

# Vi vill ha krasigare äpplen!

HILDE NYBOM, MASOUD AHMADI-AFZADI, IBRAHIM TAHIR OCH JASNA SEHIC

*Äpple är gott – men inte alltid! Dagens konsumenter är kräsna och vet precis hur dom vill ha det: äpplet ska vara både fast och krasigt på samma gång. Det ska knastra rejält mellan tänderna när man tar en tugga. Vissa minns kanske mormors gamla träd av Sävstaholm och andra klassiker, men om de erbjuds lagrade äpplen av dessa sorter blir domen inte nådig: frukten är ju alldeles för mjuk och mjölig! Går inte att äta!*

Även moderna äpplesorter kan dock ha problem med konsistensen. Ju längre ett äpple däremot förblir fast och saftigt under lagring, ju större handlingsutrymme har odlaren och fruktpackeriet, vilket i sin tur förstärker påverkar prisbildningen positivt.

På SLU-Balsgård har vi under senare år uppmärksammat fruktens konsistens allt mer inom både forskning och växtförädling (Nybom, 2008; Nybom och Sehic, 2009). Vi har använt oss av smaktester för att ta reda på vad konsumenterna egentligen vill ha, vi har gjort mekaniska mätningar av fruktens konsistens hos ett stort antal sorter, och vi har använt DNA-markörer för olika gener som påverkar egenskaper av betydelse för fruktens konsistens.

## Hur mäter man fruktens konsistens?

Vad är konsistens egentligen? I detta begrepp ingår flera olika variabler som hårdhet, sprödhet, saftighet, svampighet och mjölighet. Dessa hänger ihop i hög grad; fasta äpplen uppfattas oftast som sprödare och saftigare samt mindre mjöliga än vad mjuka äpplen gör. Lättast att mäta av dessa variabler



Fig. 1. Det finns allt fler äpplesorter att välja på i butikerna – men vilka är krasiga och saftiga, och vilka är mjuka och mjöliga?

är hårdhet. På Balsgård har vi använt en enkel, handhållen penetrometer, som skjuter in en smal metallcylinder i frukten. Kraften som krävs för att skjuta in cylindern mäts i kg/cm<sup>2</sup> och ger ett mått på fruktens hårdhet. När vi gjort dessa mätningar både på nyskördad frukt och på frukt som lagrats några veckor, kan vi beräkna hur mycket äpplena av en viss sort mjuknar under lagringen.

## Nyplockad frukt duger fint

Större konsumenttest har vi genomfört framför allt i samband med äppelmarknaden i Kivik. Försökspersonerna har serverats fem olika äpplesorter, som de har fått betygsätta med avseende på fruktens utseende, smak, hårdhet, saftighet och helhetsintryck. Bedömningen av de olika sorternas hårdhet har varit väl korrelerad med den hårdhet vi själva mätt upp ett par dagar tidigare med vår penetrometer. Så långt allting gott. Men... till vår förvåning har vi sett att hårdheten hos en sort inte haft någon som helst betydelse för hur försökspersonerna

poängsatt sitt helhetsintryck av samma sort (Jönsson och Nybom, 2006; Jönsson och Nybom, 2007). Förklaringen är nog ganska enkel; våra tester har gjorts på helt nyskördad frukt och alla sorter har då bedömts ha tillräcklig hårdhet.

För att undersöka skillnader i hårdhet, plockades frukt från 127 äpplesorter på Balsgård eller Kivik. Mognadsgraden undersöktes med ett jod-stärkelsetest så att alla sorterna skulle sköras i ungefär samma mognadsstadium. Hårdheten mättes med penetrometer på 10 nyskördade frukter av varje sort. I Fig. 4 ser vi hur fruktens hårdhet ökar något, från penetrometervärden på 6–8 hos tidig-mognande sorter till värden mellan 7 och 12 hos de mest senmognande. Redan värden kring 6 brukar anses acceptabla, medan värden över 8 ofta uppfattas som för hårda!

Av dessa 127 sorter, var 13 triploida (tre kromosomuppsättningar istället för de vanliga två) och en tetraploid (fyra kromosomuppsättningar). Bland de senmognande, visade det sig att de



Fig. 2. Fem äpplesorter uppdukade inför ett konsumenttest.



Fig. 3. Äpplets hårdhet mäter man enklast med en penetrometer.

10 sorter som var triploida eller tetraploida, var signifikant hårdare än de diploida sorterna. Hit hör t.ex. Vrams järnäpple...

### Men lagrad frukt mjuknar...

Problemet är alltså inte så mycket en fråga om äpplets hårdhet när vi plockar frukten, utan mer om vad som händer efter skörden. Att man skördar vid rätt tid (och inte för sent – vilket är en kardinalsynd!) samt använ-

der bra lagringsmetoder, har förstås stor betydelse för äpplets hållbarhet (Tahir, 2009a; Tahir, 2009b). Men det finns även ärftligt betingad skillnad mellan olika äpplesorter i hur pass väl de lyckas bibehålla fasthet och saftighet – samt gärna ett krasigt fruktkött! För att undersöka effekten av lagring, sattes 10 frukter av varje sort in i ett vanligt kylskåp (2,5 °C) omedelbart efter skörd. För 58 tidigmognande sorter (skördade mellan 10:e augusti och 9:e september) togs denna frukt ut ur lagret efter 6 veckor, och där efter mättes hårdheten. Graden av 'mjuknande' beräknades som skillnaden mellan penetrometervärdet efter skörd och penetrometervärdet efter lagringsperioden. I Fig. 5 syns att tidigt skördad frukt mjuknar betydligt mer än den frukt som skördats en månad senare. De riktigt tidigmognande sorterna blir alltså extremt mjuka och mjöliga redan efter 6 veckor – detta är sorter som bör ätas så snabbt som möjligt efter skörd! För 69 senmognande sorter (skördade från 13:e september till 12:e oktober) lagrades frukten istället i 12 veckor innan vi mätte hårdheten. Även för dessa sorter

ser vi i Fig. 6 att frukterna behåller sin hårdhet bättre ju senare på säsongen de har blivit mogna nog att skörda.

### Genetiskt bestämd eftermognad

Uppenbarligen finns det alltså ett visst samband mellan sorternas mognadstid och deras fasthet vid mognad (Fig. 4). Men det finns ett ännu starkare samband mellan sorternas mognadstid och graden av mjuknande under lagring (Fig. 5 och Fig. 6). I den vetenskapliga litteraturen finns beskrivningar och analyser av ett antal olika gener som avgör hur snabbt olika äpplesorter mjuknar under lagring.

**Md-ACS1 genen.** Den mest studerade 'konsistens-genen' hos äpple är Md-ACS1, som styr etylenhalten i frukten och därmed också eftermognaden (Oraguzie m.fl., 2004; Oraguzie m.fl., 2007). Frukter med långsam eftermognad behåller sin hårdhet längre än frukter med ett snabbare mognadsförlopp. Två olika alleler (varianter) har identifierats av denna gen. Allel 1 ger en högre etylenhalt och ett snabbare mognadsförlopp medan allel 2 ger en lägre etylenhalt och ett långsammare mognadsförlopp. Vanliga

diploida äpplesorter har två alleler; 1-1, 1-2 eller 2-2. I genomsnitt kommer således sorter med 1-1 att producera mest etylen och därmed frukter som snabbt blir mjuka på lagret, sorter med 1-2 har medelhög etylenhalt, och sorter med 2-2 har den lägsta etylenhalten och därmed den mest hållbara frukten.

På Balsgård har ett stort antal äpplesorter analyserats med en DNA-markör för att identifiera förekomsten av de två olika allelerna (Nybom m.fl., 2008; Nybom m.fl., under tryckning). Majoriteten av dessa sorter har tyvärr 1-1, vilket alltså innebär att frukten löper stor risk att eftermogna snabbt och bli mjuk. Hit hör i stort sett alla de äldre svenska sorterna – inte konstigt att Sävstaholm och många av de andra faktiskt blir mjöliga! Nästan en fjärdedel av sorterna har den lite bättre varianten 1-2 (företrädesvis utländska sorter eller nyare svenska sorter, exempelvis Aroma, Cox Orange, Fredrik, Katja och Kim). Det bästa alternativet, dvs 2-2, har vi hittills bara hittat hos åtta sorter, nämligen Discovery, Elise, Gloster, Goldrush, Pinova, Rajka, Rubinola och Scarlet O'Hara.

Allelfrekvenserna har förskjutits kraftigt med tiden; hos nya sorter (kommit i handeln efter 1960) är frekvensen av allel 2 hela 54% trots att samma allel har en frekvens på bara 12,5% i sorter kända sedan innan år 1800. Uppenbarligen har modern växtförädling lyckats förbättra fruktens konsistens just genom att öka frekvensen av allel 2.

**Md-Exp7 genen.** Expansiner är enzym som påverkar nedbrytningen av komplexa sockermolekyler i cellväggarna hos mognande frukt. Nyligen presenterades ett DNA-baserat markörssystem för en gen som kallas Md-Exp7 hos äpple (Costa m.fl., 2008). Själva markören består av en mikrosatellit DNA-sekvens inne i genen. Denna sekvens kan skilja sig åt lite i storlek. De vanligaste genvarianterna (allelerna) är 198 baspar (bp) respektive 202 bp långa, men man har hittat ytterligare ett dussintal alleler med

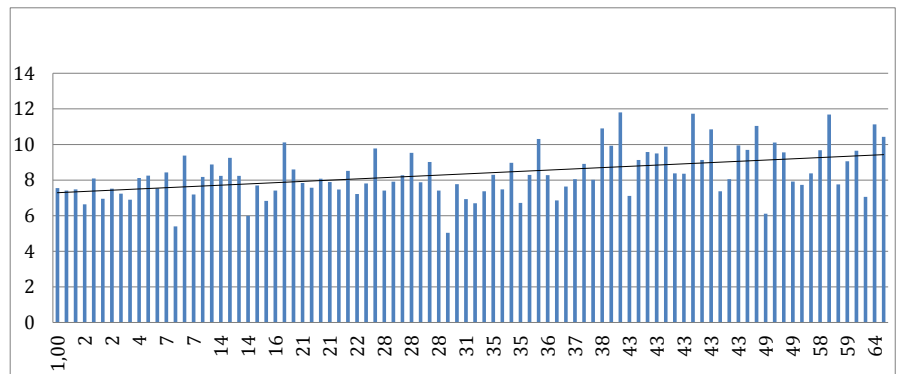


Fig. 4. Frukten hårdhet, mätt med penetrometer, för 127 äpplesorter. Varje blå stapel anger medelvärdet för 10 frukter (skala på y-axeln) av en viss sort, och sorterna är dessutom ordnade efter skördedatum, där dag 1 är första skördedagen (10 aug).

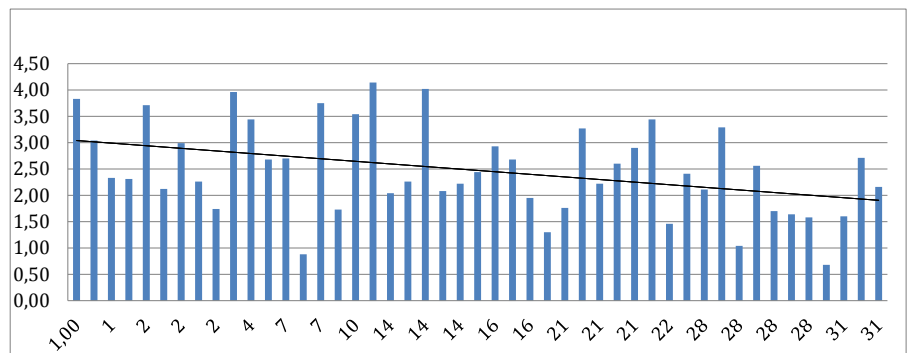


Fig. 5. Frukten mjuknande under lagring, beräknad som skillnad i penetrometervärden vid skörd och efter lagring, för tidigmognande sorter (skördade 10 aug – 9 sept) som lagrats under 6 veckor. Varje blå stapel representerar medelvärdet för en sort, sorterna ordnade efter skördedatum.

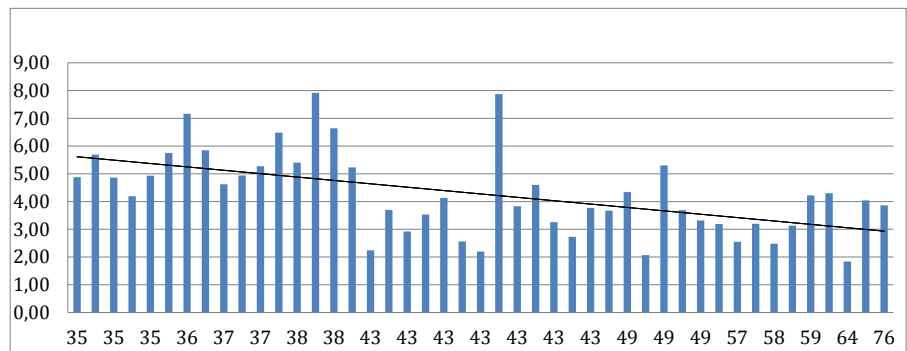


Fig. 6. Frukten mjuknande under lagring, beräknad som skillnad i penetrometervärden vid skörd och efter lagring, för senmognande sorter (skördade 13 sept – 12 okt) som lagrats under 12 veckor. Varje blå stapel representerar medelvärdet för en sort, sorterna ordnade efter skördedatum.

olika längder. Enligt Costa m.fl., skulle allel 198 bp vara kopplad till fasthet medan allel 202 bp skulle vara kopplad till mjukare frukt. När vi analyserade våra äpplesorter med Md-Exp7 genen, blev vi överraskade av att den 'sämre' allelen, dvs allel 202 bp faktiskt hade ökat från 57 till 85% när vi jämförde mycket gamla (före 1800) med nyare äpplesorter (efter 1960; Nybom m.fl.

under tryckning). Hmm... hade utvecklingen gått i motsatt riktning för denna gen?

### Samband mellan DNA-markörer och uppmätt hårdhet

Under 2011 kompletterade vi tidigare analyser av Md-ACS1 och Md-Exp7 så att vi fick data för alla de 127 äpplesorter som vi hade penetrometervär-



Fig. 7. Tjeckiska sorten Rajka har 2-2 i *Md-ACS1*, 202-202 i *Md-Exp7* och 1-2 i *Md-PG1*, och är därmed – teoretiskt sett – en av de bästa sorter vi undersökt för fruktkonsistens. Trots detta visar denna sort knappt medelmåttig hållbarhet i lagret; troligen saknar den vissa andra viktiga gener! Foto: Petra Christensen Mårtensson.

den för. Dessutom analyserade vi dessa sorter avseende ytterligare en gen med påverkan på etylenhalten, *Md-ACO1* (Costa m.fl., 2005) samt en med påverkan på cellväggarnas nedbrytning, *Md-PG1* (Wakasa m.fl., 2006; Costa m.fl., 2010). Vi hittade tydliga samband mellan mjuknande och allelerna i *Md-ACS1* (sorter med 2-2 och 2-1 mjuknade signifikant mindre än sorter med 1-1) och *Md-PG1* (sorter med 1-2 mjuknade signifikant mindre än sorter med 1-1; några sorter med 2-2 hade vi tyvärr inte). För *Md-Exp7* gav 202 bp-allelen i dubbel uppsättning det bästa resultatet (precis som vi hade misstänkt eftersom denna allel hade ökat under senare tid) medan *Md-ACO1* inte hade något signifikant

inflytande. Inom den svenska äppleförädlingen bör vi alltså prioritera sorter som har bästa tänkbara genuppsättning i framför allt *Md-ACS1*, *Md-PG1*, och *Md-Exp7*. I framtiden ska det nämligen vara rejält krasiga äpplen även i lådorna med svenskodlad frukt!

### Referenser

- Costa F, Stella S, Van De Weg WE, Guerra W, Cecchin M, Dallavia J, Koller B, Sansavini S (2005) Role of the genes *Md-ACO1* and *Md-ACS1* in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh.). *Euphytica* 141: 181–190.
- Costa F, Van de Weg WE, Stella S, Dondini L, Pratesi D, Musacchi S, Sansavini S (2008) Map position and functional allelic diversity of *Md-Exp7*, a new putative expansin gene associated with fruit softening in apple (*Malus x domestica* Borkh.) and pear (*Pyrus communis*). *Tree Genet. Genomes* 4: 575–586.
- Costa F, Peace CP, Stella S, Serra S, Musacchi S, Bazzani M, Sansavini S, Van de Weg E (2010) QTL dynamics for fruit firmness and softening around an ethylene-dependent polygalacturonase gene in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *J. Expt. Bot.* 61: 3029–3039.
- Jönsson Å, Nybom H (2006) Smaktest av skorvresistenta äpplen. *Frukt & Bär* 48 (1): 4–5
- Jönsson Å, Nybom H (2007) Consumer evaluation of scab-resistant apple cultivars in Sweden. *Agr. Food Sci.* 15: 388–401.
- Nybom H (2008) Vi vill ha krispigare äpplen. *Frukt & Bär* 2008 (7): 18–19.
- Nybom H, Sehic J, Garkava-Gustavsson L (2008) Modern apple breeding is associated with a significant change in allelic ratio of the ethylene production gene *Md-ACS1*. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 83: 673–677.
- Nybom H, Sehic J (2009) Var äpplena verkligen bättre förr? *Pomologen* 9(1): 4–7.
- Nybom H, Ahmadi-Afzadi M, Garkava-Gustavsson L, Sehic J, Tahir I. Selection for improved fruit texture and storability in apple. *Acta Hortic.*, under tryckning.
- Oraguzie NC, Iwanami H, Soejima J, Harada T, Hall A (2004) Inheritance of the *Md-ACS1* gene and its relationship to fruit softening in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Theor. Appl. Genet.* 108: 1526–1533
- Oraguzie N.C., Volz R.K., Whitworth C.J., Bassett H.C.M., Hall A.J., Gardiner S.E. 2007. Influence of *Md-ACS1* allelotype on fruit and harvest season within an apple germplasm collection on fruit softening during cold air storage. *Postharvest Biol. Technol.* 44: 212–219.
- Tahir I (2009) ULO-lagring ger bättre hållbarhet. *Frukt & Bär* 2009 (7): 24–25.
- Tahir I (2009) Skörda i rätt tid – viktigt för att få ekologiska äpplen som tål lagring. *Frukt & Bär* 2009 (16): 16–17.
- Wakasa Y, Kudo H, Ishikawa R, Akada S, Senda M, Niizeki M, Harada T (2006) Low expression of an endopolygalacturonase gene in apple fruit with long-term storage potential. *Postharvest Biol. Technol.* 39: 193–198.

Faktabladet är utarbetat inom  
LTI-fakultetens område för Växtförädling och bioteknik, Balsgård  
[www.slu.se/balsgard](http://www.slu.se/balsgard)

Projektet är finansierat av Formas ([www.formas.se](http://www.formas.se)) och SLF ([www.lantbruksforskning.se](http://www.lantbruksforskning.se))

Projektansvarig Hilde Nybom, [hilde.nybom@slu.se](mailto:hilde.nybom@slu.se)

<http://epsilon.slu.se>