

Slutrapport för projekt H0756520

Samband mellan socker och bitterämnen i morot och förekomst av *Acrothecium*-röta under lagring

Marie Olsson, Karl-Erik Gustavsson, Lars Kjellenberg och Lars Mogren
Område Hortikultur, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Alnarp

Sammanfattning

Detta projekt har undersökt hur inre och yttre kvalitet påverkas av olika behandlingar och lagringsbetingelser efter skörd i morötter, hämtade från flera fält hos två kommersiella morotsföretag. Förekomst av *Acrothecium*-röta, orsakad av *Acrothecium carotae* (syn. *Rhexocercosporidium carotae*), en vanligt förekommande svampsjukdom under lagring, och samband med behandling och analyserade ämnen i morötterna, har också undersökts.

Resultaten från projektet visar att det finns ett starkt samband mellan halterna av vissa polyacetyler (skyddsämnen/bitterämne) och förekomst av *Acrothecium*-röta efter lagring (negativ korrelation). Detta möjliggör att bestämning av halter av vissa polyacetyler skulle kunna användas för att utveckla ett prognosverktyg för morotslagring, för att därigenom kunna förutsäga vilka morotspartier som kommer att utveckla mest *Acrothecium*-röta under lagringen, och därmed bör säljas först innan rötan har utvecklats.

På vilket fält som morötterna har odlats, och troligen även hanteringen i samband med skörd, var de mest betydelsefulla faktorerna som avgjorde förekomst av *Acrothecium*-röta, och påverkade även halterna av skyddsämnen/smakämnen (polyacetyler). Infektion av *A. carotae* påverkade i allmänhet dock inte sötman i moroten. Försöken visade att även behandling och lagringsförhållanden har betydelse, men resultaten av behandlingarna varierade mellan de två undersökta åren. Ett förändrat klimat med mer nederbörd och högre temperaturer om hösten, förhållanden som gynnar växtpatogener, kan dock i en inte alltför avlägsen framtid kräva att nya metoder tas fram för hantering och lagring.



Bakgrund

Kvalitet och kvalitetsproblem i morot

Konsumenter efterfrågar idag en morot med en perfekt yttre kvalitet. Inre kvalitet, vilket innefattar smaken på produkterna, har fått en ökad betydelse för många konsumenter, och kan inom en snar framtid även bli en konkurrensfördel. Flera av de svampsjukdomar som idag orsakar problem vid morotslagring påverkar även indirekt eller direkt smaken på moroten. En del bitterämnen tros vara inblandade i morotens försvar mot svampinfektioner och därför är det i högsta grad relevant att studera sambandet mellan yttre och inre lagringskvalitet i morot.

En relativt stor andel av förluster efter skörd som uppkommer under lagring av produkterna kan härröras från angrepp av olika typer av växtpatogener, oftast svampsjukdomar (Qu et al., 2008). Samtidigt saknas idag effektiva, hållbara och säkra metoder för bekämpning av växtpatogener efter skörd i frukt, bär och grönsaker.

Brister i odlingen, felaktig lagring och ovarsam vidareförädling kan ge upphov till inte önskvärda, främst beska bismaker (Czepa och Hoffmann, 2003). En grupp kemiska ämnen av typen polyacetylen, så kallade falcariner, har på senare tid kommit att få allt större uppmärksamhet när det gäller såväl morotens önskvärda som dess negativa egenskaper (Brandt och Christensen, 2000). Polyacetylen finns bl.a. inom familjen *Apiaceae*, dit morot, selleri och palsternacka hör (Bohlmann et al., 1973).

Bitterämnen i morötter

Vid analyser av morötter återfinns 30-40 flyktiga ämnen (Kjeldsen et al., 2001). Mängden olika ämnen är genetiskt betingat, men de faktiska halterna beror av miljön (Rosenfeld et al., 2002). Morot innehåller dessutom en grupp bioaktiva polyacetylen (Christensen och Brandt, 2006). I morot är det framförallt tre polyacetylen som tillhör falcaringruppen som är vanligast (Hansen och Boll, 1986). De är: Falcarindiol (FaDOH), som visat sig smaka bittert i morot (Czepa & Hoffman, 2004). Ämnet är troligen en del av försvarssystemet i moroten mot svampinfektioner (Olsson & Svensson, 1996). Falcarinol (FaOH), som visat sig motverka cancercellväxt i människa (Matsunaga et al., 1990; Bernart et al., 1996). Falcarindiol 3-acetat (FaDOAc), som man ännu inte funnit någon specifik funktion hos.

Mängden av polyacetylen av falcaringruppen i morötter har rapporterats bero på sort (Mercier et al., 1993; Olsson et al., 1996), odlingsförhållanden (Lund och White, 1990), lagring (Hansen et al., 2003) och vidareförädling (Czepa och Hoffmann, 2004). Olika former av stress, som till exempel svampangrepp under lagring, har rapporterats som korrelerat till halterna av FaDOH i morot (Olsson and Svensson, 1996). Inget är dock rapporterat om vilken betydelse polyacetylen skulle ha vid angrepp av *Acrothecium*-röta.

Växtsjukdomar hos morot under lagring

Acrothecium carotae (syn. *Rhexocercosporidium carotae*) är en växtsjukdom som uppträder och utvecklas vid lagring av morötter, och den har rapporterats förekomma i Norge, Danmark, Sverige, Nederländerna och Kanada (Kastelein et al., 2007). Flera andra svampsjukdomar förekommer som kan ge svarta fläckar på morot under lagring; *Altenaria radicina*, *Chalaropsis thielavioides*, *Mycocentrospora acerina*, och *Thielaviopsis basicola* (Snowdon, 1991), och eftersom *A. carotae* inte är så karakteristisk i utseende vare sig beträffande angreppets utseende eller beträffande svampconidier, kan den vara svårbestämbar (Koehl et al., 2005; Kastelein et al., 2007), och därmed ha förväxlats med andra angrepp av svamp patogener. Olika sorters morötter har visat sig vara olika mottagliga för *A. carotae*, och tillväxt av skada visade sig vara 3-4 gånger så hög i den mest mottagliga sorten jämfört med den minst mottagliga (Voorrips et al., 2006). Mekanisk skada vid skörd och hantering av morötter har visat sig öka förekomst av *A. carotae* (Kastelein et al., 2007), och en förändrad skördehantering skulle eventuellt kunna minska skadefrekvensen.

Syftet med detta projekt var att undersöka hur olika behandlingar och lagringsbetingelser påverkar inre och yttre kvalitet hos morot, och sambandet mellan *Acrothecium*-förekomst och ämnen i morot som både kan påverka smak, och även fungera som skyddsämnen.

Material och metoder

Undersökningarna fokuserades på att utröna hur olika typer av lagringsbetingelser påverkar

- a) inre kvalitet, i form av bitterämnen/skyddsämnen (polyacetylen) och socker
- b) yttre kvalitet efter lagring
- c) sjukdomsförekomst; *A. carotae* och andra sjukdomar
- d) under andra året utfördes även en mindre studie över hur maskinell skörd, respektive skörd för hand, påverkade kvalitet och sjukdomsförekomst

Morötter till försöken

Morötter odlade i två kommersiella odlingsföretag i södra Sverige användes i försöken, som utfördes under odlings/lagringsåren 2008-2009 (år 1), samt 2009-2010 (år 2). Odlingen följde kommersiell odlings- och skördepraxis hos de båda företagen. Morötterna skördades av företagen, och transporterades till Alnarp för behandling och inlagring.

Båda åren hämtades morötter från två fält från var företag. År ett hämtades både sort Nerac och Dordogne (ett fält), men år två hämtades endast sorten Nerac, eftersom första årets resultat hade visat att fältvariationen var så stor, och att det därmed fanns ett behov att få större underlag för en sort. 1000 morötter per fält hämtades. Dessutom skördades för hand morötter från två fält hos företag 2. De handskördade morötterna grävdes upp med spade, och urvalet var slumpvis fördelat över fältet. Handskördade prover togs på samma fält, och ungefär samtidigt som de maskinskördade.

Lagringsförsök

Morötterna från företag 1 och 2 behandlades och lagrades in under fyra olika betingelser i lagringskammare med reglerad temperatur och luftfuktighet i Alnarp:

I. Obehandlade; jordiga direkt in från fält i lager med 2 °C.

II. Torkade; varsamt i varmluft i 32 °C i två timmar, varefter de lades för avkyllning i kylskåp med något lägre luftfuktighet i två timmar, för att därefter överföras till lager med 2 °C.

III. Tvättade och därpå torkade med samma behandling som II ovan.

IV. Morötter lagrades in i fuktig sand. Ett lager av sand, ett lager morötter, nytt sandlager etc. varvades i lådor. Samma kylskåp användes som i övriga behandlingar.

Anledningen till att välja en skonsam torkning som en av behandlingarna var att vi ville undersöka om ytfuktigheten på morötterna vid inlagring spelade någon roll för hur Acrothecium-röta (eller även andra lagringssjukdomar) utvecklades. Torkning har även används till andra lagringsprodukter för att få produkten att bilda ett skyddande ytterskikt. Behandlingen tvättning och påföljande skonsam torkning valdes för att undersöka om det fanns sporer av växtsjukdomar som kunde avlägsnas innan lagring, och därmed minska angreppen under lagring. Behandlingen med lagring i sand prövades eftersom det är en metod som har förekommit för ekologiska produkter, och som skulle kunna bidra till en jämn och lagom fuktighet under lagringen.



II. Torkade, och sedan lagrade



III. Tvättade (bilden efter tvätt), därefter torkade och lagrade



IV. Lagrade i sand

Provtagning och analyser

År 1 togs prover till analys av sockerinnehåll och innehåll av polyacetylenier från alla behandlingar (I, II, III, IV), från sort Nerac från företag 1 båda fälten, och från sort Dordogne från företag 2, efter behandlingarna vid inlagring. Alla analyser utfördes i triplikat (dvs. tre parallella prover togs från varje behandling och fält). Innan inlagring/behandling vägdes och mättes 400 morötter från varje behandling för att undersöka om det fanns något samband mellan medelstorlek/medellängd per fält och sjukdomsförekomst / innehåll av polyacetylenier. År 1 togs också prov till analyser av innehåll av socker och polyacetylenier i april. Prov togs

på hela morötter och på enbart skal, samt även på de skalade morötterna vid inlagring. Även visuell kvalitets/sjukdomsuppskattning av förekomst av röta eller mögel utfördes i mars år 1. År 2 upprepades försöket med smärre ändring; från båda företagen analyserades de fyra fälten, sort Nerac, efter lagring av de behandlade proverna, med provtagning i februari respektive i april. Prov togs på hela morötter, skal, och i några fall även på de skalade morötterna. Proverna analyserades på HPLC enligt Kjellenberg et al. (2011).

Förekomst av *A. carotae* och andra sjukdomar

Från samtliga behandlingar i lagringsförsöken togs prover för sjukdomsbestämning av *A. carotae* och dessa prover levererades till och bestämdes av Findus R&D, Bjuv (Marianne Wikström med medarbetare). 150-200 morötter från varje behandling och fält undersöktes för sjukdomsförekomst, och bestämningarna utfördes i duplikat.

Resultat

1. Lagringsförsök med olika behandlingar

Sjukdomsförekomst

Generellt kan man säga att behandling och lagring efter skörd hade betydelse för hur *A. carotae* och andra sjukdomar utvecklades under lagring, men från vilket fält som morötterna hade skördats verkade ha störst betydelse.

Effekten av behandling/lagring på förekomst av *A. carotae* varierade beroende på från vilket fält som morötterna kom från. År 1 visade resultaten att från odlingsföretag 1, och från båda fälten, hade de morötter som var behandlade med torkning (behandling II) lägst angrepp (sort Nerac; 27 % respektive 48 % angripna morötter, signifikant skillnad endast för ett av fälten), medan företag 2 hade mycket högre grad av angrepp, och ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna kunde påvisas (sort Dordogne och Nerac; variation mellan 76 % och 100 % angripna morötter). Angrepp av bomullsmögel skiljde sig inte åt mellan behandlingarna, även om förekomsten skiljde sig åt mellan fälten (variation mellan 0 % och 22 %), medan angreppen av *Fusarium*röta var något lägre för behandlingarna IV (sand) och I (obehandlade) för ett av fälten från företag 1, men ingen skillnad fanns mellan behandlingarna för de andra fälten.

Även år 2 fanns det en stor variation mellan fälten beträffande förekomst av *A. carotae* efter lagring, och speciellt ett fält avvek från de övriga tre, med ett medelvärde av alla behandlingarna som var ca fyra gånger högre än de övriga. Medelvärdet för alla behandlingar för de fyra undersökta fälten varierade mellan 17 och 79 %. Pga. den stora variationen mellan de fyra fälten fanns inga signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna, men om värdena från det avvikande fältet inte medräknades, så låg morötterna i behandling III (tvättade) lägst med 15 % angrepp, och behandling II (torkade) högst med 25 % angrepp. Total sjukdomsförekomst var något lägre, 40 %, för behandling IV (sand) än de övriga behandlingarna (47 - 50%), men även här var variationerna beroende på fält mycket stora.

År 1 var, totalt för alla undersökta fält och behandlingar, 64 % av sorten Nerac angripna av *A. carotae*, och 95 % av sorten Dordogne. År 2 var totalt för alla fyra undersökta fält och behandlingar 34 % av sorten Nerac angripna (endast maskinskördade inräknade).

Samband mellan smakämnen/skyddsämnen och sjukdomsförekomst

Polyacetylen

Det fanns ett mycket starkt samband mellan mängd polyacetylen efter lagring och förekomst av *Acrothecium*-röta. Beräknat på resultat från alla behandlingar (I, II, III och IV) och de fyra undersökta fälten år 2 i de hela morötterna, så fanns det en stark negativ korrelation mellan totalhalt av polyacetylen, och förekomst av *A. carotae*, dvs. om totalhalten polyacetylen var hög i morötterna efter lagring, så var förekomsten av *A. carotae*

låg. Detsamma gällde för både FaDOH (bitterämne) och för FaDOAc efter lagring; en stark negativ korrelation fanns med förekomst av *A. carotae*, så även för dessa ämnen gällde att om halterna var höga, så var förekomst av Acrothecium-röta låg. Samliga dessa korrelationer uppvisade ett mycket högt negativt värde; högre än 0,9, och värdena var även högt signifikanta (p ca 0,03 för FaDOH och totalhalt polyacetylen, och mindre än 0,001 för FaDOAc). För FaOH fanns istället en positiv korrelation med förekomst av *A. carotae*, men denna korrelation var inte signifikant. För år 2 fanns inget samband mellan förekomst av alla sjukdomar efter lagring, och halterna av polyacetylen. Inte heller kunde något samband hittas mellan storlek på morötterna (vikt och längd vid skörd) och halter av polyacetylen efter lagring i de hela morötterna.

Även resultaten från år 1 visar ett samband mellan förekomst av *A. carotae* och halter av FaDOAc i de hela morötterna, så att om angreppsgraden är låg, så är halterna höga (baserat på de två fälten med sort Nerac). Inte heller för detta år fanns något samband mellan FaOH och förekomst av *A. carotae*.

Kolhydrater

Det fanns inget samband mellan mängd kolhydrater efter lagring och förekomst av *A. carotae* år 2, beräknat på resultat från alla behandlingarna och de fyra undersökta fälten i de hela morötterna. Inget samband hittades mellan förekomst av *A. carotae*, eller alla sjukdomar, och halter av fruktos, glukos eller sackaros, och inte heller med den totala halten av socker i morötterna. Inget samband fanns heller mellan halter av de undersökta sockerarterna i de hela morötterna och storlek (vikt och längd vid skörd) på morötterna.

Förekomst av A. carotae och storlek på morötterna

Inget samband kunde hittas mellan vikt eller längd på morötterna vid skörd, och förekomst av *A. carotae* i morötterna efter lagring, när alla behandlingar och fält år 2 undersöktes.

Innehåll av ämnen som påverkar smak / skyddsämnen

Polyacetylen

Innehållet av polyacetylen varierade mellan åren, så det fanns endast signifikanta skillnader om varje år beräknades för sig, och inte om de beräknades tillsammans (Figur 1 och 2). Innehållet av total mängd polyacetylen liksom av FaDOH (bitterämne) i de hela morötterna var ca en femtedel högre efter lagring år 2 jämfört med år 1, medan innehållet av FaDOAc i skal var lägre år 2 jämfört med år 1. Om man jämför innehåll av FaDOH (bitterämne) mellan de olika behandlingarna, så kunde inga konsekventa resultat mellan åren ses. Exempelvis var halterna av FaDOH signifikant högre i de hela morötterna liksom i skalen från behandling III (tvättade) år 1 jämfört med de övriga behandlingarna, men lägre år 2. Inte heller för total mängd polyacetylen, för FaOH, eller för FaDOAc kunde några konsekventa skillnader mellan behandlingar för båda åren hittas. För år 2 var halten av FaDOH, FaDOAc och total mängd polyacetylen lägst i behandling III (tvättade).

Det fanns signifikanta skillnader mellan halter av polyacetylen beroende på från vilket fält morötterna hade skördats. År 1 fanns skillnad i halter av FaDOAc mellan de två fälten med sorten Nerac i de hela morötterna, liksom i skalen. Större var dock skillnaden år 1 i halter av FaDOH (bitterämne) mellan fältet med sorten Dordogne, och de två fälten med Nerac, som hade 4-5 gånger högre halt. Även år 2 fanns signifikanta skillnader i halter av FaDOAc mellan de olika fälten. Det fanns signifikanta skillnader år 2 mellan fält i halter av FaDOH samt total halt av polyacetylen, där ett fält hos företag 1 hade högsta halter av dessa ämnen, och ett annat fält från företag 2 hade lägsta halter.

Halterna av polyacetylen ändrades i de hela morötterna under lagringen år 1, jämfört med halter vid inlagringen. Halten av totala mängden polyacetylen, liksom av FaDOH (bitterämne) och FaDOAc, var högst vid inlagringen i sorten Nerac, och minskade under

lagringen. Sorten Dordogne visade inte samma skillnad under lagring. Halten av FaDOAc efter lagring var lägst i skaldelen jämfört med i den hela moroten i morötter från alla behandlingar och från båda åren.

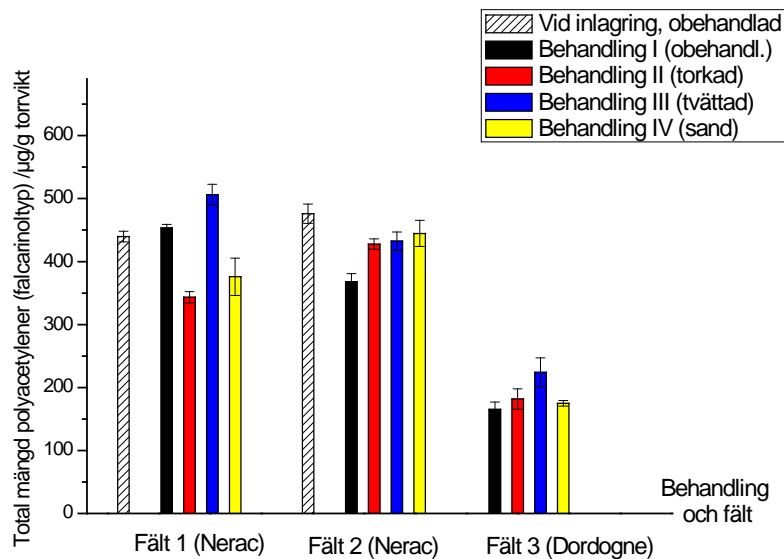


Fig. 1. Total mängd polyacetylen år 1 (2008-2009)

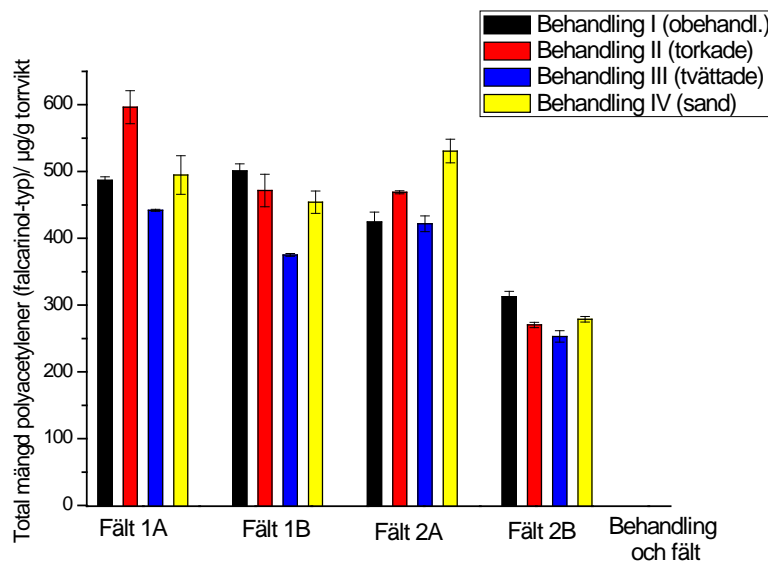


Fig. 2 Total mängd polyacetylen år 2 (2009-2010)

Kolhydrater

Det fanns få skillnader i halter av de undersökta kolhydraterna mellan behandlingar år 1 om samtliga undersökta fält (två fält med sort Nerac, och ett fält med sort Dordogne) inräknades (Fig. 3). För fruktos och glukos fanns inga signifikanta skillnader mellan behandlingar, medan för sackaros hade behandlingen IV (sand) signifikant högre halt än de övriga behandlingarna efter lagring. Halten av sackaros sjönk i behandlingarna I, II och III jämfört med halten efter skörd. Om behandlingarna för varje fält istället utvärderas separat, så fanns det signifikanta skillnader mellan behandlingarna, men de är mestadels inte konsistenta

för alla fält. För de två fälten med sorten Nerac, var halterna av glukos högre efter lagring jämfört med halter vid inlagring.

Det fanns signifikanta skillnader mellan fält i halter av kolhydrater år 2, men inte mellan behandlingar för några av de undersökta sockerarterna fruktos, glukos och sackaros, och inte heller för totalsocker. För fruktos hade morötter från det fältet med de högsta halterna 3 gånger högre än det med de lägsta halterna, och mellan två av fälten fanns inga skillnader. Liknande resultat erhöles för glukos; det fältet med morötter som innehöll de högsta halterna hade ca 3 gånger högre halter än morötter från det som hade de lägsta halterna. För sackaros var skillnaderna mellan fälten inte lika uttalade, och här var halter från ett fält signifikant skilda från de övriga (skillnad drygt 50 % högre för de högsta respektive lägsta värdena). För totalsocker var halterna i morötter från ett fält signifikant skilda från de övriga (Fig. 4).

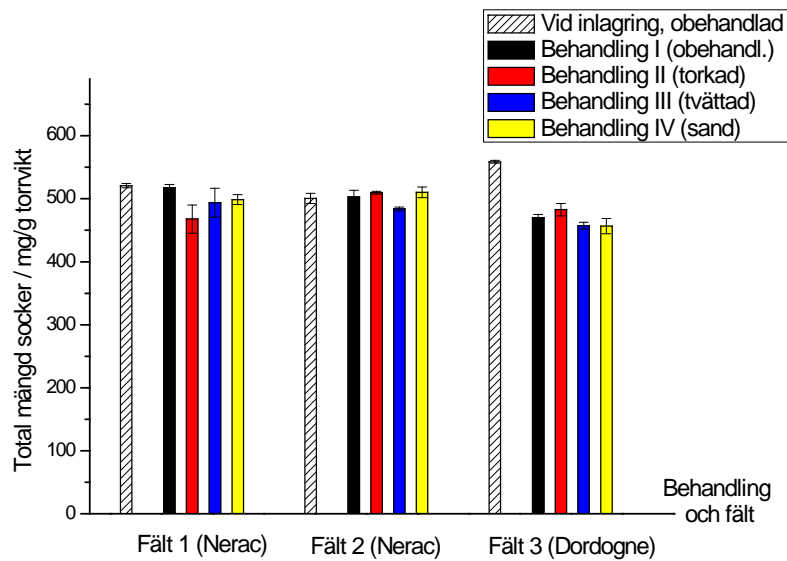


Fig. 3 Total mängd socker år 1 (2008-2009)

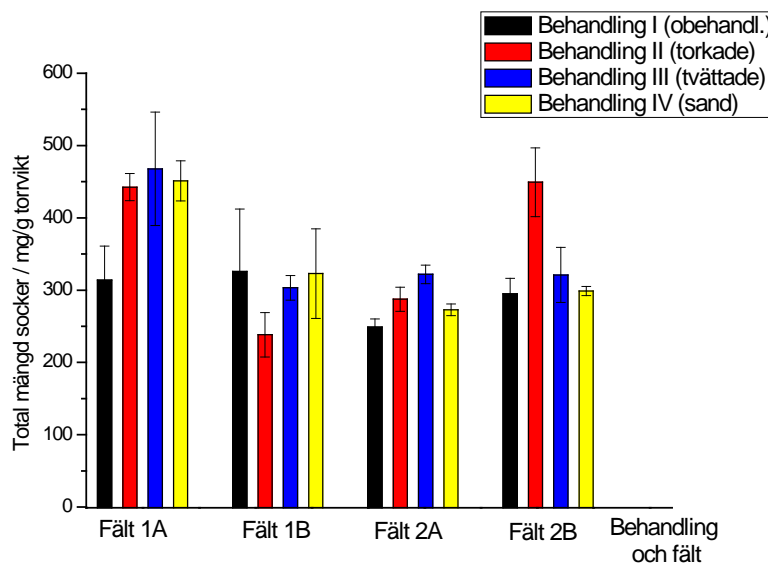


Fig. 4 Total mängd socker år 2 (2009-2010)

Påverkan på vatteninnehåll

De olika behandlingarna efter skörd påverkade endast i viss mån vatteninnehållet under och efter lagring. Vid mätning i februari år 2 hade behandling IV (sand) något lägre vatteninnehåll (10,88 – 11,68 % TS), medan de övriga inte skilde sig åt. Efter lagringstidens slut hade behandling IV (sand) något lägre vattenhalt (10,91 – 12,58 % TS) än de övriga, i tre av fyra fält. År 1 kunde inte något generell skillnad ses.

2. Maskin- respektive handskörd

Resultaten från de handskördade proven jämfört med de maskinskördade beträffande halter av polyacetylen efter lagring i de hela morötterna visade ingen konsekvent skillnad för de två undersökta fälten, men däremot i skaldelen hade de handskördade högre halter, och i de skalade morötterna var halterna i de handskördade morötterna lägre (dock endast fåtal provtagningar).

Diskussion

De ökande problemen med *Acrothecium*-röta vid lagring av morötter under senare år har medfört en ibland betydande ekonomisk förlust för odlarna, som måste kassera en betydande andel av morötterna. Det innebär även ett livsmedelssvinn, som indirekt ger en miljöbelastning. I en undersökning rapporteras nyligen att av 19 000 undersökta morötter var 59 % angripna av *Acrothecium*-röta efter lagring (Wikström m.fl. 2011), vilket överensstämmer med nivåerna på resultaten i denna undersökning. Därför är det också viktigt att förstå vilka faktorer som är avgörande för hur stora angreppen blir av sjukdomen. Att inte skörda för sent, att hålla undan andra växter (ogräs) som kan vara värdväxter för *A. carotae*, och att undvika mekaniska skador vid skörd har tidigare pekats ut som betydelsefulla för att reducera angreppen (Wikström m.fl., 2011).

Ett attraktivt scenario är att kunna förutsäga hur stora angreppen och skadorna kommer att bli under lagringen av morötterna genom ett prognosverktyg. Resultaten från detta projekt visar att det finns ett starkt samband mellan halterna av vissa polyacetylen (skyddsämnen/bitterämne) och förekomst av *Acrothecium*-röta efter lagring (negativ korrelation). Därmed skulle bestämning av halter av vissa polyacetylen kunna användas för att utveckla ett prognosverktyg för morotslagring, för att förutsäga vilka morotspartier som kommer att utveckla mest röta under lagringen, och därmed bör säljas först, innan rötan har utvecklats. Sambanden som hittades det andra året av denna undersökning mellan halter av vissa polyacetylen och förekomst av *A. carotae* var mycket starkt, vilket är lovande. Underlaget från denna undersökning beträffande hur halterna av polyacetylen förhåller sig till *Acrothecium*-förekomst direkt efter skörd, och hur polyacetylenhalterna utvecklas i början av lagringen är dock ännu ofullständigt, och bör utredas vidare för att kunna utveckla ett prognosverktyg.

Inre kvalitet, vilket innefattar smaken på produkterna, har fått en ökad betydelse för många konsumenter. I detta projekt har vi undersökt ämnen som har betydelse för smaken i morot; ett ämne som anses bidra till bitter smak, falcarindiol, och olika kolhydrater som bidrar till en söt smak. Generellt kan sägas att vi i denna undersökning inte hittade något samband mellan *Acrothecium*-förekomst och halter av sockerarter, även om undantag till detta fanns. Det innebär att infektion av *A. carotae* i allmänhet inte påverkar sötman i moroten. Falcarindiol är ett av de ämnen i morot, jämte 6-metoxymellin, som anses ge bitter smak. Falcarindiol, liksom vissa andra polyacetylen, anses också fungera som skyddsämne mot växtsjukdomar. Det samband (negativ korrelation) mellan *Acrothecium*-förekomst och falcarindiol som påvisades i denna undersökning skulle då innebära att det är mindre bitter

smak i de angripna morötterna. Den upplevda smaken är dock en komplex företeelse som bestäms av samverkan av ämnen, och i detta fall påverkar sannolikt även morotens innehåll och sammansättning av olika sockerarter smakupplevelsen.

I detta projekt har vi undersökt hur olika behandlingar och lagringsbetingelser efter skörd kan påverka den inre och yttre kvaliteten hos morötterna, liksom förekomst av *A. carotae* och andra sjukdomar. Det första året undersöktes sorten Nerac på två fält, och sorten Dordogne på ett fält, och resultaten visade att skillnaderna mellan de olika fälten var så stora, att effekterna av de olika behandlingarna/lagringsbetingelserna i mångt och mycket överskuggades av fältvariationerna. Det andra året användes av detta skäl endast en sort, men fyra fält undersöktes. Troligt är att den stora variationen av både Acrothecium-förekomst, liksom variationen i polyacetylenhalter, är beroende av fältet och dess omgivning, men att även hanteringen i samband med skörd och transport ända fram till lagringsbehållaren, kan påverka. De olika behandlingarna och lagringsbetingelserna i denna undersökning visade sig ge effekter både på förekomst av *A. carotae* och på polyacetylen, men viktigast är att förstå vad som orsakar de stora fältvariationerna. Om man kommer till rätta med ursprunget till dem, d.v.s. vad det är som gynnar att morötterna blir infekterade med *A. carotae*, så blir det troligen även aktuellt att förbättra hantering och lagring, men i dagsläget verkar det inte ha störst betydelse. Ett förändrat klimat med mer nederbörd och högre temperaturer om hösten, förhållanden som gynnar växtpatogener, kan dock i en inte alltför avlägsen framtid kräva att nya metoder tas fram för hantering och lagring för att motverka ökning av lagringssjukdomar.

Ämnesgruppen polyacetylen av falcarinol-typ i morötter har tidigare föreslagits ha en skyddande verkan mot växtsjukdomar, och resultaten från detta projekt bekräftade sambandet även med Acrothecium-röta. Däremot verkar inte smaken på morötterna försämrats av angreppen, eftersom vi inte hittade högre halter av bitterämnen eller ändrad halt av socker. Sockerhalten, liksom halten av polyacetylen, varierade dock mycket beroende på vilket fält morötterna var skördade på.

Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Artiklar:

Olsson, ME, Kjellenberg, L, Gustavsson, KEG, Mogren, L. Polyacetylenes and occurrence of *Rhexocercosporidium carotae* in field grown carrots, as affected by field conditions and storage method. 2012. Manuskript.

Olsson, ME, Gustavsson, KEG, Kjellenberg, L, Mogren, L. Effects of field conditions, harvest method and storage conditions on carbohydrates in field grown carrots. 2012. Manuskript.

Presentationer:

April 2008: Projektet presenteras vid ett Acrothecium seminarium i Holland.

Juni 2008: Projektet presenteras i samband med Borgeby fältdagar.

November 2008: Mogren, L., Kjellenberg, L. & Olsson, M. 2008. Snygga och goda morötter – hur då? Bara mat. Livsmedelsforskardagarna 2008, Lund.

Februari 2010: Presentation vid ett seminarium arrangerat bl.a. av SLF, i samband med potatis- och frilandsmässan i Örebro.

Mars 2012: Möte med morotsföretag för att presentera resultaten från projektet.

Referenser

- Bernart MW, Cardellina II JH, Balaschak MS, Alexander M, Shoemaker, RH., and Boyd MR. Cytotoxic falcarinol oxylipins from *Dendropanax arboreus*. *J. Nat. Prod.* 59, 748-753 (1996).
- Bohlmann F, Burkhardt T Zedero C *Naturally Occuring Acetylenes*. Acad, Press, London (1973).
- Brandt K and Christensen LP, Vegetables as neutraceuticals—falcarinol in carrots and other root crops, ed. by Johnsson IT and Fenwick GW. Royal Society of Chemistry, Cambridge (2000).
- Christensen, L. P. and Brandt, K. Bioactive polyacetylenes in food plants of the Apiaceae family: Occurrence, bioactivity and analysis. *J Pharmac Biomed Anal*, 41, 683-693 (2006)
- Czepa A and Hoffmann T, Structural and sensory characterization of compounds contributing to the bitter off-taste of carrots (*Daucus Carota* L.) and carrot puree. *J Agric Food Chem* 51, 3865-3873 (2003).
- Czepa A and Hoffmann T, Quantitative studies and sensory analyses on the influence of cultivar, spatial tissue distribution, and industrial processing on the bitter off-taste of carrots (*Daucus carota* L.) and carrot products. *J Agric Food Chem* 52:4508-4514 (2004).
- Hansen SL, Purup S Christensen LP, Bioactivity of falcarinol and the influence of processing and storage on its content in carrots (*Daucus carota* L.). *J Sci Food Agric* 83:1010-1017 (2003).
- Hansen, L. and Boll, P. M. Polyacetylenes in Araliaceae: Their chemistry, biosynthesis and biological significance. *Phytochemistry*.25, 285-293 (1986).
- Kastelein P., Stilma E. S. C, Elderson J., Köhl J. Occurrence of *Rhexocercosporidium carotae* on coldstored carrot roots in the Netherlands *Eur J Plant Pathol* 117:293–305 (2007).
- Kjeldsen, F, Christensen, LP, and Edelenbos, M. Quantitative analysis of aroma compounds in carrot (*Daucus carota* L.) cultivars by capillary gas chromatography using large-volume injection technique. *J Agricult Food Chem*.49, 4342-4348 (2001).
- Kjellenberg L, Johansson E, Gustavsson K-E, Olsson ME. Polyacetylenes in fresh and stored carrots (*Daucus carota*): relations to root morphology and sugar content. *J Sci Food Agric.*, Article *in press*; published online 22 Dec. 2011.
- Koehl, J; Kastelein, P; Elderson, J and Blok, WJ. Identification of measures for prevention of black spots in organically produced stored carrots. Paper at: Researching Sustainable Systems - Int Sci Confe Organic Agricult., 2005. *Organic E-prints*: <http://orgprints.org/4305/>
- Lund DL and White JM, Polyacetylenes in normal and waterstressed “Orlando-Gold” carrots (*Daucus carota*). *J Sci Food Agric* 51:507-516 (1990).
- Matsunaga, H, Katano, M, Yamatoto, H, Fujito, H, Mori, M, and Takata, K Cytotoxic activity of polyacetylene compounds in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Chem Pharmac Bulletin*.38, 2480-2482 (1990).
- Mercier J, Ponnampalam R, B, rard LS and Arul J, Polyacetylene content and UV-induced 6-methoxymellein accumulation in carrot cultivars. *J Sci Food Agricult* 63:313-317 (1993).
- Olsson K and Svensson R, The influence of polyacetylenes on the susceptibility of carrots to storage diseases. *J Phytopathol* 144:441-447 (1996).
- Qu, Hongxia; Yi, Chun; Jiang, Yueming. Loss of pathogen resistance by harvested horticultural crops. *Stewart Postharvest Review*, 4, 2, 1-4, (2008).
- Rosenfeld, HJ, Aaby, K, and Lea, P. Influence of temperature and plant density on sensory quality and volatile terpenoids of carrot (*Daucus carota* L.) root. *J Sci Food Agricult*, 82, 1384-1390 (2002).
- Snowdon, A.L. A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables, Vol.2: Vegetables. Wolfe Scientific Ltd, England. (1991).
- Voorrips RE, Zijlstra, S, Köhl J, Kastelein, P Black spot diseases in carrot. Poster at: Joint Organic Congress, 2006. *Organic E-prints*: <http://orgprints.org/7314/>
- Wikström, M., m.fl., 2011. Svarta fläckar på lagrade morötter – ny sjukdom i Sverige orsakad av *Acrothecium carotae*. Slutrapport till SLF. <http://ams.orbelon.com/slf/pdf/srpH0556131.pdf>