LANDSKAP TRÄDGÅRD JORDBRUK

Rapportserie

Framtagning av optimala lagringsbetingelser i ULO-lager samt optimala plockningstider för äpplesorten 'Frida'

SLU och ÄPPELRIKET

Ibrahim Tahir

Växtförädling och bioteknik, SLU Alnarp

Sverige Lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2012:15

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-87117-14-5

Alnarp 2012

Sammanfattning

”Svenska Äpplen” äger sorträttigheterna för ’Frida’, den sort som har tagits fram av Sveriges Lantbruksuniversitet. För att kunna möta konkurrensen från importerad frukt med denna sort, syftar denna studie till att erhålla kunskaper om bestämningen av sortens optimala skördetidspunkt samt hur sorten reagerar på kontrollerad atmosfär (CA) respektive Ultra låg syre lagring (ULO).

’Frida’ måste plockas när frukten når sin ***trädmognad*** (fysiologisk mognad). Detta fruktlivsstadie som tar nästan två veckor, kan bestämmas med två noggranna index etylenproduktion och Streif index samt med stärkelsenedbrytning som är ett mindre ackurate index. Trädmognadsstadiet för ’Frida’ börjar när en fjärde del av frukterna börjar producera mer än 0,1 µl etylen per liter färskvikt, Streif index är 0,20 och SNB är 4 och slutar när mer än 50% av frukterna producerar mer än 0,1 µl etylen per liter färskvikt, Streif index är mindre än 0,17 och SNB blir 6.

Fruktåldrandet kan bromsas upp genom lagring vid optimal temperatur och/eller förvaring i kontrollerad atmosfär (CA), varvid luftens sammansättning förändras så att syrehalten reduceras och koldioxidhalten ökas eller Ultra Låg Syre (ULO), där syrehalten ligger på 1%. 'Fridas' frukt är känslig mot låg temperatur (1°C) under kyllagring, vilket tydligt visades med förekomsten av mjuk skalbränna. Detta problem försvann nästan helt när äpplen lagardes vid (3ºC). Låg temperatur orsakade också mer svampangrepp utan att ha någon inverkan på fruktfasthet, sockerinnehåll och färg.

Viktförlust, sjukdomar, svampangrepp och därmed total lagringsförlust minskade medan fruktkvaliteten förbättrades vid lagring i kontrollerad atmosfär, jämfört med traditionell kyllagring. ULO-lagring (1% syre med 2% koldioxid) förbättrade ’Fridas’ lagringsduglighet jämfört med CA.

1. Bakgrund

Sveriges Lantbruksuniversitet har tagit fram en ny äpplesort 'Frida' (Nybom, 2004). "Svenska Äpplen" äger sorträttigheterna. Fridaträd är välförgrenat med många sporrar och har en medelstark tillväxt. Frukten är knappt medelstor, något plattrund och svagt men glänsande skal. Frukten har en gul grundfärg, upp till 75 % varmröd täckfärg, djup och trång skafthåla, skaft av medellängd, öppen kärnhushåla, och vitt, fast och mycket välsmakande fruktkött. Sorten som mognar i början av oktober, visar god resistens mot äppleskorv. För att kunna möta konkurrensen från importerad frukt med denna sort, är det nödvändigt att erhålla kunskaper om bestämningen av deras optimala skördetidspunkt samt hur sorten reagerar på olika lagringsmetoder.

Under fruktens ämnesomsättning bryts cellernas kolhydrater (stärkelse, socker mm) ner för att alstra energi till den fortsatta utvecklingen. Med andning konsumerar frukten inte bara inlagrade kolhydrater utan också fetter, syror och andra energirika ämnen som ger frukten smak, färg och fasthet. Medan frukten fortfarande finns på trädet kompenseras vatten- och kolhydratförlusten genom att vatten tas upp via rötterna och genom att kolhydrater produceras under fotosyntesen. Plockad frukt är fortfarande en levande produkt som fortsätter att andas och därmed konsumerar kolhydrater och avger vatten, men nu utan att trädet ersätter bortfallet. Detta gör att åldrandet påskyndas och kvaliteten försämras. För att bevara fruktkvaliteten efter skörd måste andning och vattenavdunstning hållas på en så låg nivå som möjligt (Delong *et al.,* 2009; Kader, 2003).

Fruktåldrandet kan bromsas upp genom lagring vid optimal temperatur och/eller förvaring i kontrollerad atmosfär, varvid luftens sammansättning förändras så att syrehalten reduceras och koldioxidhalten ökas. Kyllagring, samt kontrollerad atmosfär (CA) eller Ultra Låg Syre (ULO), där syrehalten ligger på 1%, minskar svampangrepp, stötskador och lagringssjukdomar och bevarar fruktkvaliteten (fasthet, sockerhalt, skalfärg och C-vitaminhalt). Lagringsmetoder förbättrar inte fruktens kvalitet, men det kan bromsa kvalitetsförsämringen efter skörd. Frukten bör snabbt kylas ned och den rekommenderade luftsammansättning justeras omgående. Ju längre tid det tar att anpassa koldioxid- och syrenivån, desto mindre effektiv blir lagringen (Echeverri *et al.,* 2002; Goffings & Herregods 1994).

Bästa resultaten av CA-lagring respektive ULO-lagring uppnås när frukten plockas vid den optimala tidpunkten. Trots att det alltid finns en optimal skördetid, är det inte särskilt lätt att bestämma den. Fruktlivet kan delas i tre faser: en ***utvecklingsfas***, när en snabb celldelning och cellförstoring sker; en ***mognadsfas***, när många kvalitetsparametrar (mjukhet, lukt, smak, färg mm.) förändras, och en ***åldrandefas***, när frukten börjar förbruka sitt lager av näringsämnen och därmed försämras livsmedelsvärdet. Under mognadsfasen finns två delperioder, ***trädmognad*** (fysiologisk mognad) och ***ätmognad*** (hortikulturell mognad). Frukt som ska säljas och konsumeras direkt eller lagras under en kort period bör plockas i ätmognadsperioden (klimakteriestadiet). Däremot bör frukt som ska lagras längre plockas tidigare, helst under trädmognadperioden dvs. preklimakteriestadiet (de Castro *et al.,* 2007).

Bestämning av dessa delperioder kan utföras med olika metoder som bygger på ett flertal synliga samt osynliga förändringar som sker i frukten och visar mognadsstadiet. Fruktodlarna använder för det mesta de synliga förändringarna, t.ex. kärnfärg, skalfärg, fruktköttsfärg mm. För att med större noggrannhet kunna bestämma när det är dags att plocka frukten måste man använda osynliga index som även beror på inre förändringar, t.ex. mätning av förändringar i andningsnivån och produktionen av mognadshormonet, etylen, fruktstärkelsenedbrytning,

förändring i fruktens smak (sockerhaltökning och syrlighetsminskning) och förändring i fruktfastheten (Bulens *et al.,* 2010; Streif *et al.,* 1996).

Syftet med denna studie var att ta fram den optimala plockningstiden med hjälp av lämpliga mognadsindex samt optimala lagringsbetingelser för äpplesorten ”Frida”, och därmed förlänga lagringstiden, minska lagringsförlusterna, tillgodose marknadens och konsumenternas krav på hög kvalitet hos äpplen.

2. Metodbeskrivning

Försöken utfördes under två säsonger: 2010 och 2011. Försöksträden var inte äldre än 10 år vid undersökningens början. Skötseln i övrigt var den som standard förekommer i en IP fruktodling.

2.1. Bestämning av optimal skördetidspunkt

Tio försöksträd valdes ut slumpmässigt på förhand under sommaren, bland ett relativt stort antal träd i en odling i Kivik. Varannan dag plockades fyra äpplen från de inre och yttre delarna av varje trädkrona och följande mognadsindex analyserades:

- ***Etylenproduktion:*** frukterna placerades i tätslutande burkar under en timme. En ml luft sögs upp från burkarna med en spruta och sprutades in i en gaskromatograf (Agilent GC 6850, USA), valven 1000µl, 150° C, kolumn HP plåt Q 30*0,53mm*40µm (Agilent), för att mäta etylenproduktionen ’**IEC’**.
- ***Fruktfärg:*** mättes med en färgmätare (Minolta Chromameter CR 200, Japan); skalfärgen bedömdes enligt **a*** och **b***, där höga a-värden betyder att frukten har en bra röd färg och höga b-värden betyder att frukten har en bra gul färg.
- ***Fasthet:*** reduktionen i fruktfastheten p.g.a. pektinnedbrytning bedömdes med penetrometer (märket Effigi, 11.1 mm i diameter). Trycket anges i kilogram per cm^2.
- ***Löslig torrsubstans (SSC)*** dvs. sockerhalten plus andra lösta ämnen, uppskattades i äppelsaften. Sockerhaltsökning (stärkelsen omvandlas till socker) mättes med refraktometer och registrerades i procent.
- ***Syrainnehållet (TA)*** i fruktsaften mättes genom titrering med NaOH, (0,05 Normalitiet upptill pH= 8,3) och registrerades som %.
- ***Stärkelse nedbrytning* ’SNB’*:*** stärkelsenedbrytningen till socker som ett mognadsindex bedömdes med jod-test. Tio gram jod kristaller och 25 g kaliumjodid lades i en liter vatten, och skakades tills joden hade lösts upp. En 0,5-1,0 cm tjock skiva skars från äpplets mittersta del och doppades i jodlösningen, vändes efter 3-4 minuter och lämnades i ytterligare 3-4 minuter innan den togs bort och placerades på ett vitt papper i några minuter. SNB avlästes enligt mognadskartan, där 1 = ingen stärkelsenedbrytning (SNB), d.v.s. hela fruktköttet är jodfärgat, 2 = början till SNB inom fröhuszonen, 3 = starkare SNB i kärnhusen, 4 = ljus kärnhuszon, 5 = kärnhuszonen stärkelsefri med undantag av ledningssträngarna, 6 = kärnhuszonen stärkelsefri, början till SNB i fruktköttet, 7 = ytterligare SNB i fruktköttet, 8 = svag färgning i fruktköttet, 9 = svag färgning direkt under skalet och intill ledningssträngar, 10 = ingen färgning, stärkelsefri (Bilaga 1).
- ***Streif index*** beräknades enligt formeln: fasthet / (stärkelsevärde x löslig torrsubstans) (Streif, 1996).

Korrelationen mellan mognadsindexen beräknades med Excel program.

Fyra plockningstidpunkter under varje säsong valdes ut:

1. 134 dagar efter fullblomning (DEFB), när etylenproduktionen var mindre än 0,1 µl per liter, SNB var 2-3, Streif index var mer än 0,25.
2. 141 DEFB, när etylenproduktionen var 0,1 - 0,5 µl per liter, SNB var 3-4, Streif index var 0,20.
3. 148 DEFB, när etylenproduktionen var 0,5 – 1,0 µl per liter, SNB var 4-5, Streif index var 0,17.
4. 155 DEFB, när etylenproduktionen var mer 1,0 µl per liter, SNB var 5-6, Streif index var mindre än 0,1.

Vid varje ovannämnd tillfälle, plockades 240 alldeles friska och jämna frukter, vägdes, transporterades omgående till SLU-Balsgård, delades upp i tre block och lagrades i kyllagring (3°C respektive 90% relativ fuktighet) under fyra månader.

Efter lagring togs äpplen ut, vägdes (för bedömning av viktförlust) och sparades under ett särskilt tält (18°C och 75% RH) under en vecka för utvärdering av fruktens hållbarhet i butik ”shelf life” (Bilaga 2). Lagringsdugligheten bestämdes enligt förekomsten av svampangrepp (*Neofabraea, Penicillium expansum, Colletotrichum gloeosporioides)* och lagringssjukdomar (andelen skrumpen frukt, frukt med skalbränna, kärnhusbrunt och mjuk skalbränna) som besiktigades okulärt. Dessutom, kontrollerades fruktkvalitet på 10 frukter per block genom mätning av fruktfärg, fruktfasthet, sockerinnehåll och syrainnehåll såsom nämnts ovan. ’Frida’ med bra kvalitet skall ha:

- höga a*- värden och b*- värden,
- bra fasthet, lägre än 9 kg per cm² vid direkt marketing efter skörd, men inte lägre än 4,5 kg per cm² efter lagring,
- höga SSC, inte mindre än 11 %,
- lagom syrainnehållet, inte längre än 0,7 %,
- bra fruktsmak, dvs. socker/syra kvot bör vara 14-19.

2.2. Bestämning av optimal luftsammansättning i CA respektive ULO lagring

Vid varje ovannämnd skördetidstillfälle, plockades 360 alldeles friska och jämna frukter, transporterades omgående till SLU-Balsgård, delades upp i sex grupper (60 frukt per grupp). Varje grupp delades upp i tre block och lagrades med en av följande metoder:

1. Kyllagring 1: 1°C respektive 90% relativ fuktighet.
2. Kylagring 2: 3°C respektive 90% relativ fuktighet.
3. Kontroll atmosfär: 3 °C, 2% syre och 2% koldioxid.
4. Ultra låg syre: 3 °C, 1% syre och 1% koldioxid.
5. Ultra låg syre: 3 °C, 1% syre och 2% koldioxid.
6. Ultra låg syre: 3 °C, 1% syre och 3% koldioxid.

Äpplen lagrades under 150 dagar i kylrum (metoder 1 och 2) och i skåp (storlek 350 liter), som automatiskt kontrollerades med dator (metoder 3-6) (Bilaga 3). Fruktkvaliteten vid skörd bedömdes på ytterligare 40 frukt som plockades från samma träd, enligt ovannämnda analyser. Efter lagring togs äpplen ut, vägdes (för bedömning av viktförlust) och sparades under ett särskilt tält såsom nämnts ovan innan kvalitetparametrar analyserades igen.

2.3. Statistik

All resultat bearbetades statistiskt med hjälp av variansanalys (Minitab 15 program), för varje egenskap vid varje undersökningstillfälle för sig. Vid variansanalyserna jämfördes olika provplockningsdatum och fruktkvalitetsparametrar. Duncans test beräknades för att se vilka jämförelser som gav signifikanta skillnader i fruktkvalitetsparametrarna.

3. Resultat och diskussion

3.1. Bestämning av optimal skördetidspunkt

3.1.1. Undersökning av mognadsindex

Undersökningar av mognadsindexen, som medeltag av tre plockningstillfällen i en vecka och under de utvalda fyra veckorna runt den kommersiella skördetiden, visade att:

1. Etylenproduktionen (IEC) ökade kontinuerlig under skördeperioden. Den detekterbara ändringen, dvs. när IEC blev mer än 1 µl per liter, inträffades vid tredje veckan, i början av den veckan (dvs. 144 DEFB) under 2010 och vid slutet av denna vecka (dvs. 148 DEFB) under 2011 (Tabell 1).
2. Stärkelsenedbrytningen visade två stora ändringar, en i början av tredje veckan (144 DEFB) och den andra vid slutet av fjärde veckan (155 DEFB) (Tabell 1).
3. Fruktfastheten minskar med skördens fördröjning. Den maximala reduktionen inträffade under sista veckan, särskilt efter den kraftiga höjningen i IEC och stärkelsenedbrytningen (Tabell 1).
4. Ändringen i löslig torrsubstans-koncentration (SSC) var oklar. SSC var nästan stabil under tre veckor och ökade plötsligt under fjärde veckan (Tabell 1).
5. Streif index sjönk vid 137, 144 och 155 DEFB (Tabell 1).
6. Fruktsyrligheten minskade med skördens fördröjning. Försämringen var högst under den andra veckan och var oförändrad under resten av perioden (Tabell 1).
7. Fruktfärgen ökade under andra veckan och visade inte någon förändring efteråt (Tabell 1).

Tabell 1. Ändringar i sju mognadsindex under kommersiella skördeperioden för 'Frida' äpple. Värden är medeltag för två säsongar 2010 0ch 2011.

Plockingstid Dagar efter full blomning (DEFB)	*Etylen-produktion IEC (µl.L^{-1}.kg^{-1}.h^{-1})*	*Stärkelse-nedbrytning*	*Fasthet (kg/cm2)*	*SSC (%)*	*Streif index*	*Syrlighet (%)*	*Färg a*+b * värde*
130 – 133	*0,07 d* [z]	*2,3 c*	*9,3 ab*	*12,5 b*	*0,32 a*	*1,05 a*	*35,2 b*
134 – 136	*0,09 d*	*2,5 c*	*9,4 ab*	*12,9 b*	*0,29 a*	*0,96 ab*	*35,3 b*
137 – 140	*0,10 d*	*3,2 c*	*8,8 bc*	*13,0 b*	*0,25 b*	*0,95 ab*	*48,9 a*
141 – 143	*0,17 d*	*3,5 c*	*9,6 a*	*11,8 b*	*0,24 b*	*0,93 ab*	*47,2 a*
144 – 147	*0,80 c*	*4,0 b*	*9,0 abc*	*12,2 b*	*0,18 c*	*0,90 b*	*46,5 a*
148 – 150	*1,30 c*	*4,2 b*	*9,2 ab*	*12,0 b*	*0,18 c*	*0,90 b*	*49,3 a*
151 – 154	*2,90 b*	*4,0 b*	*8,4 c*	*13,0 b*	*0,16 c*	*0,86 b*	*48,1 a*
155 – 158	*3,82 a*	*5,5 a*	*7,3 d*	*14,5 a*	*0,08 d*	*0,82 b*	*45,2 a*

Z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader.

8. Under båda säsongerna, hade äpplena, som skördades under både andra och tredje veckan, dvs. vid 140-150 DAFB, bra fasthet, sockerinnehåll och syrlighet (Tabell 1). Dessutom, visade dessa frukter mindre viktförlust, svampangrepp och lagringssjukdomar efter fyra månader i vanlig kyllagring plus en vecka i rumstemperatur (Tabell 2). Fruktkvaliteten kunde också upprätthållas på bättre sätt jämfört med frukter som plockades en vecka tidigare eller senare eftersom de visade mindre försämring i fasthet och syrlighet, och lagom fruktsmak dvs. förhållandet mellan SSC och syrligheten (Tabell 2).

Tabell 2. Fruktkvalitet och lagringsduglighet hos 'Frida' äpple efter fyra månader i kyllagring (3 ºC) och en vecka i rumstemperatur (20 ºC). Värden är tvåårsmedeltag (2010 och 2011).

Plockingstid Dagar efter full blomning (DEFB)	*Viktförlust (%)*	*Svamp-angrepp (%)*	*Sjuka frukter %*	*Fasthet (kg/cm2)*	*SSC (%)*	*Syrlighet (%)*	*Färg a*+b * värde*
134	*4,8 a[z]*	*8,0 a*	*2,0 b*	*5,1 b*	*12,3 b*	*0,68 b*	*37,9 b*
141	*3,0 b*	*3,9 c*	*2,5 ab*	*6,6 a*	*12,2 b*	*0,82 a*	*49,8 a*
148	*3,2 b*	*3,8 c*	*2,0 b*	*6,2 a*	*13,0 a*	*0,78 a*	*51,8 a*
155	*3,5 b*	*5,5 b*	*3,0 a*	*3,9 c*	*12,0 b*	*0,63 b*	*48,9 a*
Ändringar i procent under lagringsperiod (4 månader i kyllagring + 1 vecka i rumstemperatur)							
134				*46 a*	*5 b*	*29 a*	*7 a*
141				*31 b*	*3 b*	*12 b*	*6 a*
148				*33 b*	*8 b*	*13 b*	*5 a*
155				*47 a*	*17 a*	*23 a*	*8 a*

Z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader.

9. Förtidigt plockad "Frida" äpple hade större viktförluster under lagring eftersom skalets vaxlager ännu inte färdigbildats (Tabell 2). Jämfört med frukter som plockades i andra och tredje veckor, ökade svampangreppen och kvalitetsförsämringen (fasthet och syrlighet) i dessa frukter. SSC och skalfärg visade inte någon respons (Tabell 2).
10. Sent plockad "Frida" frukt (dvs. 4.e vecka) hade sämre lagringsduglighet. Jämfört med frukter som plockades i andra och tredje veckor, ökade svampangreppen och kvalitetsförsämringen, särskild i fasthet, syrlighet och socker/syra kvot (Tabell 2).

3.1.2. När bör Frida plockas?

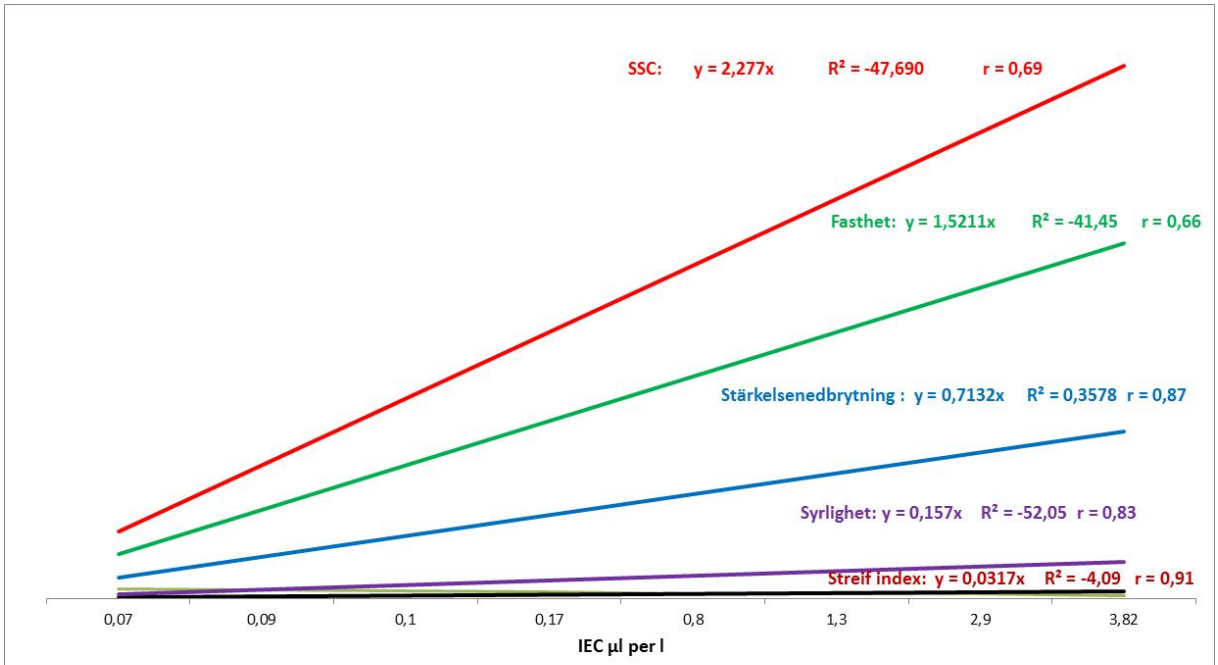
Mätningen av IEC fastställde att etylenproduktionen var nästan stabil vid en tröskel på 0,1 µl.L $^{-1}$ under två veckor trots att de andra mognadsindexen (t.ex. stärkelsenedbrytning, fasthet mm) visade signifikanta ändringar. Det betyder att trädmognadsperioden för "Frida" (dvs. preklimakteriestadiet), kan ta nästan två veckor. Perioden börjar när en fjärdedel av frukterna producerar mer än 0,1 µl etylen per liter färskvikt, fruktens kärnhus är ljus vid behandling med jod (SNB = 4) och Streif index är ca 0,20. Denna period slutar när mer än 50% av frukterna producerar mer än 0,1 µl etylen per liter färskvikt, kärnhuset blir stärkelsefritt och SNB börjar i fruktköttet (SNB= 6) och Streif index är mindre än 0,17.

3.1.3. Vilken praktiskt mognadsindex är bäst?

"Frida" måste plockas under trädmognadsperioden för att nå högre lagringsduglighet. Den accelererade produktionen av etylen är en av de viktigaste förändringarna i äpplen när de börjar trädmogna, vilket kan användas som en mycket noggrann mognadsindex. Men, mätningen av denna index är dyrt och kräver kunniga personer, därför bör det ersättas med en mer praktisk index t.ex. stärkelsenedbrytning till socker, fruktmjukhet, fruktsmak och färgutveckling. Tidigare forskningsresultat visade att dessa index måste användas med försiktighet, eftersom de är sort- och väderberoende. Våra undersökningar fastställde att:

1. Under 2011 säsongen, visade tidigare skördade frukter ett mer omoget stadium jämfört med liknande frukter från 2010 säsongen.

2. En fördröjning av skörden hade inte någon negativ effekt på fruktfasthet, fruktfärg, SSC och syrlighet vid skörd, med undantag av Streif index och stärkelsenedbrytning.
3. Ändringen i IEC visade ingen signifikant korrelation med fruktfärgen (Data visar inte). Stärkelsenedbrytning och Streif index visade heller inte någon signifikant korrelation med färgen. Det betyder att skalfärg aldrig kan användas som mognadsindex för ”Frida”.
4. Ändringen i IEC visade svaga korrelationer *(P≤0,05)* med fruktfasthet och SSC (Figur 1). Fastheten visade också svag korrelation med SNB och Streif index medan ingen signifikant korrelation registrerades mellan ändringen i SSC och i både SNB och Streif index. Dessa två kvalitetsparametrar (fasthet och SSC) som påverkas av både odlingsåtgärder och vädret, kan användas som mognadsindex men med mycket låg noggrannhet.
5. Ändringen i IEC visade en stark korrelation med både stärkelsenedbrytning och syrlighetsförandring *(P≤0,01)* och en mycket stark korrelation med Streif index *(P ≤ 0,001)* (Figur 1). Streif index visade en mycket stark korrelation med både stärkelsenedbrytning och syrlighetsförändring *(P≤0,01)* (Figur 1).



Index	IEC	Stärkelse	Streif index	Fasthet	SSC	Syrlighet
IEC		0,87 **	0,91***	0,66 *	0,69 *	0,83 **
Stärkelse	0,87 **		0,97 ***	0,75 *	0,45 ns	0,90 ***
Streif index	0,91***	0,97 ***		0,78 *	0,47 ns	0,94 ***

*Figur 1. Sambanden mellan olika mognadsindexen hos ’Frida’, värden är tvåårsmedeltag (2010 och 2011). *, **, *** betyder signifikant korrelation vid 0,05, 0,01 och 0,001 medan ns betyder ej signifikant korrelation.*

På grund av dessa resultat, kan **Streif index** rekommenderas som en mycket noggrann mognadsindex för 'Frida" äpplen istället av etylenproduktionen, medan stärkelsenedbrytning och syrlighetsminskning även kan vara lämpliga mognadsindex men med lägre noggrannhet.

3.2. Bestämning av optimala lagringsbetingelser

3.2.1. Temperatur i kyllagring

'Fridas' frukt var känslig mot låg temperatur (1°C) under kyllagring, vilket tydligt visades med förekomsten av mjuk skalbränna (Bild 1). Detta problem försvann nästan helt när äpplen lagrades vid (3ºC).

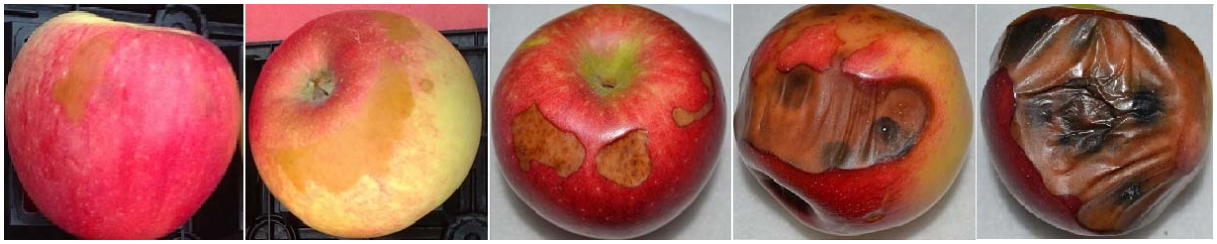


Bild 1. Mjukskalbränna på Fridaäpplen under olika lagringsperioder (foto. I. Tahir).

Låg temperatur orsakade också mer svampangrepp, troligtvis beroende på att fruktskador som mjuk skalbränna utgör inkörsport för olika svampsjukdomar (Tabell 3; Bild 2). De två olika lagringstemperaturerna hade ingen inverkan på fruktfastheten, SSC och färgen, men frukt som lagrades vid 1°C hade mindre syrlighetsförsämring än frukt som lagrades i 3°C (Tabell 3). Effekten av skördetidspunkten på fruktkvalitet var mycket tydligare än effekten av lagringstemperatur.

Tabell 3. Effekt av olika lagringstemperatur på lagringsdugligheten hos 'Frida', värden är tvåårsmedeltag (2010 och 2011).

Plocktid	Temperatur	Vikt-förlust (%)	Svamp-angrepp (%)	Skal-bränna (%)	Fasthet kg/cm^2	SSC (%)	Syrlighet (%)	Rödfärg a*+b* värde
134 DEFB	1ºC	4,6 a [z]	11,1 a	22,3 a	5,5 b	12,1 b	0,63 c	36,3 b
	3 ºC	4,8 a	8,0 c	3,5 d	5,1 b	12,3 b	0,68 b	37,9 b
141 DEFB	1ºC	3,4 b	5,1 d	14,3 b	6,4 a	12,2 b	0,79 a	44,6 a
	3 ºC	3,0 b	3,9 d	0,0 e	6,6 a	12,2 b	0,82 a	49,8 a
148 DEFB	1ºC	3,3 b	3,9 d	6,6 c	6,5 a	13,3 a	0,78 a	48,6 a
	3 ºC	3,2 b	3,8 d	0,0 e	6,2 a	13,0 a	0,78 a	51,8 a
155 DEFB	1ºC	3,7 b	9,6 b	7,5 c	4,2 c	12,3 b	0,62 c	49,7 a
	3 ºC	3,5 b	5,5 d	1,2 e	3,9 c	12,0 b	0,63 c	48,9 a

Z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader.

Penicillium expansum
Grönmogel på Fridaäpple

Neofabraea spp. "Gloeosporium"

Lagringssjukdom på Fridaäpple

Bild 2. Svampangrepp under kyllagring hos Fridaäpplen (foto I. Tahir)

3.2.2. Kyllagring eller kontrollerad atmosfär lagring (CA):

Effekten av kontrollerad atmosfär lagring på Fridaslagringsdugligheten var bättre i alla plockningstider än traditionell kyllagring. Viktförlusten minskade med 48, 50, 56 och 57 respektive, svampangreppen med 30, 56, 50 och 44% respektive, sjuka frukter med 25, 32, 50 och 17% respektive och total lagringsförlust med 35,48,52 och 41% respektive (Tabell 4).

Tabell 4. Kontrolled atmosfär lagring förbättrar 'Fridas' lagringduglighet och fruktkvalitet, värden är tvåårsmedeltag (2010 och 2011).

Plocktid	*Lagrings metoder*	*Vikt-förlust (%)*	*Svamp-angrepp (%)*	*Sjuka frukter (%)*	*Fasthet kg/cm²*	*SSC (%)*	*Syrlighet (%)*	*Rödfärg a*+b* värde*
134 DEFB	*NA[1]*	*4,8 a [z]*	*8,0 a*	*2,0 c*	*5,1 d*	*12,3 bc*	*0,68 c*	*37,9 b*
	CA[2]	*2,5 c*	*5,6 b*	*1,5 d*	*6,8 b*	*12,0 c*	*0,89 a*	*47,1 a*
141 DEFB	*NA*	*3,0 bc*	*3,9 bc*	*2,5 b*	*6,6 b*	*12,2 c*	*0,82 ab*	*47,8 a*
	CA	*1,5 d*	*1,7 d*	*1,7 cd*	*7,3 a*	*12,8 ab*	*0,88 a*	*46,9 a*
148 DEFB	*NA*	*3,2 bc*	*3,8 c*	*2,0 c*	*6,2 c*	*13,0 a*	*0,78 b*	*51,8 a*
	CA	*1,4 d*	*1,9 d*	*1,0 e*	*7,5 a*	*12,8 ab*	*0,89 a*	*49,4 a*
155 DEFB	*NA*	*3,5 b*	*5,5 b*	*3,0 a*	*3,9 e*	*12,0 c*	*0,63 c*	*48,9 a*
	CA	*1,5 d*	*3,1 c*	*2,5 b*	*6,0 c*	*12,3 bc*	*0,78 b*	*49,3 a*
LSD 0,01		*0,9*	*1,7*	*0,5*	*0,4*	*0,6*	*0,08*	*5,9*
Ändringar i procent under lagringsperiod (4 månader i kyllagring NA och 5 månader CA) + 1 vecka i rumstemperatur.								
134 DEFB	*NA[1]*				*46*	*5*	*29*	*8*
	CA[2]				*28 ***	*7 ns*	*7 ****	*33 ****
141 DEFB	*NA*				*31*	*3*	*12*	*1*
	CA				*24 **	*9 ns*	*5 ****	*0,6 ns*
148 DEFB	*NA*				*33*	*8*	*13*	*11*
	CA				*19 **	*7 ns*	*1 ****	*0,2 ns*
155 DEFB	*NA*				*47*	*17*	*23*	*0,8*
	CA				*18 ****	*15 ns*	*5 ****	*9 ns*

*Z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader. *, **, *** betyder signifikant skillnad vid 0,05, 0,01 och 0,001 medan ns betyder ej signifikant skillnad.1= kyllagring (3 grader) och 2= CA (2% syre och 2% koldioxid).*

Fruktkvaliteten förbättrades också. CA minskade fasthets- och syrlighetsförsämringen oavsett plockningstid. Fastheten var högre med 33, 10, 21 och 54% respektive, och syrligheten med 30, 7, 14 och 24% respektive (Tabell 4). CA förbättrade SSC bara i frukt som plockades under det tredje tillfället dvs. 148 DEFB och skalfärgen bara i förtidigt plockade frukt (134 DEFB) (Tabell 4). Effekten av CA var mycket tydliga hos frukt som plockades under andra och tredje tillfälle.

3.2.2. Kontrollerad atmosfär eller ULO-lagring:

De tre olika lagringsbetingelserna (1% syre med 1, 2 eller 3% koldioxid) förbättrade fastheten utan att påverka viktförlusten, SSC, syrligheten och skalfärgen hos 'Frida' äpple jämfört med kontrollerad atmosfär lagring (2% syre och 2% koldioxid). Svampangreppen minskade med lagring vid 1% O_2 och 1% CO_2 och förhindrades helt med lagring vid 1% O_2 och 2% eller 3% CO_2 (Tabell 5). Sjuka frukter minskade också och de bästa ULO-betingelserna var 1% syre och 2% koldioxid. Denna metod orsakade också minimala totala förluster under lagringsperioden och shelf life (Tabell 5).

Dessa tvååriga resultat visar att ULO-lagring vid **3ºC, 1% syre och 2% koldioxid** är de lämpligaste lagringsbetingelserna för att reducera den totala lagringsförlusten och förbättra kvaliteten hos '‘Frida' äpple.

Tabell 5. Jämförelse mellan effekt av lagring i kontrolled atmosfär eller i ultra låg syre på 'Fridas' fruktkvalitet och lagringsduglighet, värden är tvåårsmedeltag (2010 och 2011).

Lagrings metoder	*Vikt-förlust (%)*	*Svamp-angrepp (%)*	*Sjuka frukter (%)*	*Total förlust (%)*	*Fasthet kg/cm²*	*SSC (%)*	*Syrlighet (%)*	*Rödfärg a*+b* värde*
CA[1]	*1,5 a [z]*	*1,7 a*	*1,7 a*	*4,7 a*	*7,4 b*	*12,8 a*	*0,88 a*	*46,9 a*
ULO 1[2]	*1,4 a*	*1,3 b*	*0,8 b*	*2,5 b*	*7,6 a*	*13,1 a*	*0,89 a*	*46,6 a*
ULO 2[3]	*1,3 a*	*0,0 c*	*0,0 d*	*1,3 c*	*7,7 a*	*12,4 a*	*0,85 a*	*44,8 a*
ULO 3[4]	*1,7 a*	*0,0 c*	*0,4 c*	*2,1 b*	*7,7 a*	*12,6 a*	*0,86 a*	*44,7 a*
LSD 0,01	*0,5*	*0,3*	*0,4*	*0,7*	*0,2*	*0,8*	*0,11*	*5,7*

Z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader.

TACK!

Jag vill rikta ett tack till alla som har bidragit till att projektet kunnat genomföras. Ett speciellt tack riktas till Lars-Olof Börjesson (VD, Äppelriket Österlen) för samarbete, Hilde Nybom (professor, SLU) för råd och foton på framsidan av rapporten, samt fruktrådgivare Henrik Stridh (Äppelriket Österlen) för hjälpen.

Litteratur

1. Baumann, H. 1998. Decrease of starch to predicat the "optimum harvesting date" for apple storage. Acta Hort. 466:41-44.
2. Bulens, I., B. Van de Poel, M.L.A.T.M. Hertog, A.H. Geeraerd and B.M. Nicolaï. 2010. Modeling of ethylene biosynthesis during ripening and CA storage of 'Jonagold' apples. Acta Hort. 876:85-90.
3. de Castro, E., W. V. Biasi and E.J. Mitcham. 2007. Quality of Pink Lady apples in relation to maturity at harvest, prestorage treatments, and controlled atmosphere during storage. HortScience. 42:605-610.
4. Delong, J.M., R.K. Prange, W.C. Schotsmans, D.S. Nichols, and P.A. Harrison. 2009. Determination of the optimal pre-storage delayed cooling regime to control disorders and maintain quality in 'Honeycrisp'TM apples. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84:410-414.
5. Echeverrı´a, G., J. Graell and M.L. Lo´ pez. 2002. Effect of harvest date and storage conditions on quality and aroma production of 'Fuji' apples. Food Sci Tech In. 8:351–360.
6. EGoffings, G. and M. Herregods 1994. The influence of the storage conditions on some quality parameters of "Jonagold" apples. Acta Horticulturae 368, 1.2: 223 - 230.
7. Kader A.A. 2003. Physiology of CA treated produce. Acta Horticulturae 600, 1.2 : 349 – 354.
8. Nybom, H. 2004. Frida and Fredrik, the first scab-resistant apple cultivars developed in Sweden. Acta Hort. 663: 871-874.
9. Peirs, A., J. Lammertyn, K. Ooms and B.M. Nicolaï. 2004. Prediction of the optimal picking date of different apple cultivars by means of VIS / NIR – spectroscopy. Postharvest Biol. Tech. 21:189 – 199.
10. Streif, J. 1996. Optimum harvest date for different apple cultivars in the 'Bodensee' area. In: de Jager A., Johnson, D., Hohn, E. (Eds). The postharvest treatment of fruit and

vegetables: Determination and prediction of optimum harvest date of apple and pears. COST 94, Brussels, Belgium, pp 15-20.
11. Streif, J., A. Saquet, , and H. Xuan. 2003. CA – related disorders of apples and pears. Acta Horticulturae. 600. 1: 223 – 230.

Ibrahim Tahir
Ibrahim.tahir@slu.se

Alnarp. 01 Augusti 2012

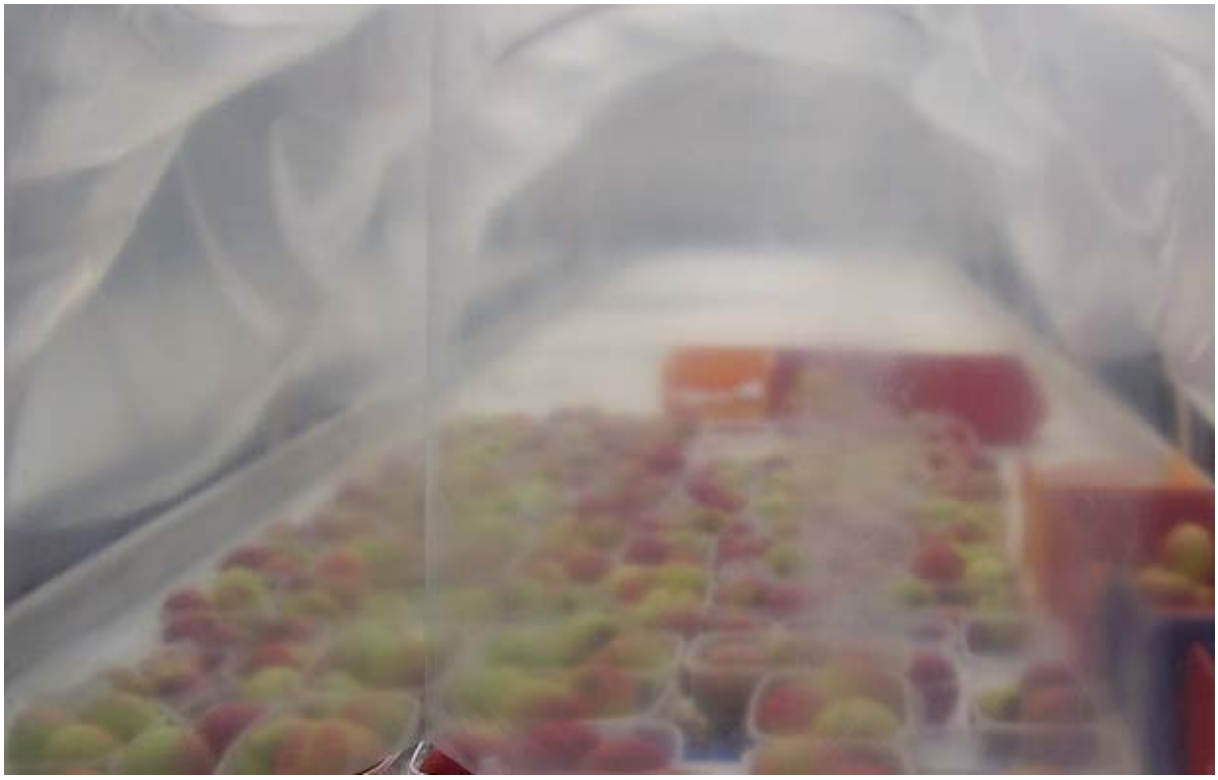
Bilaga 1.

Stärkelsenedbrytningen hos äpple (foto I. Tahir).

1 = ingen stärkelsenedbrytning (SNB), d.v.s. hela fruktköttet är jodfärgat, 2 = början till SNB inom fröhuszonen, 3 = starkare SNB i kärnhusen, 4 = ljus kärnhuszon, 5 = kärnhuszonen stärkelsefri med undantag av ledningssträngarna, 6 = kärnhuszonen stärkelsefri, början till SNB i fruktköttet, 7 = ytterligare SNB i fruktköttet, 8 = svag färgning i fruktköttet, 9 = svag färgning direkt under skalet och intill ledningssträngar, 10 = ingen färgning, stärkelsefri.

Bilaga 2.

Lagrade frukt under shelf life



Bilaga 3.

CA- och ULO lagringsskåp