



Framtagning av optimala skördetidspunkten och
ULO- lagringsbetingelser för några äppelsorter
*Determination of optimal harvesting date and
ULO-storage conditions of some apple varieties*

Ibrahim Tahir

Område Växtförädling och bioteknik, Alnarp

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2012:24

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-87117-23-7

Alnarp 2012



LANDSKAP TRÄDGÅRD JORDBRUK

Rapportserie

Framtagning av optimala skördetidspunkten och ULO- lagringsbetingelser för några äppelsorter

*Determination of optimal harvesting date and
ULO-storage conditions of some apple varieties*

Ibrahim Tahir

Område Växtförädling och bioteknik, Alnarp

**Projektet utfördes under 2010-2012 i Kivik och Balsgård. Projektet har finansierats av
Partnerskap i Alnarp, Gröna näringens riksorganisation och Äppelriket Österlen.**

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2012:24

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-87117-23-7

Alnarp 2012

Förord

Projektet ” Framtagning av optimala skördetidspunkten och ULO-lagringsbetingelser för några äppelsorter” utfördes under 2010-2012 av SLU, i Kivik och Balsgård. Projektet har finansierats av Partnerskap i Alnarp, Gröna näringens riksorganisation och Äppelriket Österlen.

Resultaten av detta projekt kan få i framtiden en praktisk tillämpning såväl inom produktionen av äpple för att minska den relativa höga förlusten under lagring och förbättra kvaliteten och därmed öka odlarnas inkom.

Jag vill rikta ett tack till alla som har bidragit till att projektet kunnat genomföras.

Ett speciellt tack riktas till Partnerskap i Alnarp, Sten Olsson, vice ordförande i Gröna näringens riksorganisation; Lars-Olof Björnsson, VD- Äppelriket och Henrik Stridh, rådgivare- Äppelriket för hjälpen.

Alnarp i 10 oktober 2012

Ibrahim Tahir

Projektledare, SLU

Område Växtförädling och bioteknik

Sammanfattning

En ökning av arealen odlad frukt i Sverige kräver inte bara lämplig odlingsteknik, utan också utveckling av de kvalitetsparametrar som gör frukten attraktiv hos konsumenterna samt transporttåliga och lagringsdugliga. Vårt projekt syftar till att uppnå detta mål genom bestämning av optimal skördetidspunkt och optimala betingelser för kontrollerad atmosfär (CA) respektive ultra låg syre (ULO) lagring.

Optimal skördetidspunkt infaller i en period under fruktutvecklingen, den s.k. preklimakteriefasen, då förändringarna i etylenproduktionen och kvalitetsparametrarna är mycket små. Frukt bör sköras när 25% av frukten börjar producera etylen för att minimera lagringsröta och förbättra kvalitén. En mycket stark korrelation mellan etylenproduktionen och stärkelsebrytningen (SNB) visar att SNB säkert kan användas som mognadsindex för de två sorterna, Rubinola och Santana. Streif index (fasthet / (SNB * lösliga torrsustanser)) som har visat sig ha en liknande korrelation med etylenproduktionen är en mer korrekt index för de två sorterna, Ingrid Marie och Karin Schneider. Fasthet, lösliga torrsustanser och skalfärg kan inte accepteras som korrekta index, eftersom de påverkas mycket av instabilt väder och svag ljusställgänghet under skördeperioden.

Våra resultat visar att CA lagring (2,0 kPa O₂ och 2,0 CO₂ kPa) är mycket effektivt för att förbättra kvalitet och lagringsduglighet hos de tre sorterna Ingrid Marie, Karin Schneider och Santana och även hos Rubinola. Lagring av äpplen i ett brett spektrum av pCO₂ innebär några ytterligare förbättringar hos alla sorterna utom för Ingrid Marie. ULO betingelser (1,0 kPa O₂ och 2,0 kPa CO₂) kan rekommenderas för Karin Schneider och Santana medan ULO betingelser (1,0 kPa O₂ och 3,0 kPa CO₂) kan rekommenderas för Rubinola.

Abstract

Optimizing the physiological state of harvested fruit (cultivar-specific harvesting indices) and optimizing storage conditions (cultivar-specific CA and ULO storage procedures) were investigated in a set of four apple cultivars.

Analyses of various fruit ripening parameters showed that starch hydrolysis point and Streif index (firmness/(starch hydrolysis point * soluble solid concentration)) were correlated with internal ethylene concentration (IEC) at harvest. Thus, the optimal harvesting time can be deduced from the starch index in two cultivars (Rubinola and Santana) while the Streif index is more accurate for the other two cultivars (Ingrid Marie and Karin Schneider). By contrast, firmness, soluble solids concentration and skin color are not useful due to their sensitivity to weather conditions and light intensity.

Optimization of CA and ULO storage conditions maintained fruit quality and reduced amount of fungal decay. Storage of these four cultivars in a wide range of pCO₂ achieved slight additional improvement in all cultivars except Ingrid Marie. ULO conditions (1.0 kPa O₂ and 2.0 kPa CO₂) can be recommended for Karin Schneider and Santana and ULO conditions (1.0 kPa O₂ and 3.0 kPa CO₂) can be recommended for Rubinola.

Bakgrund

Den relativt låga produktiviteten i svenska äppelodlingar (ca 13,8 t/ha) kan inte mäta sig med avkastningen i de kända europeiska odlingsdistrikten (mer än 40 t/ha) (FAO, 2009). Den kortare odlingssäsongen sätter här ett obönhörligt hinder som inte låter sig överbryggas. Inte heller kan den svenska produktionskostnaden konkurrera med t.ex. de forna östlänternas billiga priser. Därför är det nödvändigt att finna andra marknadsfördelar för att fortsättningsvis kunna få möjlighet att njuta av svenska äpplen.

Stark profilering, unika produkter, hög kvalitet och ett jämnt varuutbud är några av de faktorer som den svenska fruktbranschen eftersträvar. För att nå dessa mål, måste moderna odlingssystem tillämpas samt optimering av efterskörd-behandlingar (plockning, transport och lagring).

För att optimera efterskördbehandlingen är det av yttersta vikt att frukten skördas vid en optimal tidpunkt. Det beror bl.a. på en bra förståelse för de morfologiska och fysiologiska förändringar som inträffar när en knopp slår ut till en blomma och sedan utvecklas till kart och slutligen till en mogen frukt.

Tidigare studier har visat att för tidig eller sen skörd kan försämra utbytet efter lagring (Tahir et al., 2006). Vid för tidig skörd blir oftast fruktköttet segt, smaken dålig och det föreligger risk för skrumpning. Alltför sen skörd medför mjukt kött, lägre syrahalt och ett suboptimalt förhållande mellan socker och syra vilket resulterar i undermålig smak (Willats et al., 2001; Peir's et al., 2004).

Fruktlivet kan delas in i tre faser:

- En **utvecklingsfas**: där det sker en snabb celldelning (under 4-5 veckor) efter pollinationen och äggcellbefruktningen och sen cellförstoring.
- En **mognadsfas**: där många kvalitetsparametrar (mjukhet, lukt, smak, färg mm.) utvecklas och når sin önskade nivå vid slutet av den fasen, särskilt när produktionen av mognadshormonen, etylen, visar en snabb ökning.
- En **åldrandefas**: där 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 bara under en kort period bör plockas under ätmognadsperioden (klimakteriestadiet). Däremot bör frukt som ska lagras längre plockas tidigare, helst under trädmognadperioden dvs. preklimakteriestadiet, precis innan etylenproduktionen visar en snabb ökning (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 andra metoder som inte bara beror på ytliga mognadsförändringar, utan även inre förändringarna, t.ex. mätning av förändringar i andningsnivån och inre etylenhalt, fruktstärkelsebrytning, förändring i fruktens smak (sockerhaltökning och syrlighetsminskning) och förändring i fruktfastheten (Streif et al., 1996; Bulens et al., 2010).

När frukten mognar förvandlas stärkelsen till socker, därför kan man använda stärkelseinnehållet eller fruktsötman (dvs. löslig torrs substans koncentration) som mognadsindex. Organiska syror (äpple- och citronsyror) minskar under mognaden för att ge en bättre smak. Kvoten av löslig torrs substans koncentration och äpplesyra koncentration är en

lämplig index för smakbedömning trots att det är sortberoende. Eftersom alla ovannämnda mognadsindex kan påverkas av klimat och odlingsåtgärder, försökte en tysk forskare (Streif, 1996) kombinera mer än bara ett index för att bestämma den optimala skördetidspunkten. Streif index = Fasthet / (socker * stärkelse).

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).

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 luftsammansättningen justeras omgående. Ju längre tid det tar att anpassa koldioxid- och syrenivån, desto mindre effektiv blir lagringen (Echeverri *et al.*, 2002).

Stora investeringar i kvalificerade långtidslager har på ett framgångsrikt sätt möjliggjort leveranser av frukt, i princip året runt. Även kvaliteten har på ett märkbart sätt förbättrats. Den s.k. CA-lagringen alt. ULO-lagringen (Ultra Low Oxygen) minskar viktförlusterna och reducerar förekomsten av lagringssjukdomar och skador upp till 25% jämfört med konventionella lager (Tahir och Ericsson, 2001; de Castro *et al.*, 2007; Fawbush *et al.*, 2008). Olämplig koldioxidhalt under lagringen orsakar olika skador och jästlukt. När syrehalten understiger ett visst tröskelvärde, orsakas smakförluster och senare jästlukt, brunfärgat skal, mjuka fläckar, onormalt löst fruktkött och frukt som spricker.

Syftet med denna studie var att förlänga lagringstiden, minska lagringsförlusterna, tillgodose marknadens och konsumenternas krav på hög kvalitet hos fyra merkända äpplesorter; 'Ingrid Marie', 'Karin Schneider' 'Rubinola' och 'Santana' genom att:

- bestämma den optimala plockningstiden med hjälp av ett lämpligt mognadsindex
- bestämma de optimala CA- och ULO- lagringsbetingelserna.

Metodbeskrivning

Försöken utfördes under två säsongerna: 2010 och 2011. Försöksträden var mellan 8 och 15 år gamla vid undersökningens början. Trädskötseln i övrigt var den som standard förekommer i en IP fruktodling.

Bestämning av optimal skördetidspunkt samt lämplig mognadsindex

Under varje säsong plockades fyra frukter från inre respektive yttre delar av nio träd per sort, tre gånger per vecka under totalt fyra veckor. Träden valdes ut godtyckligt från två olika odlingar i Kivik ('Ingrid Marie', 'Karin Schneider' och 'Rubinola' från den ena odlingen och 'Santana' från den andra odlingen) och delades in i tre block. Plockningen startade 120 dagar efter fullblomning.

Vid varje plockningstillfälle analyserades de plockade frukterna enligt följande kvalitetparametrar:

- **Etylenproduktion:** frukterna placerades i tätslutande burkar under tre timmar. En ml luft sögs upp från burkarna med en spruta och sprutades in i en gaskromatograf (Agilent GC 6850, USA), valven 1000 μ l, 150° C, kolumn HP plåt Q 30*0,53mm*40 μ m (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 kg per cm².
- **Löslig torrs substans (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 Normalitet upptill pH= 8,3) och registrerades i procent.
- **Stärkelse nedbrytning 'SNB':** stärkelsenedbrytningen bedömdes med jod-test. Tio gram jod kristaller och 25 g kaliumjodid (KI) 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. Stärkelseinnehållet bedömdes enligt en särskild karta (Bild 1) där 1 = ingen stärkelsenedbrytning (SNB), 2 = Början till SNB inom fröhuszonen, 3 = starkare SNB i kärnhusen, 4= kärnhuszonen ljus, 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.
- **Streif index** beräknades enligt formeln: fasthet / (stärkelsevärde x löslig torrs substans).

Veckomedelvärdet användes för att bestämma mognadsgraden och bedöma korrelationen mellan olika mognadsindex och den noggranna standard index, etylenproduktionen.

Två gånger per vecka, plockades 150 alldeles friska och jämna frukter per sort, vägdes, transporterades omgående till SLU-Balsgård, delades upp i tre block och lagrades i kylklagring (2°C och 90% relativ fuktighet) under fyra månader. Efter lagringen togs äpplena ut, vägdes (för bedömning av vikt förlust) och sparades under ett särskilt tält (18°C och 75% RH), under en vecka, för utvärdering av fruktens hållbarhet i butik "shelf life". Lagringsdugligheten

bestämdes enligt förekomsten av svampangrepp (*Neofabraea*, *Penicillium expansum*) och lagringssjukdomar (andelen skrumpen frukt, frukt med skalbränna, kärnhusbrunt och mjuk skalbränna) som besiktigades okulärt. Dessutom, kontrollerades fruktkvaliteten på 10 frukter per block genom mätning av fruktfärg, fruktfasthet, sockerinhåll och syrainnehåll såsom nämnts ovan.

Bestämning av optimal luftsammansättning i CA respektive ULO lagring

Vid preklimakteriefasen, dvs. när 25% av frukten producerade $0,1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ etylen, plockades 450 alldeles friska och jämna frukter, transporterades omgående till SLU-Balsgård, delades upp i fem grupper (90 frukter per grupp). Varje grupp delades upp i tre block och lagrades med en av följande metoder:

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Kyllagring: | 2 °C respektive 90% relativ fuktighet. |
| 2. Kontroll atmosfär: | 2 °C, 2% syre och 2% koldioxid. |
| 3. Ultra låg syre (ULO 1): | 2 °C, 1% syre och 1% koldioxid. |
| 4. Ultra låg syre(ULO 2): | 2 °C, 1% syre och 2% koldioxid. |
| 5. Ultra låg syre(ULO 3): | 2 °C, 1% syre och 3% koldioxid. |

Äpplen lagrades under 150 dagar i kylrum alternativt i skåp (storlek 350 liter), som automatiskt kontrollerades med dator (Bild 2). Fruktkvaliteten vid skörd bedömdes på ytterligare 40 frukter som plockades från samma träd, enligt ovanstående analyser. Efter lagring togs äpplena ut, vägdes (för bedömning av vikt förlust) och sparades under ett särskilt tält såsom nämnts ovan, innan kvalitetparametrarna åter analyserades.

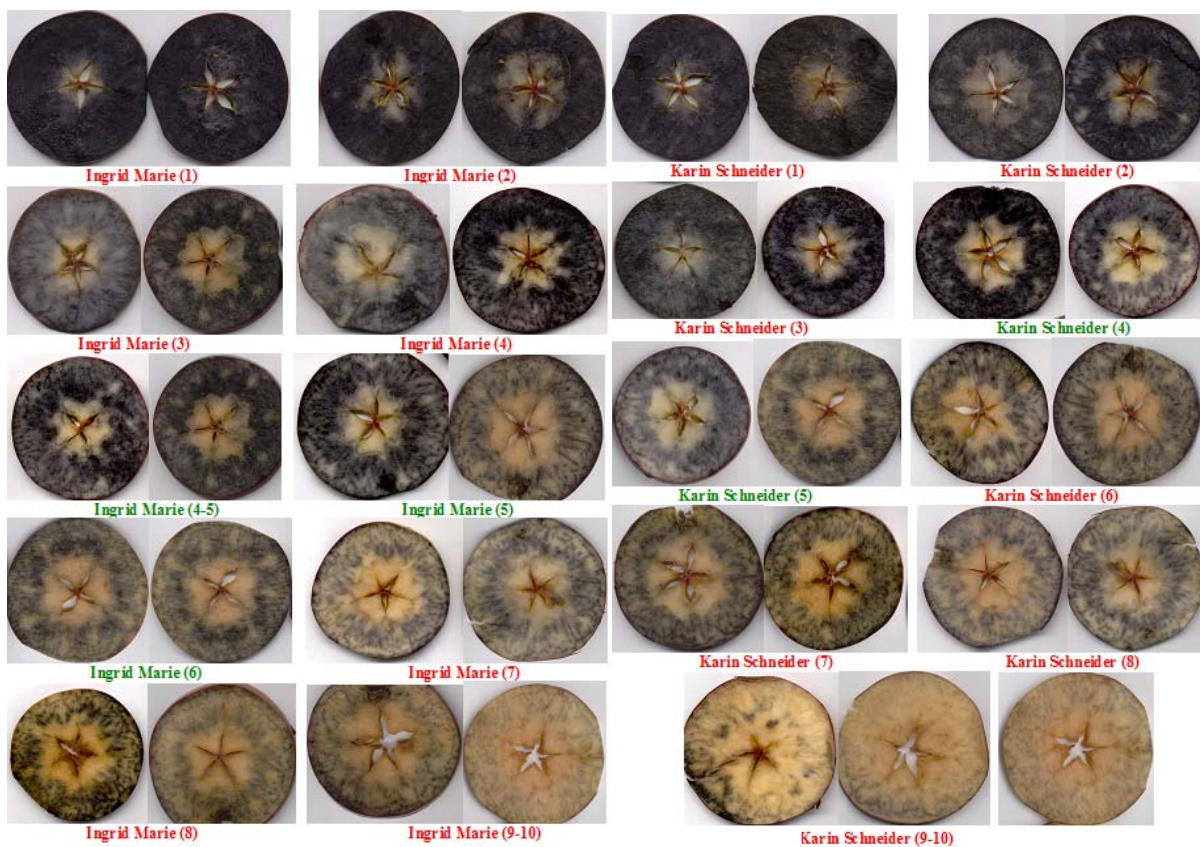


Bild 1. Stärkelsenedbrytningen hos 'Ingrid Marie' och Karin Schneider.



Bild 2. ULO –lagring skåp i Balsgård.

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.

Resultat och diskussion

Bestämning av optimal skördetidspunkt

Fruktutvecklingen under mognadsperioden

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 hos alla sorterna. Den detekterbara ändringen, dvs. när IEC blev mer än 0,1 μl per liter, inträffade under den andra veckan (130 DEFB) hos alla fyra sorter. IEC visade också en ny snabb ökning vid 140 DEFB hos Ingrid Marie och Karin Schneider, vid 144 DEFB hos Rubinola och vid 137 DEFB hos Santana (Tabell 1).
2. Stärkelsenedbrytningen visade en stor ändring under den andra veckan (130 DEFB) hos alla fyra sorterna och ytterligare en snabb ändring vid 140 DEFB hos Karin Schneider, Rubinola och Santana och vid 144 DEFB hos Ingrid Marie (Tabell 1).
3. Frukthastheten minskar med skördens fördröjning. Den maximala reduktionen inträffade under sista perioden (137-144 DEFB), 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 perioden hos Ingrid Marie och visade små ändringar hos de andra tre sorterna (Tabell 1).
5. Streif index visade en ständig minskning hos alla fyra sorter. Första signifikanta reduktionen skedde vid 130 DEFB hos Ingrid Marie och Santana och vid 127 DEFB hos Karin Schneider och Rubinola. Sista signifikant ändringen skedde vid 137 DEFB hos Santana och vid 140 DEFB hos de andra tre sorterna (Tabell 1).
6. Fruktsyrligheten minskade med skördens fördröjning. Försämringen var högst under den tredje veckan hos Ingrid Marie och vid fjärde veckan hos de andra tre sorterna (Tabell 1).
7. Fruktfärgen ökade under andra veckan hos Ingrid Marie och Santana, vid tredje veckan hos Rubinola och visade inte någon förändring under perioden hos Karin Schneider (Tabell 1).

När bör de fyra sorterna plockas?

Ingrid Marie äpple, som skördades under tio dagar (130-140 DEFB), när etylenproduktionen var mellan 0,11 och 0,4 $\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, SNB var mellan 3,5 och 4,5 och Streif index var 0,24-0,14, hade bättre lagringsduglighet. Dessa frukter visade mindre total förlust (Fig.1), bra kvalitet och mindre svampangrepp under lagring efter fyra månader i vanlig kylklagring plus en vecka i rumstemperatur (Tabell 2.1).

Karin Schneider äpple måste plockas under en vecka (130-137 DEFB) när etylenproduktionen är mellan 0,13 och 0,3 $\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, SNB är mellan 3,6 och 4,3 och Streif index är mindre än 0,21 och högre än 0,12, för att nå den bästa lagringsdugligheten, dvs. mindre total förlust (Fig. 1), mindre svampangrepp och bra kvalitet under lagring efter fyra månader i vanlig kylklagring plus en vecka i rumstemperatur (Tabell 2.2).

Rubinola äpple som plockades under perioden 134-140 DEFB, när etylenproduktionen var mellan 0,13 och 0,35 $\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, SNB var 3,7-5,0 och Streif index var 0,21-0,12, hade den bästa lagringsdugligheten eftersom frukten visade mindre total förlust (Fig. 1) och bra kvalitet efter fyra månader i vanlig kylklagring plus en vecka i rumstemperatur (Tabell 2.3).

Santana äpple visade också den bästa lagringsdugligheten när de plockades under perioden 130-137 DEFB. Frukt, vars etylenproduktion låg mellan 0,16 och 0,59 $\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, SNB mellan 3,5 och 4,5 och Streif index mellan 0,16 och 0,19 hade mindre total förlust (Fig.1) och bättre kvalitet efter fyra månader i vanlig kylagring plus en vecka i rumstemperatur (Tabell 2.4).

Tabell 1. Ändringar i sju mognadsindex under kommersiella skördeperioden för fyra äppelsorter. Värden är medeltal för två säsongar 2010 och 2011.

Sort	(DEFB) ^y	Etylen- produktion IEC ($\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	Stärkels enedbry tning (SNB)	Fasthet (kg/cm^2)	SSC ^x (%)	Streif index ^x	Syrlighet (%)	Färg a* värde ^x
Ingrid Marie	123	0,02 f ^z	2,1 e	8,4 a	12,0 a	0,31 a	0,88 a	3,0 c
	127	0,04 f	2,4 e	8,4 a	12,1 a	0,29 a	0,90 a	4,2 c
	130	0,11 ef	3,4 d	9,1 a	11,7 a	0,23 b	0,80 b	9,6 bc
	134	0,20 e	4,1 c	9,2 a	11,0 a	0,21 b	0,82 b	8,8 bc
	137	0,40 d	4,2 c	8,5 a	10,6 a	0,19 b	0,58 c	14,4 b
	140	2,70 c	4,3 c	6,6 b	11,0 a	0,14 c	0,58 c	15,9 b
	144	3,20 b	5,8 b	6,5 b	11,2 a	0,10 cd	0,47 c	26,1 a
	147	3,70 a	7,0 a	4,5 c	11,5 a	0,06 d	0,34 d	31,5 a
Karin Schneider	123	0,01 f	3,0 e	9,5 a	12,7 a	0,25 a	0,91 a	27,2 a
	127	0,03 f	3,1 e	9,1 a	12,5 a	0,22 b	0,88 a	26,9 a
	130	0,13 e	3,6 d	8,9 a	11,8 b	0,21 bc	0,78 b	28,5 a
	134	0,20 de	4,1 c	9,6 a	12,0 ab	0,20 bc	0,76 b	30,1 a
	137	0,26 d	4,3 c	9,4 a	11,5 b	0,19 c	0,60 c	33,4 a
	140	0,80 c	5,1 b	8,0 b	13,0 a	0,12 d	0,60 c	30,5 a
	144	1,25 b	5,7 a	4,3 c	12,7 a	0,06 e	0,47 d	31,6 a
	147	2,30 a	5,5 a	4,9 c	12,6 a	0,07 e	0,40 d	33,2 a
Rubinola	123	0,01 f	2,6 d	8,8 a	12,2 b	0,28 a	0,91 a	16,5 b
	127	0,07 ef	3,3 d	8,6 a	12,4 b	0,21 b	0,80 b	14,5 b
	130	0,13 de	3,7 cd	8,8 a	13,5 ab	0,18 bc	0,78 b	19,6 b
	134	0,17 d	4,2 c	8,5 a	13,1 ab	0,15 bc	0,75 b	20,2 b
	137	0,26 c	4,3 c	8,2 a	13,4 ab	0,14bcd	0,60 c	31,6 a
	140	0,35 b	5,1 b	8,1 a	13,6 a	0,12 cd	0,56 cd	33,2 a
	144	1,25 a	6,6 a	7,4 b	13,5 ab	0,08 d	0,47 de	38,2 a
	147	2,30 a	7,2 a	7,0 b	14,2 a	0,07 e	0,40 e	36,7 a
Santana	123	0,07 e	2,6 e	8,8 a	11,4 b	0,30 a	1,00 a	13,3 d
	127	0,09 e	2,5 e	8,6 a	11,2 b	0,31 a	0,99 a	13,1 d
	130	0,16 d	3,7 d	8,3 a	11,8 ab	0,19 b	0,85 b	18,7 c
	134	0,18 d	4,1 d	8,5 a	11,9 ab	0,17 b	0,81 b	19,9 c
	137	0,59 c	4,3 d	7,9 b	11,8 ab	0,16 b	0,80 b	24,9 b
	140	0,79 b	5,3 c	5,7 c	12,7 ab	0,08 c	0,71 c	24,6 b
	144	3,62 a	6,2 b	6,2 c	12,6 ab	0,08 c	0,67 c	28,4 a
	147	4,60 a	7,8 a	6,0 c	13,5 a	0,06 c	0,50 d	29,8 a

y. dager efter ful blomning. x. SSC: lösliktorrsubstans, Streif index = fasthet/(SNB*SSC), a* högre a menar bättre röd färg. z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader.

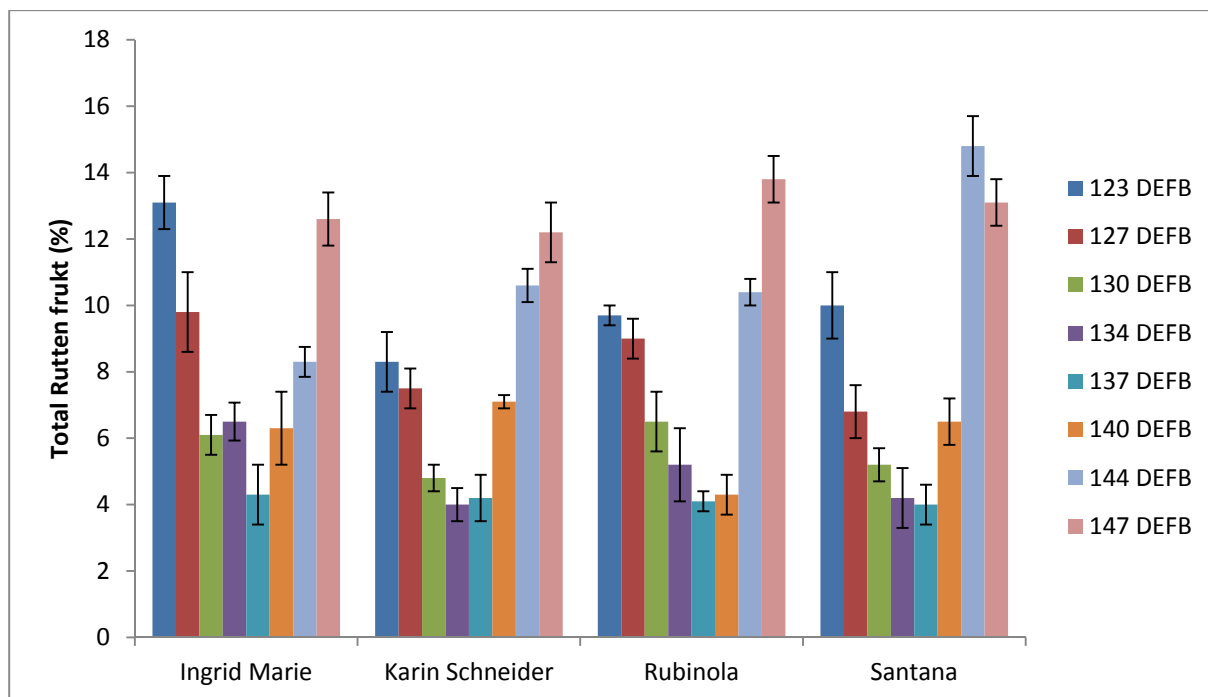


Fig. 1. Effekt av plockningstid på lagringsdugligheten hos fyra äpplesorter, medelvärde för två säsongar 2010 och 2011. Lagringsdugligheten bedöms som viktlösslös och total ruttet frukt under fyra månader i kylagring. DEFB = dagar efter full blomning.

Fruktkvaliteten för alla fyra sorter, som plockades under ovannämnda perioder, kunde också upprätthållas på bättre sätt jämfört med frukter som plockades en vecka tidigare eller senare eftersom de visade på mindre försämring i fasthet och syrlighet, och lagom fruktsmak dvs. förhållandet mellan SSC och syrlighet (Tabell 2).

Tabell 2. Fruktkvalitet och lagringsduglighet hos fyra äpplesorter efter fyra månader i kylagring och en vecka i rumstemperatur (20 °C). Värden är tvåårsmedeltal (2010 och 2011).

2.1 Ingrid Marie

Plockningstid (DEFB) ^y	Viktförlust %	Svampangrepp%	Sjuka frukter%	Fasthet (kg/cm ²)	SSC ^x (%)	Syrlighet (%)	Färg a* värde ^x
123	5,2 a ^z	3,8 b	4,1 a	4,1 a	11,2 bc	0,49 bc	5,5 d
127	5,5 a	2,2 c	2,1 b	4,9 a	10,8 c	0,61 a	8,4 d
130	4,8 abc	1,3 c	0,0 c	5,6 a	11,6 b	0,59 ab	14,8 c
134	5,0 ab	1,5 c	0,0 c	6,0 a	11,3 bc	0,59 ab	16,7 c
137	4,3 bc	0,0 d	0,0 c	5,5 a	11,2 bc	0,44 cd	21,8 b
140	4,2 bc	2,1 c	0,0 c	6,0 a	10,9 c	0,36 de	22,6 b
144	4,1 c	4,2 ab	0,0 c	4,1 a	12,1 a	0,27 e	26,5 a
147	4,2 bc	5,1 a	3,3 a	3,3 a	12,3 a	0,29 e	28,9 a
Ändringar i procent under lagringsperiod (4 månader i kylagring + 1 vecka i rumstemperatur)							
123				45	-7	44	83
127				42	-11	32	180
130				41	-1	26	54
134				35	3	27	67
137				35	6	24	58
140				9	-1	38	57
144				37	8	43	2
147				32	7	15	10

2.2 Karin Schneider

Plockningstid (DEFB)	Viktförlust (%)	Svampangrepp (%)	Sjuka frukter %	Fasthet (kg/cm ²)	SSC ^x (%)	Syrlighet (%)	Färg a* värde ^x
123	5,3 a ^z	0,0 b	3,0 c	4,8 a	12,3 a	0,44 c	31,8 a
127	5,5 a	0,0 b	2,0 d	4,6 a	12,2 a	0,50 bc	32,4 a
130	4,8 ab	0,0 b	0,0 e	5,5 a	12,0 a	0,53 ab	34,5 a
134	4,0 b	0,0 b	0,0 e	6,0 a	12,3 a	0,59 a	33,9 a
137	4,2 b	0,0 b	0,0 e	6,1 a	12,0 a	0,55 ab	38,7 a
140	4,1 b	0,0 b	3,0 e	5,0 a	13,0 a	0,52 b	39,9 a
144	4,0 b	1,6 b	5,0 a	3,6 b	12,4 a	0,36 d	35,4 a
147	4,1 b	4,1 a	4,0 b	3,2 b	12,5 a	0,35 d	40,3 a
<i>Ändringar i procent under lagringsperiod (4 månader i kylagring + 1 vecka i rumstemperatur)</i>							
123				50	-3	52	17
127				49	-2	43	20
130				38	2	32	21
134				38	3	22	17
137				35	4	8	16
140				37	0	13	14
144				17	-2	23	12
147				34	-1	13	12

2.3 Rubinola

Plockningstid	Viktförlust (%)	Svampangrepp (%)	Sjuka frukter %	Fasthet (kg/cm ²)	SSC ^x (%)	Syrlighet (%)	Färg a* värde ^x
123	5,5 a ^z	0,0 a	4,2 b	3,7	12,4	0,44	16,5
127	5,6 a	0,0 a	3,4 b	4,0	12,0	0,41	16,6
130	5,5 a	0,0 a	1,0 c	4,8	13,3	0,39	19,6
134	5,2 a	0,0 a	0,0 c	5,1	13,5	0,57	20,0
137	4,1 b	0,0 a	0,0 c	4,8	13,2	0,52	31,6
140	4,3 b	0,0 a	0,0 c	4,6	13,5	0,53	31,0
144	4,4 b	3,0 b	3,0 c	3,7	12,2	0,40	38,0
147	4,1 b	3,5 b	6,2 a	3,3	11,3	0,33	38,0
<i>Ändringar i procent under lagringsperiod (4 månader i kylagring + 1 vecka i rumstemperatur)</i>							
123				58	2	52	10
127				53	-3	49	15
130				45	-1	50	11
134				40	3	24	12
137				41	-1	13	15
140				43	-1	5	1
144				50	-10	15	0
147				53	-20	18	0

2.4 Santana

Plockningstid	Viktförlust (%)	Svampangrepp (%)	Sjuka frukter %	Fasthet (kg/cm ²)	SSC ^x (%)	Syrlighet (%)	Färg a* värde ^x
123	5,1 a ^z	1,8 b	3,1 b	4,4 b	11,5 b	0,43 b	15,7 c
127	4,6 ab	0,0 b	2,2 b	4,5 b	11,3 b	0,41 b	14,8 c
130	5,2 a	0,0 b	0,0 c	5,2 a	12,3 ab	0,55 a	18,8 bc
134	4,2 b	0,0 b	0,0 c	5,3 a	12,7 a	0,52 a	18,8 bc
137	4,0 b	0,0 b	0,0 c	5,5 a	13,1 a	0,50 a	22,5 ab
140	4,1 b	0,0 b	2,4 b	4,0 b	13,0 a	0,51 a	23,2 ab
144	4,2 b	4,6 a	6,0 a	3,2 c	11,6 b	0,33 c	26,2 a
147	4,1 b	3,9 a	5,1 a	3,3 c	12,0 ab	0,34 c	28,0 a
<i>Ändringar i procent under lagringsperiod (4 månader i kylgring + 1 vecka i rumstemperatur)</i>							
123				51	1	57	10
127				48	1	59	6
130				37	4	35	1
134				38	7	36	0
137				30	11	38	0
140				30	2	28	0
144				48	-8	51	0
147				45	-11	32	4

y. DEFB. dagar efter full blomning. z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader. x. SSC: lösligtorrsubstans, Streif index = fasthet/(SNB*SSC), a* högre a menar bättre röd färg.

Förtidigt plockade äpplen hade större viktförlust under lagring eftersom skalets vaxlager ännu inte färdigbildats (Tabell 2). För dessa frukter ökade kvalitetsförsämringen (fasthet och syrlighet) jämfört med frukter som plockades under andra och tredje veckan. SSC och skalfärg visade inte någon klar respons. Bara förtidigt plockade Ingrid Marie frukter visade mer svampangrepp än optimalt eller sent plockade frukter (Tabell 2).

Sent plockade frukter, dvs. efter sista snabba ökningen i etylenproduktionen, hade sämre lagringsduglighet. Jämfört med frukter som plockades under den optimala perioden, ökade svampangreppen och kvalitetsförsämringen särskilt i fasthet, syrlighet och socker/syra kvot i dessa frukter (Tabell 2).

Undersökning av mognadsindex

Äpple 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. stärkelsebrytning till socker, fruktmjukhet, fruktsmak och färgutveckling. Men tidigare forskningsresultat har visat att dessa index måste användas med försiktighet, eftersom de är sort- odlingsystem- och väderberoende. Våra undersökningar fastställde att:

1. För *Ingrid Marie* äpple visade ändringen i etylenproduktionen (IEC) mycket stark signifikant korrelation ($P \leq 0,001$) med Streif index och sötmautveckling, stark signifikant korrelation ($P \leq 0,01$) med mjukhet och svag signifikant korrelation ($P \leq 0,05$) med stärkelsebrytning och syra (Tabell 3).

Tabell 3. Samband (som Pearson korrelationskoefficienten) mellan etylenproduktionen (IEC) och olika mognadsindexen hos fyra äpplesorter, värden är tvåårsmedeltag (2010-2011).

Sort	IEC & SNB	IEC& fasthet	IEC & SSC	IEC & Syra	IEC & SI
Ingrid Marie	0,87 **	- 0,89 **	0,26 ns	- 0,90 ***	- 0,92 ***
Karin Schneider	0,85 **	- 0,90 ***	0,40 ns	- 0,88 **	- 0,90 ***
Rubinola	0,92 ***	- 0,95 ***	0,72 ns	- 0,84 *	- 0,76 ns
Santana	0,91 ***	- 0,75 ns	0,85 **	- 0,86 **	- 0,73 ns

*, **, ***, ns = $p \leq 0,001$; 0,01; 0,05 och ej signifikant respektive.

2. För **Karin Schneider** äpple visade ändringen i IEC mycket stark signifikant korrelation ($P \leq 0,001$) med Streif index och svag signifikant korrelation ($P \leq 0,05$) med stärkelsebrytning, mjukhet, sötmautveckling och syra (Tabell 3).
3. För **Rubinola** äpple visade ändringen i IEC mycket stark signifikant korrelation ($P \leq 0,001$) med stärkelsebrytning och mjukhet och svag signifikant korrelation ($P \leq 0,05$) med Streif index och syra. Ingen signifikant korrelation registrerade mellan IEC och sötmautveckling (Tabell 3).
4. För **Santana** äpple visade ändringen i IEC mycket stark signifikant korrelation ($P \leq 0,001$) med stärkelsebrytning, mjukhet och sötmautveckling samt en svag signifikant korrelation ($P \leq 0,05$) med syra. Ingen signifikant korrelation registrerades mellan IEC och Streif index (Tabell 3).

På grund av dessa resultat, kan **Streif index** rekommenderas som en mycket noggrann mognadsindex för **Ingrid Marie** och **Karin Schneider** äpplen istället för etylenproduktionen, medan **stärkelsebrytning** kan rekommenderas som en mycket noggrann mognadsindex för Rubinola och Santana äpplen. Trots att sötmautvecklingen kan vara lämpliga mognadsindex för Ingrid Marie och Santana samt fastheten för Rubinola och Santana, måste båda indexen försiktigt användas eftersom de påverkas mycket av instabilt väder och svag ljusställbarhet under skördeperioden.

Bestämning av optimala lagringsbetingelser

Ingrid Marie: kontrollerad atmosfär lagring minskade total förlusten (inklusive vikt förlust och svampangrepp) med 84% jämfört med kylagring (Fig.2). Fruktkvalitetförsämringen under lagring var också mindre. CA frukt var 60% fastare, sockerinnehållet var 12% högre och syra-innehållet var 25% högre än kylagrade frukt (Tabell 4). Frukt smaken var bättre eftersom socker:syra kvoten var mindre (Tabell 4). De tre olika lagringsbetingelserna (1% syre med 1, 2 eller 3% koldioxid) förbättrade inte sortens lagringsduglighet.

Karin Schneider: kontrollerad atmosfär lagring minskade total förlusten med 75% jämfört med kylagring (Fig.2). Metoden hade mindre effekt på fruktkvalitetförsämringen. CA frukt var bara 18% fastare, sockerinnehållet var 9% högre och syra-innehållet var 25% högre än kylagrade frukt. Frukt smak var också bättre (Tabell 4). Mellan de tre olika lagringsbetingelserna, förbättrade ULO 2 (1% syre och 2% koldioxid) sortens lagringsduglighet. Metoden minskade total förlusten med 33%, förbättrade fastheten med 23% och syra-innehållet med 24% jämfört med kontrollerad atmosfär lagring (Tabell 4). Smaken var också bättre.

Rubinola: kontrollerad atmosfär lagring visade inte någon signifikant effekt på total förlusten (inklusive vikt förlust och svampangrepp) jämfört med kylagring (Fig.2) men fruktkvalitetförsämringen minskades. CA frukt var 27% fastare, sockerinnehållet var 10%

högre och syra-innehållet var 16% högre än kylagrad frukt (Tabell 4). Frukt smaken var bättre (Tabell 4). ULO 3 (1% syre och 3% koldioxid) minskade total förlusten med 85% (Fig. 2), förbättrade fastheten med 33% och syre-innehållet med 17% jämfört med kontrollerad atmosfär lagring. Smaken var också bättre (Tabell 4).

Santana: kontrollerad atmosfär lagring minskade total förlusten med 65% jämfört med kylagring (Fig.2). Fruktkvalitetförsämringen under lagring försenades också. CA frukt var 40% fastare, syra-innehållet var 60% högre och smaken var bättre än kylagrad frukt (Tabell 4). ULO 2 (1% syre och 2% koldioxid) förbättrade sortens lagringsduglighet, då fastheten var 73% högre och fruktsmaken bättre än kylagrad frukt (Tabell 4). Syra- och sockerinnehållet påverkades inte.

P.g.a. detta resultat CA lagring (2,0 kPa O₂ och 2,0 CO₂ kPa) är mycket effektivt för att förbättra kvalitet och lagringsduglighet hos de tre sorterna Ingrid Marie, Karin Schneider och Santana och även hos Rubinola. Lagring av äpplen i ett brett spektrum av pCO₂ innebär några ytterligare förbättringar hos alla sorterna utom för Ingrid Marie. ULO betingelser (1,0 kPa O₂ och 2,0 kPa CO₂) kan rekommenderas för Karin Schneider och Santana medan ULO betingelser (1,0 kPa O₂ och 3,0 kPa CO₂) kan rekommenderas för Rubinola.

Tabell 4. Fruktkvalitet av fyra äpplesorter som lagrades under olika lagringsmetoder, Värden är medeltal för två säsongar 2010 och 2011.

Sorter	Fruktkvalitet vid skörd				Lagrings metod	Fruktkvalitet efter lagring			
	Fasthet (kg/cm ²)	SSC ^x (%)	Syrlighet (%)	Smak ^x		Fasthet kg/cm ²	SSC ^x (%)	Syrlighet (%)	Smak ^x
Ingrid Marie	8,2	11,5	0,82	14,0	Kyl	4,2 c ^z	11,3 b	0,53 c	21
					CA	6,7 a	12,7 a	0,66 a	19
					ULO 1 ^y	6,1 b	12,3 a	0,60 b	21
					ULO 2 ^y	6,7 a	12,7 a	0,60 b	21
					ULO 3 ^y	7,1 a	13,2 a	0,66 a	20
Karin Schneider	8,0	11,5	0,75	15,3	Kyl	4,4 a	12,4 b	0,43 c	29
					CA	5,6 b	13,3 a	0,54 b	25
					ULO 1	5,6 b	12,5 b	0,60 b	21
					ULO 2	6,9 a	13,5 a	0,67 a	20
					ULO 3	6,0 b	12,9 ab	0,57 b	23
Rubinola	8,5	13,5	0,77	17,5	Kyl	4,8 d	12,1 b	0,51 c	24
					CA	6,1 b	13,3 a	0,59 b	23
					ULO 1	5,5 c	13,5 a	0,61 b	22
					ULO 2	7,7 a	13,6 a	0,71 a	19
					ULO 3	7,4 a	13,2 a	0,69 a	19
Santana	8,0	12,0	0,81	14,8	Kyl	4,5 d	11,6 c	0,47 b	25
					CA	6,3 bc	12,0 bc	0,75 a	16
					ULO 1	5,9 c	12,8 a	0,75 a	17
					ULO 2	7,8 a	12,1 bc	0,77 a	16
					ULO 3	7,0 b	12,4 ab	0,75 a	17

y. CA. kontrollerad atmosfär lagring, ULO 1 (1,0 kPa O₂ och 1,0 kPa CO₂) ULO 2 (1,0 kPa O₂ och 2,0 kPa CO₂) ULO 3 (1,0 kPa O₂ och 3,0 kPa CO₂). z. värdena följas med olika bokstäver visar signifikanta skillnader. x. SSC: lösliktorrsubstans, smak= SSC/syrlighet.

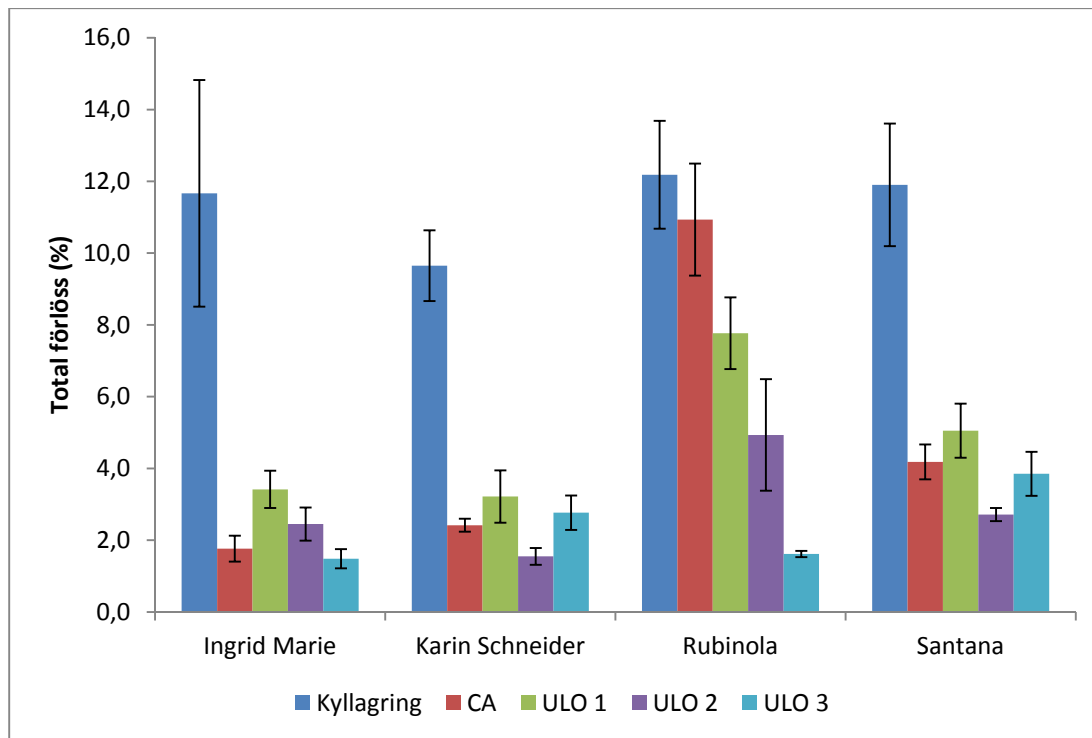


Fig. 2. Sambandet mellan totala förluster och lagringsmetoder. ULO 1 (1,0 kPa O₂ och 1,0 kPa CO₂) ULO 2 (1,0 kPa O₂ och 2,0 kPa CO₂) ULO 3 (1,0 kPa O₂ och 3,0 kPa CO₂). Bar värdena följas med olika bar visar signifikanta skillnader.

Litteratur

- 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.
- 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.
- 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.
- Echeverría, G., J. Graell and M.L. López. 2002. Effect of harvest date and storage conditions on quality and aroma production of 'Fuji' apples. *Food Sci. Technol. Int.* 8:351-360.
- Fawbush, F., J.F. Nock and C.B. Watkins. 2008. External carbon dioxide injury and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 48:92-98.
- 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. Technol.* 21:189-199.
- Streif, J. 1996. Optimum harvest date for different apple cultivars in the 'Bodensee' area. In: de Jager A., D. Johnson, and E. Hohn (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.
- Tahir I.I. 2006. Control of pre- and postharvest factors to improve apple quality and storability. Dissertation 2006:35, SLU.
- Tahir I.I., Ericsson N-A. 2001. Skörd i rätt tid. *Frukt och bärödling* 3,32-34.
- Willats, W.G.T., L. McCartney, W. Mackie and J.P. Knox. 2001. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Pl. Molec. Biol.* 47:9-27.