska skador bedömdes då äpplena plockades ut och sedan en gång per vecka i upp till fem veckor. Äpplen som placerades i shelf-life uppvisade en minskande vikt och fasthet med antal veckor, medan sockerinnehållet tenderade att minska i grupp 1 och 3, men inte i grupp 2. Trots att äpplen i grupp 1 låg längre tid i shelf-life var det färre äpplen som kasserades (8 st) än för grupp 2 (22 st) och 3 (17 st). Kvaliteten var också lägre (minskad fasthet, högre andel sjukdomsangripen frukt) för de äpplen som låg kvar i det öppna ULO-lagret jämfört med de äpplen som plockades ut direkt efter öppningen. Sammanfattningsvis kan sägas att 'Elise'-äpplen håller 4 veckor i rumstemperatur (shelf-life) efter att de tagits ut ur ULO-lagret. De 'Elise' äpplen som fortsatt lagras i ett ULO-lager med normal atmosfär men med nedkylning har en kortare hållbarhet då de placeras i rumstemperatur (shelf-life).

Nyckelord: Äpplen, shelf-life, kvalitet, fasthet, sockerinnehåll, livsmedelsförluster

Abstract

To offer consumers Swedish-produced apples all year around, the fruit is stored in so-called ULO (ultra-low oxygen) storage. By controlling temperature, relative humidity and atmosphere, biological processes like respiration and ethylene production can be lowered which results in fruit lasting longer and having better quality. When the storage is opened, the conditions change and thus the apple's ripening process is affected. The aim of this work was to investigate how quality changed in 'Elise' apples which, after opening the ULO storage, were still stored in this facility but under normal atmosphere and with cooling and to study how the quality changed in these apples when they after storage were placed in conditions similar to shelf-life during a few weeks. The studies aim is also to give packers and grocery stores deeper knowledge and understanding of the quality development of 'Elise'-apples when it has been in ULO-storage and then placed in shelf-life. Apples were taken out of storage on three occasions (batch 1: 28 March, 2: 11 April and 3: 18 April) and placed at room temperature. Firmness, sugar content, weight, and presence of mechanical or physiological damages were assessed when apples were taken out of storage and then once a week for up to 5 weeks. Apples in shelf-life showed decreasing weight and firmness, while sugar content tended to decrease in batches 1 and 3, but not in batch 2. Although apples in batch 1 were kept at room temperature for a longer time, fewer apples were discarded (8) than for batch 2 (22) and 3 (17). The quality was lower (reduced firmness, higher percentage of diseased fruit) for the apples that remained in the open ULO storage compared to the apples that were taken out immediately after opening. In summary, 'Elise' apples lasted 4 weeks at room temperature (shelf-life) after they were taken out of the ULO storage. The 'Elise' apples that were still stored in the ULO storage with normal atmosphere and cooling had a shorter shelf life.

Keywords: Apples, shelf-life, quality, firmness, sugar content, food losses

Innehållsförteckning

Innehåll

1.	Inledning.....	11
1.1.	Äpple produktion i Sverige	11
1.2.	Äpplets utveckling och mognadsbestämning	11
1.3.	Lagringsmetoder.....	13
1.4.	Svampangrepp under lagring	13
1.5.	Mekaniska och fysiologiska skador i lager	15
1.6.	Handelsnormer för äpplen.....	15
1.7.	Äppelriket.....	16
1.8.	Förluster i svensk äppelproduktion.....	17
1.9.	Syfte och frågeställning.....	17
2.	Material och metod.....	18
2.1.	Plats och sort	18
2.2.	Försöksupplägg	18
2.2.1.	Fasthet och sockerinnehåll.....	19
2.2.2.	Visuell bedömning och vikt.....	20
3.	Resultat	21
3.1.	Medelvikt	21
3.2.	Fasthet	22
3.3.	Sockerinnehåll (SSC).....	24
3.4.	Kasserade äpplen.....	25
3.5.	Förändring i kvalitet när äpplena låg kvar i öppnat ULO-lager.....	27
4.	Diskussion	28
4.1.	Förändring av kvalitet hos äpplen i shelf-life	28
4.2.	Lagringstid och frukt kvalitet hos 'Elise' äpplen efter öppnat ULO-lager	30

4.3.	Slutsats	30
4.4.	Förslag till förbättringar och vidare studier	31
5.	Referenslista	33

Figurförteckning

Figur 1: Fördelning av äpplen.....	19
Figur 2: Medelvikt +/- standardavvikelse för äpplen i grupp 1.....	21
Figur 3: Medelvikt +/- standardavvikelse för äpplen i grupp 2.....	21
Figur 4: Medelvikt +/- standardavvikelse för äpplen i grupp 3.....	22
Figur 5: Fasthet solsida(blå) och skuggsida (orange) +/- standardavvikelse för grupp 1.....	22
Figur 6: Fasthet solsida (blå) och skuggsida (orange) +/- standardavvikelse för grupp 2.....	23
Figur 7: Fasthet solsida (blå) skuggsida (orange) +/- standardavvikelse för grupp 3	23
Figur 8: Brix solsida (blå) och skuggsida (orange) för grupp 1	24
Figur 9: Brix solsida (blå) och skuggsida (orange) för grupp 2	24
Figur 10: Brix solsida (blå) och skuggsida (orange) för grupp 3	25
Figur 11: Antal kasserade äpplen hos grupp 1.....	25
Figur 12: Antal kasserade äpplen hos grupp 2.....	26
Figur 13: Antal kasserade äpplen hos grupp 3.....	26
Figur 14: Utvald bing i lager.....	27

Förkortningar och förklaringar

CA: Kontrollerad atmosfär, lagring med sänkt syrenivå och höjd koldioxidnivå.

DCA: Dynamisk Kontrollerad atmosfär, lagringssystem som bygger på CA men som har sensorer och ändrar atmosfär i lagret för att produkten lagras i de bästa förhållandena.

LOL: Lowe oxygen limit, lägsta möjliga syrenivån för en sort.

Normal kyl: Lagring med enbart sänkt temperatur.

NA: den normala atmosfären på jorden.

Rumstemperatur: vanligt förekommande temperatur i rum, 19°C.

Shelf-life: liknande förhållanden som finns i butiker.

SSC: Soluble sugar concentration (sockerhalt), avläses med hjälp av en refraktometer

Streif index: Index som används vid bestämning av mognadsgrad via att använda löslig torrsubstans och stärkelsebrytning samt fasthet

ULO: Ultra low oxygen, lagring där syrenivåerna sänks ytterligare.

1. Inledning

1.1. Äpple produktion i Sverige

År 2020 nådde produktionen av äpplen (*Malus x domestica*) i Sverige 29 000 ton vilket, jämfört med de fem tidigare åren, var en ökning på 16% i genomsnitt (Jordbruksverket, 2020). Odling av äpplen sker framför allt i Skåne län (Jordbruksverket, 2020). Enligt statistik från Jordbruksverket var den totala arealen där äpplen odlades 1 577 ha, där Skåne län hade en odlad areal på 1 300 ha och en produktion på 25 515 ton, medan Jönköpings län var den näst största producenten, med 66 ha odling samt en produktion på 2 076 ton (Jordbruksverket 2020).

De vanligaste sorterna av äpplen som producerades i Sverige år 2017 var 'Ingrid Marie', 'Aroma' och 'Discovery' som tillsammans stod för 52% av det totala antalet träd i kommersiell odling (Persson 2018). Utöver de klassiska sorterna har nyare sorter tillkommit. Dessa är 'Rubinola', 'Elise', 'Santana' och 'Frida' som ökat i mängd de senaste åren och stod för en fjärdedel av det totala antalet träd år 2017 (Persson 2018).

1.2. Äpplets utveckling och mognadsbestämning

Äpplet börjar utvecklas efter att blomman på trädet blivit pollinerad vilket vanligtvis sker under sensvåren i Sverige. Utvecklingsprocessen för frukten delas in i tre olika stadier: utvecklingsfas, mognadsfas och åldrande. Utvecklingsfasen påbörjas efter det att blomman blivit pollinerad och börjar med celldelning som sedan följs av cellexpansion (Tahir 2014, A). Merparten av celldelningen sker 4–5 veckor efter blomningen men detta kan variera beroende på sort, temperatur, gallring och tillgång till näringsämnen (Lakso & Goffinet 2013). Vid cellexpansion sker fysiologiska förändringar såsom att cellväggarna blir tunnare, cellplasman minskar samt att vakuolen inuti växtcellen blir den största delen i cellen (Tahir 2014, A).

Mognadsfasen delas in i två stadier, trädmognad och ätmognad, även kallat fysiologisk mognad respektive hortikulturell mognad. Trädmognad är det stadium då frukten mognat så pass att den är färdig för skörd (Kader, 1999). Ätmognad syftar på det stadium där frukten har kvaliteterna som är önskade av konsumenten. Utvecklingen till ätmognad sker under senare delar av tillväxt och utveckling ända till de tidiga delarna av åldrandet.

Äpple är en så kallad klimakterisk frukt. Detta innebär att en ökad respirationshastighet samt etylenproduktion får äpplet att mogna. Respirationen och etylenproduktionen ligger som högst då trädognadsfasen övergår i ätmognadsfasen (Larisa Gustavsson personlig kommunikation). Under denna process sker förändringar i färg då klorofyllet bryts ned och omvandlas till kromoplaster som i sin tur syntetiserar olika karotenoider där xantofyll ger gul färg, karotin ger orange färg samt lykopen ger röd färg. Under denna fas sker också förändringar i cellväggarna hos frukten som får den att mjukna (Larisa Gustavsson personlig kommunikation).

Den sista fasen är åldrandet av äpplet. I denna fas börjar fruktens näringsämnen förbrukas och som följd blir dess kvalité sämre. Under denna fas är fruktens respirations- och etylenivå låg (Tahir, 2014, A).

Beroende på vad äpplet ska användas till (ätas färskt eller lagras) är det viktigt att bestämma mognadsgraden så att frukten är i rätt utvecklingsstadium för skörd. För att ta reda på ifall ett äpple är redo för skörd används diverse mognadsindex (Tahir, 2014, A). Det finns många olika metoder för att fastställa mognad vilka kan delas upp i destruktiva eller icke destruktiva metoder. Ett exempel på icke-destruktiv metod är användning av DA-mätare. DA-mätaren är en spektrometer som mäter klorofyllets nedbrytning under skalet. Mätaren ger ett I_{AD} -värde som minskar successivt under fruktmognaden och uppnår ett minimumvärde då frukten är helt mogen (Larisa Gustavsson personlig kommunikation; Tahir, 2014, A). Exempel på destruktiva metoder är mätning av fasthet, stärkelsenedbrytning, löslig torrsbstans (SSC, °Brix; motsvarar sockerhalt), och syrainnehåll. Fasthet mäts med en penetrometer (Larisa Gustavsson personlig kommunikation). Sockerhalt (SSC) mäts med en refraktometer som avläser sockerinnehållet i procent (Tahir, 2014, A). Syrainnehåll mäts via titrering av äppelsaft med NaOH (natriumhydroxid). Syrahalten är viktig för smakupplevelsen och syramätningen kan ses som en metod för att få en smakbedömning av äpplet (Tahir, 2014, A). Mätning av stärkelsenedbrytning (SNB) utförs genom att man doppar en äppelskiva i jodlösning. Ifall äppelskivan blir mörkblå/svart finns det en stor mängd stärkelse kvar i äpplet. Vid bedömning av stärkelsenedbrytning brukar man använda sig av en 10-gradig skala där 1=hela äppelskivan är blåsvart (vilket betyder ingen stärkelseomvandling) och 10= ingen blåfärgning (all stärkelse har omvandlats till socker) (Tahir 2014, A).

I kommersiell odling i Sverige bestäms mognadsnivån vanligen med hjälp av Streif index. Detta index baseras på parametrarna löslig torrsbstans (SSC), stärkelsenedbrytning (SNB) och fasthet och räknas ut på följande sätt: $\text{Streif index} = \text{Fasthet} / (\text{SSC} * \text{SNB})$ (Tahir 2014, A).

1.3. Lagringsmetoder

Genom att kontrollera temperatur, relativ fuktighet och atmosfär i ett lagringsutrymme kan biologiska processer, såsom respiration och etylenproduktion, kontrolleras och sänkas vilket resulterar i att frukten håller längre och har bättre kvalitet över en längre tid (Wills & Golding 2016).

Det finns många olika lagringsmetoder för äpplen, allt från enkla metoder där temperaturen sänks till mer avancerade där inte bara temperaturen och luftfuktigheten förändras utan också atmosfären i lagringslokalerna. Denna senare metod kallas för kontrollerad atmosfär, CA. (Wills & Golding 2016).

Generellt innebär CA att temperaturen sänks, koldioxidnivåerna (högre än 1%) höjs samt syrenivåerna sänks (mellan 1 och 8%). Det är viktigt att nivåerna av syre och koldioxid är kontrollerade då felaktiga nivåer kan resultera i ökad risk för skador på frukten. Allt för låg syrehalt leder till anaerob respiration (Wills & Golding 2016). För optimalt resultat bör man känna till sortens lower oxygen limit eller LOL, det vill säga den lägsta möjliga syrenivån, man kan ha i lagringsutrymmet utan att orsaka anaeroba förhållanden hos produkten (Yearsley et. al., 1996). En utveckling av CA är Ultra low-oxygen, förkortat ULO. I denna metod sänks syrenivåerna ytterligare (lägre än 1%) (Yearsley et al., 1996). ULO-lagring har visat sig minska förlust av fasthet, syra, klorofyll och socker samt minskar även fysiologiska skador eller störningar jämfört med enbart kylagring av äpplen (Brackmann et al., 1993).

Dynamisk kontrollerad atmosfär, DCA, är en nyare lagringsmetod som kommit fram tack vare nyare och bättre teknologi. Lagringsmetoden bygger på ULO, men produkten kontrolleras kontinuerligt via sensorer som mäter hur produkten reagerar på förändringar såsom en sänkt syrenivå och systemet kan därmed rätta till förhållandena över tid för den mest optimala lagringen (Wills & Golding J. 2016; Thompson 2018).

1.4. Svampangrepp under lagring

Vanligt förekommande lagringssjukdomar i Sverige och andra områden med liknande klimat är fruktmögel (*Monilina fructigena*), pezicularöta (*Neofabrea perennans*, *N. alba* eller *N. malicorticis*), gråmögel (*Botrytis cinerea*), blåmögel (*Penicillium expansum*), bitteröta (*Colletotrichum acutatum*) och fruktträdskräfta (*Neonectria ditissima*) (Tahir 2014, B; Tahir 2014, A; Sjöstrand 2021; Weber 2014). Ifall frukten har stötskador eller sår blir det lättare för svamparna, som finns på skalet, att angripa frukten (Tahir 2014, A).

Vid angrepp av svampen *M. fructigena*, fruktmögel, bildas det i början stora bruna rötter som är täckta av vita till bruna ringar av mycelkuddar där det bildas sporer. Bruna fläckar kan plötsligt bli svarta och sprida sig över hela frukten. Skalet förblir mjukt och har en läderaktig känsla (Tahir 2014, B).

Svampen *N. perennans*, pezicularöta, ger symptom med runda, bruna rötfläckar med ett något ljusare brunt centrum. Fläckarna kan vara platta eller utbuktade samt är nästan lika djupa som breda. Rutten vävnad är relativt fast och kan vara svår att skilja från frisk vävnad. Fläckarna på skalet är intakta och kan inte brytas med ett lättare fingertryck (Tahir 2014, B).

Botrytis cinerea har skadesymptom som ger ljusbrun och ibland mörkbrun färg i infekterat område. Området är mjukt och lätt insjunket men däremot ej blött. Till slut expanderar de ruttna fläckarna och täcker hela frukten. Svampen sprids lätt till andra frukter då det produceras stora mängden sporer på en angripen frukt (Tahir 2014, B).

Penicillium expansum har skadesymptom som ger brunaktig färg och vita sporer som sedan blir ljusbrun på röd frukt och grön-brun till mörkgul röta med blågröna sporer på gul frukt. Då ett infekterat område börjar bli mjukt sker utvecklingen av rötan snabbt. Våt rutten vävnad har ett genomskinligt utseende som är lätt att separera från frisk vävnad. Utvecklingen av blågröna konidier på fruktskalet är stor vid fuktiga förhållanden. Svampen är aggressiv och sporer sprids via luften (Tahir 2014, B).

Svampen *C. acutatum*, bitteröta, utvecklar i början av sitt angrepp små ljusbruna till mörkbruna, lätt inbuktade, fläckar som brukar omges av en röd ring. I området som är angripet utvecklas konformiga och fuktiga rosa eller krämfärgade konidiemassor som sprider sporer (Tahir 2014, B).

N. ditissima, kallat kräfröta på äpple frukt, ger röta på stam och grenverk på fruktträdet men ger också fruktskador (Tahir 2014, A och Weber 2014). Sjukdomen blir synlig på äpplet efter skörd eller efter en lång tid i lagring (Weber 2014). Ifall infektionen påbörjas i odlingen kommer det synas vid botten på äpplet och ifall infektionen blir synlig efter lagring och kan förekomma överallt på äpplet (Weber 2014). Sjukdomen ger röta och karakteriseras av att det är lätt att separera hälsosam vävnad från infekterad med en sked eller spatel (Weber 2014). Det är vanligt att kontrollera för sjukdomen via att undersöka skafthålan för mjukning och röta (Dominik Merkert personlig kommunikation). Men sjukdomen kan förekomma på flera ställen såsom vid botten av äpplet och vid andra inkörspartar (Weber 2014)

1.5. Mekaniska och fysiologiska skador

Mekaniska skador är stötskador och de resulterar i ökad mottaglighet för sjukdomar och påskyndar mognadsprocessen. Dessa skador orsakas av kompression, tryck och vibration och kan förekomma genom hela ledet från odling till konsument. Stötskador visar sig ofta som mjuka, bruna ”sår” (Tahir 2014, A).

Fysiologiska skador är skador som kan uppkomma före, under och efter lagring och kan vara ett resultat av olämplig miljö och brist/obalans på näringsämnen (Tahir 2014, A). Vanliga fysiologiska skador på äpplen är mjuk skalbränna, mösk, pricksjuka och glasighet (Tahir 2014, B)

Mjuk skalbränna ger mjuka bandliknande bruna områden på skalet hos äpplet. Dessa områden blir sedan svarta och sprider sig in i fruktköttet. Området som är sjukt är mjukt, inbuktat samt missfärgat och kan angripas av svampsjukdomar (Tahir 2014, B).

Mösk karakteriseras av att fruktköttet blir gult till brunt, poröst och mjöligt. Ibland är endast solsidan påverkad medan resten av frukten förblir normal. Ofta finns det en liten ring av friskt fruktkött som omger den skadade vävnaden. Färgen på skalet vid angrepp kan vara normalt eller ha en mörk och matt färg, vid senare tillfällen, sprickor börjar synas (Tahir 2014, B).

En vanlig skada som kan synas strax före skörd eller först under lagring är pricksjuka. Pricksjuka ger små, gröna eller bruna, torra samt porösa fläckar i köttet. Dessa kan synas som runda inbuktade fläckar i skalet, majoriteten av dessa sitter runt flugan på äpplet. Skadan kan skiljas från borbrist genom att den inte går så djupt in i äpplet, inte mer än 6 mm (Tahir 2014, B).

1.6. Handelsnormer för äpplen

Då lagret öppnas och frukten ska säljas sorteras den så att äpplen av god kvalitet kommer ut på marknaden. Vid sorteringen följs Jordbruksverkets uppsatta handelsnormer för äpplen (Jordbruksverket 2019).

Minimikraven som ställs är att äpplet ska vara helt, friskt och fritt från sjukdom eller annat som kan göra det olämpligt för konsumtion, rent, fritt från skador på fruktkött orsakat av skadedjur, fria från allvarlig glasighet, fritt från onormal yttre fuktighet, fritt från främmande lukt och/eller smak (Jordbruksverket 2019).

Mognadskraven för äpplen är att de ska uppvisa tillfredsställande mognad samt utveckling, vilket innebär att äpplena ska ha uppnått ett utvecklingsstadium samt mognadsgrad så att deras

mognadsprocess kan fortsätta och de därmed kan uppnå den mognad som krävs med hänsyn till sortegenskaperna (Jordbruksverket 2019).

Äpplen delas vidare in i tre klasser (äpplen avsedda för industriell bearbetning undantaget). Klass "Extra" är äpplen av högsta kvalitet samt har typiska karaktsdrag för motsvarande sort. Klassen delas upp i olika färggrupper där färggrupp A ska ha röd färg på $\frac{3}{4}$ av den sammanlagda ytan, färggrupp B ska ha delvis röda färger på $\frac{1}{2}$ av ytan och färggrupp C ska ha svagt rödfärgade eller rödstrimmiga färger på $\frac{1}{3}$ av ytan. På färggrupp D ställs inga minimikrav när det gäller färg på äpplets yta. Fruktköttet på klass "Extra" ska vara helt friskt. Skalet ska vara utan fel men kan ha mycket små och isolerade spår av rostbildning såsom bruna fläckar som inte får gå utanför skafthålan och som inte får vara skrovliga (Jordbruksverket 2019).

Klass 1-äpplen ska vara av god kvalité samt ha egenskaper som är typiska för sorten. Inom klass 1 är kraven för färg hos grupp A att $\frac{1}{2}$ av sammanlagda ytan ska ha röd färg, grupp B att $\frac{1}{3}$ av ytan ska ha delvis röda färger, grupp C att $\frac{1}{10}$ av ytan har svagt röd, rödfärgad eller rödstrimmig färg, medan grupp D inte har några krav på färg på ytan av äpplet. Fruktköttet för denna klass ska vara friskt. Skalet får ha mindre fel förutsatt att detta inte försämrar det allmänna utseendet, kvalitet, hållbarhet och presentation i förpackningen. Klass 1-frukt får ha mindre fel i form, utveckling och färg, samt får ha stötskador som inte är missfärgade med en maximal sammanlagd yta på 1 cm^2 . Rostbildning såsom bruna fläckar eller tunn nätliknande rost får vara något utanför skafthålan eller foderhålan men får inte vara skrovliga eller täcka mer än $\frac{1}{5}$ av ytan hos frukten (Jordbruksverket 2019).

Klass 2 omfattar äpplen som inte uppfyller kraven för ovan beskrivna klasser men som uppfyller minimikraven. Fruktköttet för denna klass får inte ha några större fel. Vissa fel får dock förekomma förutsatt att äpplena bibehåller sina viktigaste egenskaper i fråga om kvalitet, hållbarhet och presentation. Dessa är fel i formen, fel i utvecklingen, färgfel, mindre stötskador, som får vara lätt missfärgade och får täcka en yta på högst $1,5 \text{ cm}^2$, fel i skalet, mindre rostbildning såsom bruna fläckar som får gå utanför skafthålan eller foderhålan och som får vara något skrovliga och/eller tunn, nätliknande rost som inte täcker mer än $\frac{1}{2}$ av fruktens sammanlagda yta och/eller kraftig rost som inte täcker mer än $\frac{1}{3}$ av fruktens yta. (Jordbruksverket 2019).

1.7. Äppelriket

Äppelriket Österlen är ett medlemsföretag som grundades 1956 av några odlare i Kiviksområdet. Runt 100 fruktodlare runt om i Skåne, Blekinge, Småland samt Östergötland är medlemmar. Äppelrikets huvuduppgift är att sälja samt marknadsföra deras medlemmars frukt. Företaget lagrar, sorterar och packar frukten i deras centralpackeriet i Kivik och ute i odlarnas egna packerier. Företaget erbjuder också råd och stöd från odling till val av växtskydd samt försäljning av frukt.

Lagringsmetoderna som företaget använder är normal kyl, ULO och DCA. Detta gör det möjligt för dem att leverera svenska äpplen året runt (Dominik Merkert personlig kommunikation).

1.8. Förluster i svensk äppelproduktion

I en rapport publicerad av Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp 2015 undersöktes matsvinn av äpplen. Forskarna fann att 2,9 ton, vid 1 700 träd per hektar som medeltal, lämnades kvar i äppelodlingarna efter skörd vilket skulle motsvara 4,3 miljoner kg, eller 18% av den totala äppelskörden, per år (Olsson et. al. 2015). Statistik mellan 2010–2015 visade att 2% av äpplena kasseras på grund av att de inte mötte EU:s kvalitetsnormer (Olsson et. al. 2015).

Utöver svinn i odlingen och kassering sker det förluster i lagret då sjukdomar och diverse fysiologiska skador uttrycker sig senare eller efter lagring (Tahir 2014, A, B).

Idag finns det dock ej någon information om exakt hur mycket förluster det sker i livsmedelskedjan för äpplen då det sker i många led och det är svårt att få fram exakt hur mycket äpplen som slängs hos konsumenterna och i handeln. Därtill finns det begränsad information om olika äpplesorter hur länge de håller efter ULO-lagring då de placeras i butiker.

1.9. Syfte och frågeställning

Syftet med detta arbete är dels att undersöka hur kvaliteten förändras i äpplen som efter att ULO-lagret öppnats fortfarande lagras i detta utrymme fast under normal atmosfär (NA), dels att studera hur kvaliteten förändras i dessa äpplen då de efter lagringen placeras i förhållanden motsvarande shelf-life under några veckor. Arbetet ska ge både packerier och livsmedelsbutiker en djupare förståelse för kvalitetsutvecklingen hos sorten 'Elise' då den varit i ULO-lagring och placeras i shelf-life.

Frågeställningarna i detta arbete är:

1. Hur påverkas äpplens shelf-life tid och fruktkvaliteten hos 'Elise'-äpplen efter att ett ULO-lager öppnats men äpplena ligger kvar i lagret?
2. Hur förändras kvaliteten hos de ULO-lagrade äpplena då de placeras i shelf-life? Är detta beroende av hur länge äpplena finns kvar i ULO-lagret efter att det öppnats?

2. Material och metod

2.1. Plats och sort

Undersökningen utfördes på Äppelriket Österlen, i deras centralpackeri i Kivik.

Äppelsorten som undersöktes var 'Elise' som varit lagrad i ULO i 7 månader. 'Elise' är ett stort till mycket stort äpple med en gröngul till gul grundfärg med ett medeltjockt, svagt glänsande, något strävt skal som kan ha ett nätmönster av rost synligt. Plockningen av 'Elise' sker i mitten av oktober och dess mognadstid är i december och äpplet sägs hålla till mars. Fruktköttet är blekgult, fast senare mörkt, saftigt, sött, rätt syrligt och har en god arom. Fruktköttet brunfärgas ej (Näslund & Sandeberg 2010).

2.2. Försöksupplägg

Försöket pågick i fem veckor med start 28 mars, då ULO-lagret öppnades, och slutade 2 maj.

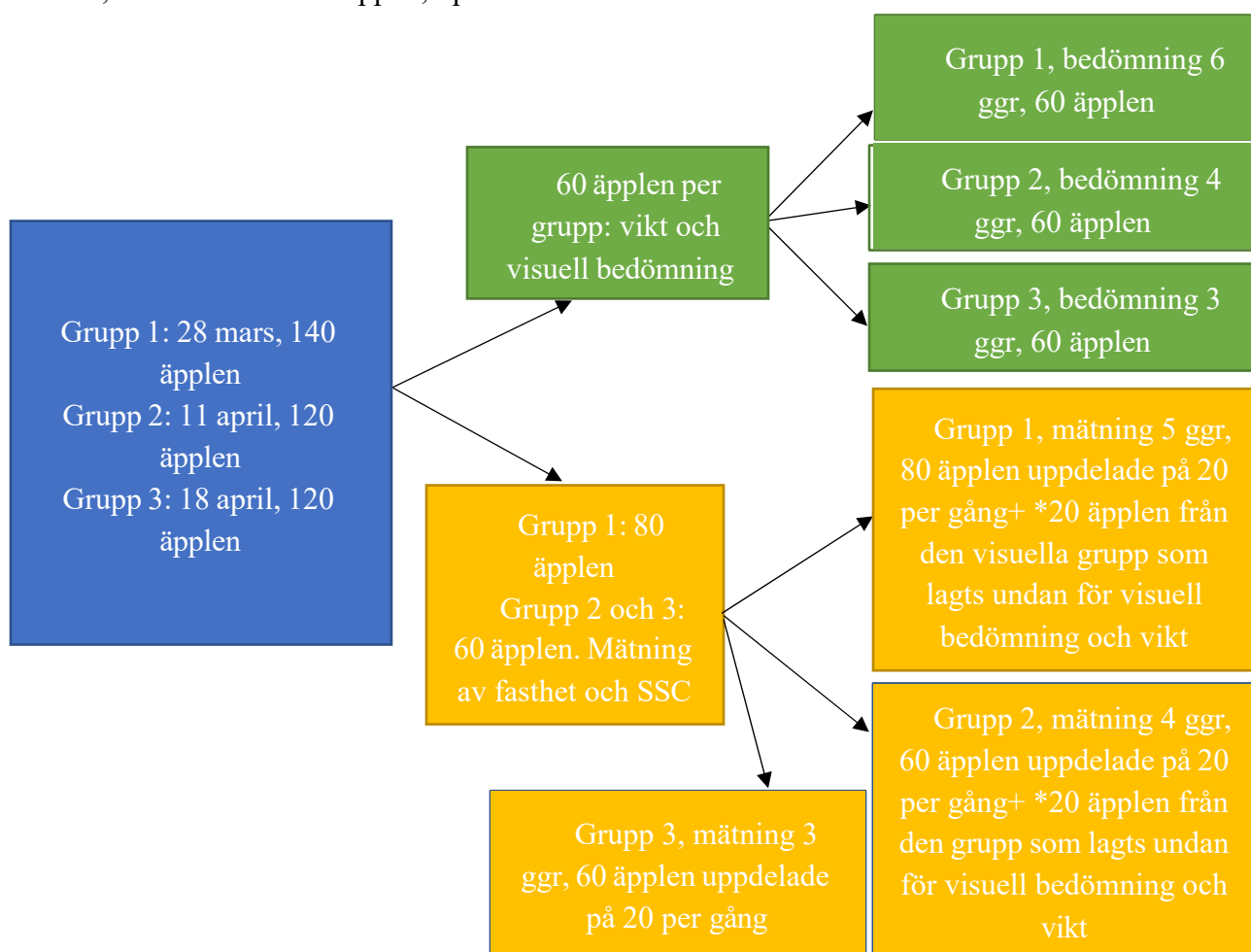
En bingebunch blev utvald från det nyligen öppnade lagret och märktes med orange tejp för att säkra att frukt plockades från samma bingebunch genom hela försöket. Från denna bingebunch togs slumpmässigt 140 äpplen ut vid första tillfället och 120 äpplen vid två andra tillfällen. Första gruppen togs ut 28 mars, den andra 11 april och den tredje 18 april (Figur 1). Urval av äpplen baserades på storlek och vikt, uppskattningsvis skulle äpplet ha en diameter på 70–80 mm samt en vikt under 250 g. Därefter placerades de i mindre plastbingar med kartongunderlägg i ett utrymme med rums-temperatur, jämförbart med shelf-life förhållanden.

Av de 140 äpplena som togs ut, i grupp 1, lades 60 för visuell bedömning och vägning och resterande 80 användes för mätning av fasthet och sockernehåll. För grupp 2 och 3 togs det ut 120 äpplen, varav 60 lades åt sidan för visuell bedömning och vägning och resterande 60 äpplen användes för mätning av fasthet och sockernehåll. Mätningarna utfördes en gång per vecka för att följa äpplets nedbrytning.

2.2.1. Fasthet och sockernehåll

För att undersöka äpplets kvalitetsutveckling mättes fastheten (cm^2/kg) med hjälp av en penetrometer (Model FT 327; Effigy, Italy; plunger diameter of 11,1 mm, depth of 7,9 mm) och sockernehåll (%) med en refraktometer (Model Bellingham och Stanley Ltd.). Sockernehåll och fasthet mättes på 20 äpplen per gång, under tre till sex veckor (Figur 1). För grupp 1 och 2 användes äpplen från den grupp som lagts undan för visuell bedömning och vikt under sista mätningen.

Äpplet skalades på solsidan och skuggsidan. Därefter användes en penetrometer som fördes in 1 cm i fruktköttet och lästes av. Äppelsaft från äpplet droppades på en refraktometer som mätte °Brix, sockernehållet i äpplet, i procent.



Figur 1: Fördelning av äpplen. Blå ruta representerar äpplen uttagna ur lager. Grön ruta representerar fördelning av äpplen för vikt och visuell bedömning, gul ruta representerar fördelning av äpplen för mätning av socker och fasthet. *För den sista mätningen för grupp 1 och 2 togs 20 äpplen från den grupp äpplen som användes för vikt och visuell bedömning.

2.2.2. Visuell bedömning och vikt

Vid undersökningen av vikt och visuell bedömning utvärderades samma 60 äpplen under sex, fyra eller tre veckor, den längre perioden för grupp 1 och de senare för grupp 2 respektive 3. Äpplena numrerades 1–60 och märktes med klisterlappar. Äpplena vägdes sedan med en digital våg ett och ett och vikten skrevs ned i gram. Samma våg användes under hela försöket. Utöver de 60 äpplena från grupp 1,2 och 3 utfördes också visuell bedömning av den utvalda bingen i det öppnade ULO-lagret där det blev en generell uppskattning av färgutveckling samt mängden äpplen med röta samt sjukdomar på sig.

Den visuella bedömningen bestod av att kontrollera äpplet för mekaniska och fysiologiska skador, märken, röta, blöta områden, stötskador och prickar. Med ett försiktigt tryck på äpplet kontrollerades förekomst av mjuka områden och förstadier till sjukdomar såsom kräfröta, som vanligen påbörjar sin spridning vid skafthålan. Vid bedömning av kassering av frukt eller ej användes tre stadier: godkänd, gränsfall och kasserad (Tabell 1). Vid alla fall avgjordes kassering genom subjektiv bedömning med användning av minimikraven från Jordbruksverkets handelsnormer som grund.

Tabell 1: Visuella bedömning av äpplen i tre kategorier: godkänt, gränsfall och kassering

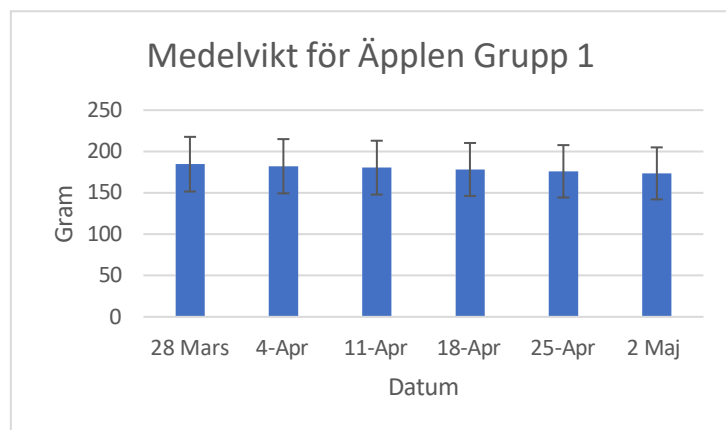
	Godkänd	Gränsfall	Kasserad
Mögel	-	-	Vid minsta tecken på mögelutveckling
Röta	-	-	Vid minsta tecken på röta
Blött	-	-	Vid minsta tecken på blöt utveckling
Prickar	Prickar som ej var större än 0,3 cm ansågs vara godkänt	Vid större antal prickar men fortfarande mindre än 0,5 cm ansågs äpplet vara gränsfall	Vid flertalet prickar större än 0,5 cm
Stötskada	Stötskador som var under 0,3 cm ansågs vara godkänd	Stötskador som ej var större än 0,5 cm ansågs vara gränsfall	Stötskador större än 0,5 cm

3. Resultat

3.1. Medelvikt

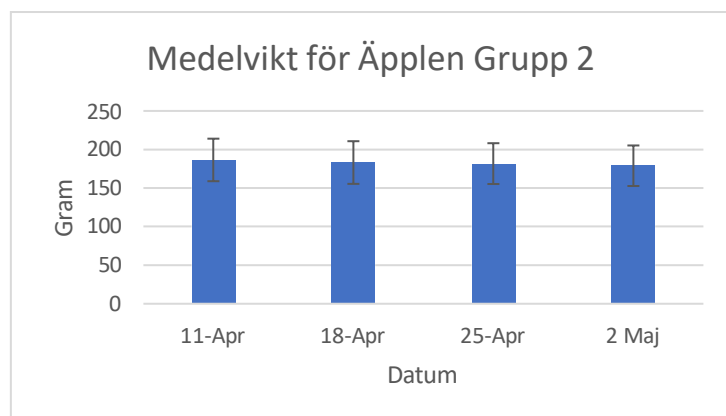
Vid avslutad undersökning hade äpplen i grupp 1 efter sex veckor gått ner i genomsnitt 11 gram i vikt (Figur 2). grupp 2 hade efter fyra veckor gått ner 7 gram (Figur 3) och grupp 3 hade under tre veckor minskat med 7 gram (Figur 4).

Under de sex veckorna som grupp 1 undersöktes var medelvikten vid uttag från lager (28 mars) knappt 185 gram med en standardavvikelse på 33 gram och sista veckan i genomsnitt 174 gram med en standardavvikelse på 31 gram (Figur 2).



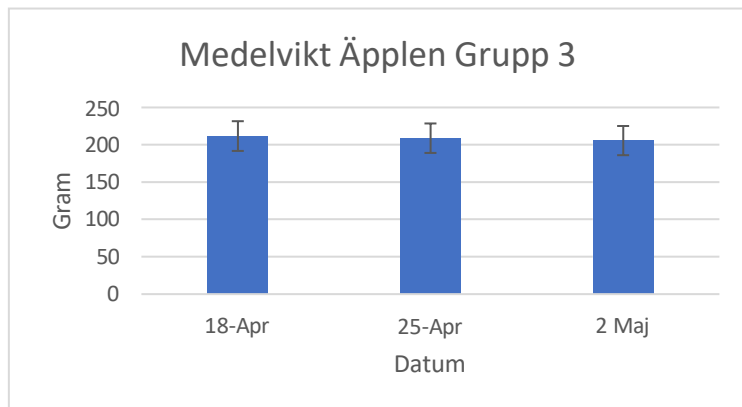
Figur 2: Medelvikt +/- standardavvikelse för äpplen i grupp 1

De fyra veckorna som grupp 2 undersöktes var medelvikten vid uttag från lager (11 april) drygt 186 gram med en standardavvikelse på 28 gram och sista veckan i genomsnitt 179 med en standardavvikelse på 26 gram (Figur 3)



Figur 3: Medelvikt +/- standardavvikelse för äpplen i grupp 2

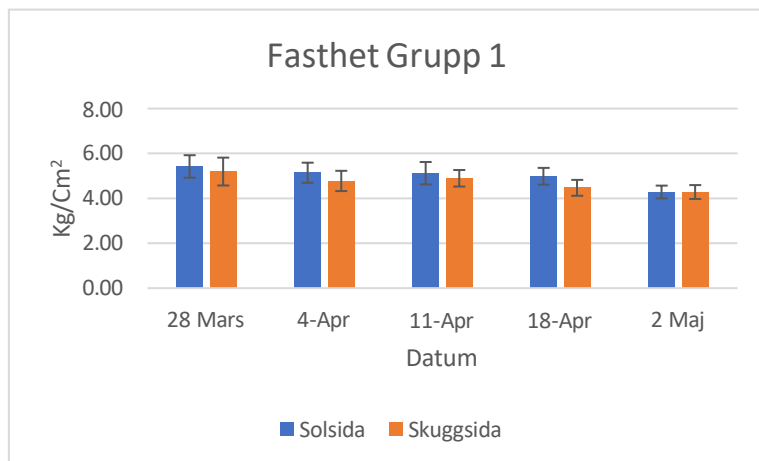
Grupp 3 hade i genomsnitt en vikt på 212 gram då äpplena togs ut från lagret (18 april) med en standardavvikelse på 20 gram och under sista veckan var vikten i genomsnitt 205 gram med en standardavvikelse på 20 gram. (Figur 4).



Figur 4: Medelvikt +/- standardavvikelse för äpplen i grupp 3

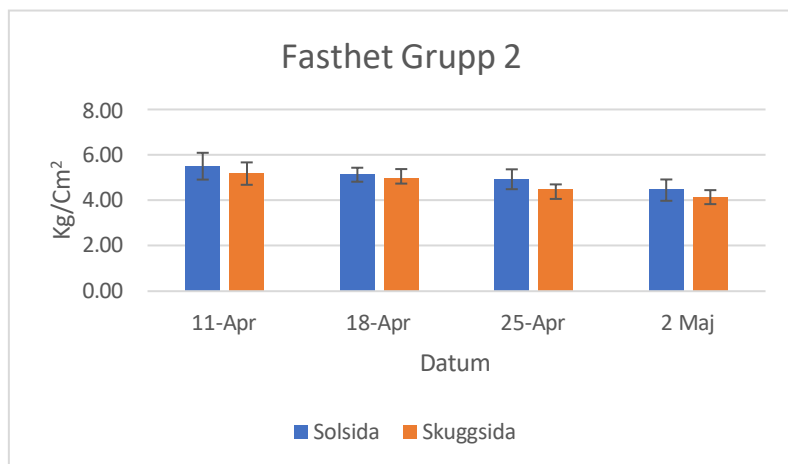
3.2. Fasthet

För grupp 1 var medelvärdet för fasthet på solsidan vid start av undersökningen 5,43 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,50 kg/cm², och minskade därefter med i genomsnitt 0,228 kg/cm² per vecka till en slutlig fasthet på 4,29 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,28 kg/cm². Medelvärdet för fastheten på skuggsidan var i början av undersökningen 5,20 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,62 kg/cm², och hade en minskning på i genomsnitt 0,182 kg/cm² per vecka och en slutlig fasthet på 4,29 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,31 kg/cm². (Figur 5).



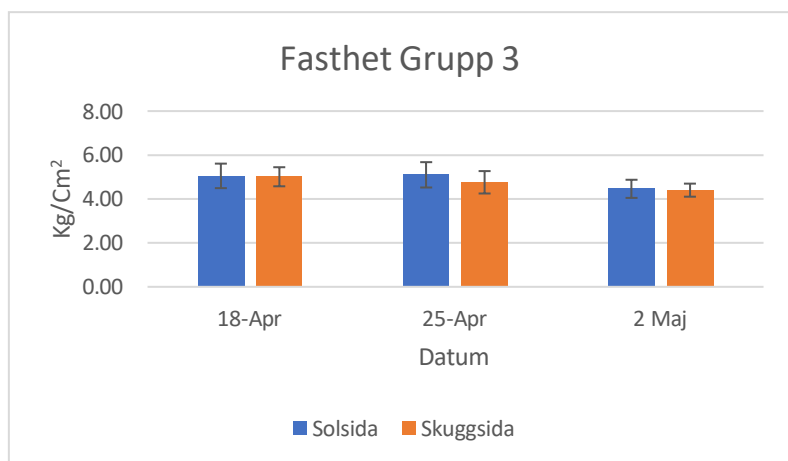
Figur 5: Fasthet solsida(blå) och skuggsida (orange) +/- standardavvikelse för grupp 1

För grupp 2 var medelvärdet på fastheten på solsidan i början av undersökningen 5,50 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,59 kg/cm², och vid slutet var medelvärdet på 4,45 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,47 kg/cm² (Figur 6). Detta motsvarar en minskning på i genomsnitt 0,26 kg/cm² per vecka. Fastheten för skuggsidan var i början av mätningen 5,18 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,49 kg/cm², och vid slutet 4,14 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,31 kg/cm², vilket motsvarar en minskning på i genomsnitt 0,26 kg/cm² per vecka.



Figur 6: Fasthet solsida (blå) och skuggsida (orange) +/- standardavvikelse för grupp 2

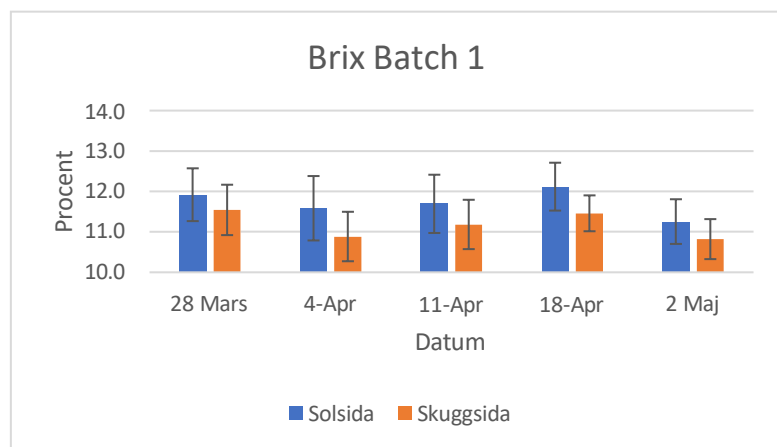
För grupp 3 var solsidas medelvärde för fasthet vid början av undersökningen 5,05 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,56 kg/cm², och i slutet 4,46 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,42 kg/cm², vilket är en succesiv minskning på i genomsnitt 0,196 kg/cm² per vecka (Figur 7). Skuggsidan hade i början ett medelvärde på 5,01 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,43 kg/cm², och i slutet en fasthet på 4,40 kg/cm², med en standardavvikelse på 0,30 kg/cm², vilket är en minskning på i genomsnitt 0,20 kg/cm² per vecka (Figur 7).



Figur 7: Fasthet solsida (blå) skuggsida (orange) +/- standardavvikelse för grupp 3

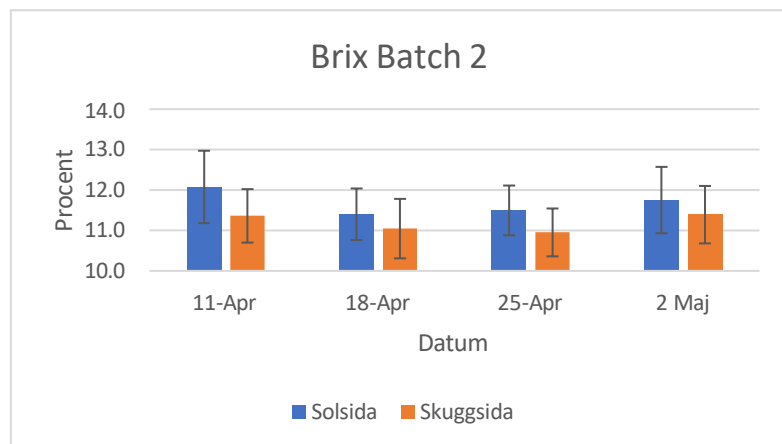
3.3. Sockerinnehåll (SSC)

Vid start av undersökningen var medelvärdet för grupp 1 på solsida 11,9 procent med en standardavvikelse på 0,65 procent och vid slutet 11,3 procent med en standardavvikelse på 0,55 procent. Skuggsida hade ett medelvärde på 11,5 procent vid start av undersökning med en standardavvikelse på 0,62 procent och 10,8 procent vid slutet av undersökningen med en standardavvikelse på 0,49 procent. Sockerinnehållet för grupp 1 sjönk mest mellan 18 april och 2 maj (se figur 8).



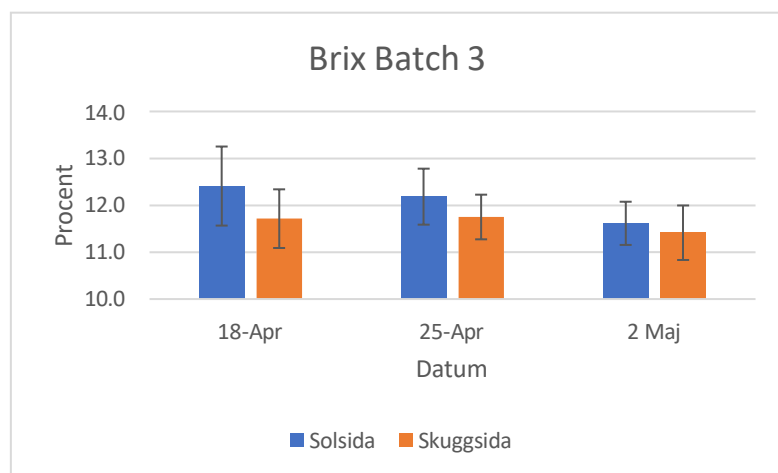
Figur 8: Brix solsida (blå) och skuggsida (orange) för grupp 1

Medelvärdet på solsida hos grupp 2 var vid början av undersökningen 12,08 procent med en standardavvikelse på 0,89 procent och vid slutet 11,75 procent med en standardavvikelse på 0,82 procent (Figur 9). Medelvärdet för skuggsida var vid början av undersökningen 11,36 procent med en standardavvikelse på 0,66 procent, därefter sjönk det vid mätningarna 18 och 25 april, för att sedan åter öka till 11,39 procent vid slutet av undersökningen med en standardavvikelse på 0,71 procent (Figur 9).



Figur 9: Brix solsida (blå) och skuggsida (orange) för grupp 2

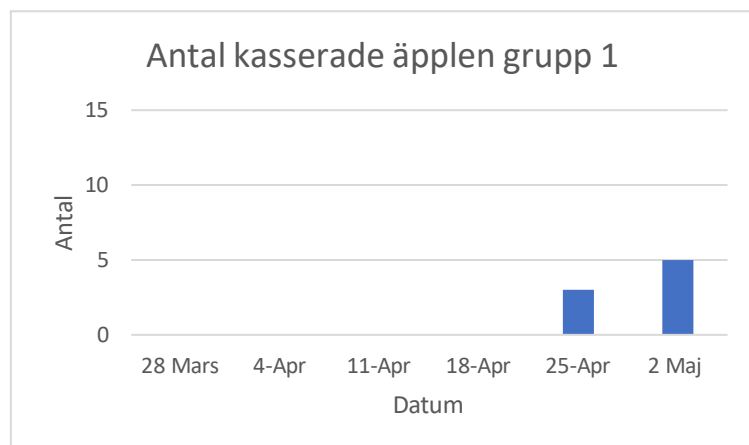
Grupp 3 hade ett medelvärde på solsida i början av undersökningen på 12,41 procent med en standardavvikelse på 0,84 procent och i slutet ett medelvärde på 11,62 procent med en standardavvikelse på 0,46 procent. Skuggsidans medelvärde för grupp 3 var 11,72 procent i början med en standardavvikelse på 0,63 procent och i slutet 11,42 procent med en standardavvikelse på 0,58 procent (Figur 10).



Figur 10: Brix solsida (blå) och skuggsida (orange) för grupp 3

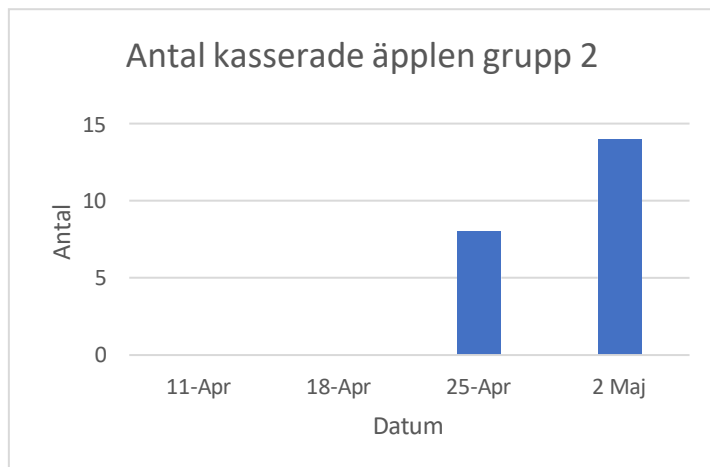
3.4. Kasserade äpplen

För grupp 1 var första kassering av äpplen 4 veckor efter de plockades ut, 25 april, där 3 äpplen kasserades. Veckan efter, 2 maj, kasserade ytterligare 5 äpplen. Totalt kasserades således 8 äpplen (Figur 11).



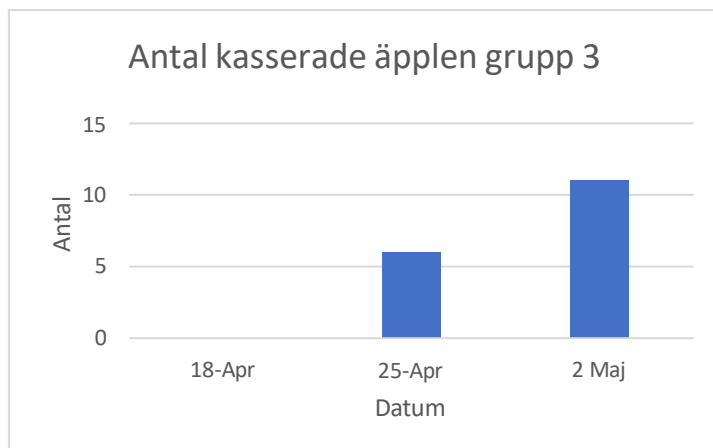
Figur 11: Antal kasserade äpplen hos grupp 1.

För grupp 2 kasserade 8 äpplen den 25 april och ytterligare 14 äpplen den 2 maj. Totalt kasserades således 22 äpplen (Figur 12)



Figur 12: Antal kasserade äpplen hos grupp 2.

För grupp 3 kasserades 6 äpplen den 25 april och ytterligare 11 äpplen den 2 maj. Totalt kasserades således 17 äpplen (Figur 13)



Figur 13: Antal kasserade äpplen hos grupp 3.

3.5. Förändring i kvalitet när äpplena låg kvar i öppnat ULO-lager

Vid start av försöket var det få äpplen som hade röta eller var sjukdomsangripna och bingen hade blivit sorterad innan den sattes i lagret (Figur 14).



Figur 14: Utvald bing i lager, till vänster, vid start av undersökning, 28 mars. Utvald bing i lager, till höger, näst sista veckan, 25 april.

De kvalitetsförändringar som förekom i den utvalda bingen kvar i det öppnade ULO-lagret var en färgförändring där äpplena blev mer och mer mörkare i dess färger. I bingen hade också mängden äpplen med utvecklade sjukdom och röta ökat ju längre försöket pågick (Figur 14).

4. Diskussion

Syftet med detta arbete var att undersöka förändringar av olika kvalitetsparametrar för äpplen som varit i ULO lagring i 7 månader och sedan placerades i rumstemperatur (shelf-life) under ett antal veckor. De frågeställningar som ställdes i försöket var:

1. Hur påverkas äppelns shelf-life tid och fruktkvaliteten hos 'Elise'-äpplen efter att ett ULO-lager öppnats men äpplena ligger kvar i lagret?
2. Hur förändras kvaliteten hos de ULO-lagrade äpplena då de placeras i shelf-life? Är detta beroende av hur länge äpplena finns kvar i ULO-lagret efter att det öppnats?

Kvaliteten var lägre (minskad fasthet, högre andel sjukdomsangripen frukt) för de äpplena som låg kvar i det öppna ULO-lagret jämfört med de äpplen som plockades ut direkt efter öppningen. Undersökningen visade tydligt att fruktkvaliteten försämrades ju längre äpplen låg i shelf-life med en minskning i fasthet, vikt och ökad kassering av äpplen. Äpplen som togs ut vid ett senare tillfälle uppvisade kortare shelf-life med en större förekomst av kassering.

4.1. Förändring av kvalitet hos äpplen i shelf-life

Äpplen som placerades i shelf-life uppvisade minskande vikt och fasthet med antal veckor, medan sockerinnehållet tenderade att minska i grupp 1 som togs ut 28 mars och grupp 3 som togs ut 18 april, men inte i grupp 2. Vikten och fastheten för äpplena minskade i shelf-life då mer vatten avdunstade från äpplena. Detta antas bero på den förhöjda temperaturen som hölls i rummet för att efterlikna shelf-life.

2019 utfördes en undersökning i Serbien med äppelsorterna 'Golden Delicious' och 'Idared' där påverkan av ULO och NA lagring jämfördes genom att placera äpplena i shelf-life under 20 dagar (Koricanac 2020). De fann att 'Golden Delicious' som varit i ULO lagring förlorade i genomsnitt 2% i vikt efter 10 dagar i shelf-life, och 3–4% efter 20 dagar i shelf-life. 'Idared' förlorade 3–4% av sin vikt efter 10 dagars shelf-life och 5–6% efter 20 dagar. Även om detta är två andra sorters äpplen är det en liknande viktnedgång som för 'Elise' då viktnedgången för denna sort efter 21 dagar var 3,7% hos grupp 1 och 2 (Koricanac 2020). I en annan studie testades sorten 'Gita'. Sorten förlorade efter två veckor 8% av sin ursprungliga vikt (Juhnevia et. al. 2013). Således verkar äpple generellt minska i vikt under shelf-life, även om det troligen finns sortskillnader.

Färgutvecklingen av 'Elise'-äpplen både utanför och i lagret var densamma då förekomsten av gul, röd och mörkröd färg ökade ju längre undersökningen pågick. Detta förklaras av den biologiska reaktionen som omvandlar kloroplaster till kromoplaster som i sin tur ger gul, orange samt röd färg.

Socketinnehållet varierade något men sjönk i absoluta tal <7% över tiden. Detta stämmer överens med vad Koricanac et. al. (2020) fann för sorterna 'Golden Delicious' och 'Idared'.

Kasseringen av äpplen skedde vid samma tidpunkt, 25 april (4 veckor efter försökets påbörjades), för alla grupperna oavsett när de plockades ut. Det som var intressant var att även om grupp 1 hade plockats ut och varit i shelf-life under en längre period så förekom färre kasserade äpplen än för grupp 2 och 3 som plockades ut vid senare tillfällen. En hypotes om varför det blev detta resultat är att då grupp 1 plockades ut var ULO-lagret nyligen öppnat och de biologiska processerna var fortfarande dämpade och mängden rutton och sjukdomsangripen frukt var lägre. Men då lagret varit öppet under en längre tid ökade respirationen för äpplena och mängden rutton och sjukdomsangripen frukt ökade också. På grund av detta så hade äpplena som plockades ut vid senare tillfälle utsatts för smitta från rutton och sjukdomsangripen frukt samt en ökad respiration så när de placerades i shelf-life ökade dessa processer ännu mer och som resultat behövdes fler äpplen kasseras.

Med en standardavvikelse på drygt 33 gram hos grupp 1, 28 gram i grupp 2 och 20 gram i grupp 3 var det ej någon stor skillnad i vikt mellan äpplen inom samma grupp. Detta tyder på att skillnaden mellan äpplen inte var så stor vilket är avgörande för resultatet. Hade det varit stora skillnader i storlek hade detta sannolikt påverkat resultatet för övriga mätningar, till exempel tenderar små äpplen att vara fastare än stora.

Fastheten hos äpplena i samma grupp hade mycket små standardavvikelser vilket tyder på att det ej varit något äpple inom en grupp som haft ett avvikande värde jämfört med resten. Medelvärdena för grupp 1 och 2 var liknande medan grupp 3 hade det lägsta värdet vid uttag ur lagret. Detta kan förklaras med att medelvikten för grupp 3 var 25 gram högre än grupp 1 och 2.

Socketinnehållets standardavvikelser var lika varierande som medelvärdena. Men även med de varierande standardavvikelseerna var de små och ger en tydlig bild att det inte varit någon större skillnad i socketinnehållet mellan äpplena inom sina grupper.

4.2. Lagringstid och fruktkvalitet hos 'Elise' äpplen efter öppnat ULO-lager

Äpplen som plockades ut sist ur ULO-lagret hade minskad fasthet och ökat sockerinhåll jämfört äpplen som plockades ut då ULO-lagret nyss öppnades medan färgen var densamma. Utöver detta ökade mängden ruttna och sjukdomsangripna äpplen som var kvar i lagret. Anledningen till detta var att det förmodligen fanns ett fåtal äpplen som var ruttna och sjukdomsangripna då lagret öppnades och att antalet successivt ökade ju längre lagret var öppet.

Eftersom äpplena hade en lägre fasthet och varit kontakt med ruttna och sjukdomsangripna äpplen då de plockades ut hade de en betydligt lägre hållbarhet under perioden i shelf-life och fler äpplen kasserade då de troligen hade en högre koncentration av sjukdomar på sig. Dessutom hade de utsatts för högre koncentrationer av etylen.

Socketinhållet i grupp 2 och 3 låg generellt något högre än för grupp 1. En hypotes kring varför det var högre är att de under de veckor de låg kvar i lagret mognade och omvandlade stärkelse till socker.

4.3. Slutsatser

- Vid uttag av 'Elise' äpplen ur ett nyligen öppnat ULO-lager håller äpplena 4 veckor i rumstemperatur (shelf-life).
- 'Elise' äpplen som fortsatt varit i ett ULO-lager med normal atmosfär men med nedkyllning har också en kortare hållbarhet då de placeras i rumstemperatur (shelf-life).
- Sammantaget har denna studie givit viktiga resultat inom området inför planering av framtida försök och kan ses som en pilotstudie.

4.4. Förslag till förbättringar och vidare studier

- Om denna undersökning skulle göras igen skulle det behövas mer konkreta krav för kassering, i stället för subjektiv bedömning. Fler personer skulle kunna göra bedömningen av kraven för kassering av äpplen, vilket skulle öka exaktheten (s.k. minskad intervariabilitet).
- Vid urval av äpplen ur lagret borde en slumpmässig metod användas för att minska risken för subjektivitet. Till exempel kan det i förväg bestämmas vilken andel äpplen som behöver studeras och sedan väljes vart x:e äpple ut av samtliga tills antalet är uppnått, oavsett utseende.
- För få äpplen togs ut för mätningar i grupp 1 och 2 vilket gjorde att mätning av fasthet och sockerinnehåll behövde tas från den andra gruppen, vikt och visuell bedömning. Följaktligen borde fler äpplen än 140 respektive 120 plockats ut för mätningar.
- I framtida försök vore det intressant att följa äpplena från odlingen för att undersöka hur klimat, gödselgivor och utveckling i odlingen påverkar graden av kassering efter lagring i ULO.
- Anledning till kassering skulle protokollförts konsekvent för att få reda på om det fanns en mer förekommande sjukdom eller fysiologiska och mekaniska skador som ledde till kassering.
- Vidare skulle äpplen ur flera bingar undersökas för att få en bild av variationen i lagret.

Tack!

Speciellt tack till Äppelriket där jag fick utföra mitt arbete och Dominik Merkert, rådgivare på Äppelriket, och Henrik Stridh, vd på Äppelriket, som varit till hjälp vid planering och utförandet av försöket och arbetet.

Speciellt och stort tack till min handledare Helena Persson Hovmalm hjälpt mig genom hela arbetet och varit till stor hjälp vid rättandet av mitt arbete och för de intressanta diskussionerna vi haft.

Speciellt tack till min far, docent Birger Pålsson, som rättat min text och hjälpt mig under arbetets gång med tips, förtydliganden och diskussioner.

5. Referenslista

Brackmann, A., Streif, J. & Bangerth, F. (1993). Relationship between a Reduced Aroma Production and Lipid Metabolism of Apples after Long-term Controlled-atmosphere Storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118 (2), 243–247.
<https://doi.org/10.21273/JASHS.118.2.243>

Jordbruksverket (2019). Handelsnorm för äpplen. I: Jordbruksverket (ed.). Jordbruksverket

Jordbruksverket (2020). Jordbruksverkets Statistikdatabas
https://statistik.sjv.se/PXWeb/api/v1/sv/Jordbruksverkets_statistikdatabas/Tradgardsodling/Odling/Atbara_vaxter/JO0102P5.px (3-4-2023)

Juhnevica, K., Krasnova, I., Skudra, G. & Aboltins, A. (2013). assessment of apple shelf life after storage at modified atmosphere. 597–605. International Society for Horticultural Science.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.981.96>

Kader, A.A. (1999). Fruit maturity, ripening, and quality relationships., Wageningen, 1999. 203–208. Wageningen: ISHS. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.485.27>

Koricanac, A., Miletic, N., Popovic, B., Mitrovic, O., Lukic, M., Pesakovic, M. & Tomic, J. (2020). The Effect of ULO and NA Storage on Changes in the Quality of Apple Fruit (*Malus domestica* Borkh.) during Shelf Life. *Agronomy (Basel)*, 10 (1),
<https://doi.org/10.3390/agronomy10010025>

Näslund G. K. & Sandeberg af I., Kärnhuset, (2010). Svenska Äpplen. Kärnhuset

Lakso A. & Goffinet M. (2013). Apple Fruit Growth. *New York Quarterly*. Volume 21, 11-14.
<https://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/2.Apple-Fruit-Growth.pdf> (5-4-2023)

Olsson, M., Andersson, S. & Gustavsson, K.-E. (2015). *Matsvinn i primärproduktionen, exempel från äpple och morot*. Alnarp: Institutionen för växtförädling, Sveriges lantbruksuniversitet.

Persson, J. 2018. Fruktträd 2017. I: Jordbruksverket (ed.). Statistiska Centralbyrån.

Wills, R.B.H. & Golding, J.B. (2016). *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. 6th edition. Sydney: UNSW Press.

Sjöstrand, J. (2021). *Improving storability and quality of Swedish apples*. Alnarp: Department of plant breeding, Swedish University of Agricultural Sciences.

Tahir, I. (2014, A). *Fruktodling och efterskördbehandling*. Växjö: Visionmedia Syd.

Tahir, I. (2014, B). *Vad är det som förtär äpple under lagring? What spoils apples during storage?* Alnarp: Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.

Thompson, A.K. (A. K. (2018). *Controlled atmosphere storage of fruit and vegetables*. Third edition. Wallingford, Oxfordshire, England: CABI.

Weber, R.W.S. (2014). Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. *Erwerbsobstbau*, 56 (3), 95–107. <https://doi.org/10.1007/s10341-014-0210-x>

Yearsley, C.W., Banks, N.H., Ganesh, S. & Cleland, D.J. (1996). Determination of lower oxygen limits for apple fruit. *Postharvest biology and technology*, 8 (2), 95–109. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(96\)00064-6](https://doi.org/10.1016/0925-5214(96)00064-6)

Icke publicerat material

Merkert D. (2023), personlig kommunikation

Gustavsson L. (2023), personlig kommunikation