

## Ozon som behandling för att minska lagringsskador på äpple

MARIE OLSSON OCH KARL-ERIK GUSTAVSSON

Institutionen för växtförädling, Box 101, 230 53 Alnarp

En pilotstudie har undersökt effekter när äpple har behandlats med ozon innan lagring för att minska patogenangrepp och därmed höja kvalitet och hållbarhet efter skörd. Idag efterfrågas nya alternativa, hållbara bekämpningsmetoder mot växtpatogener. Internationella försök har visat att precisionsbehandling med ozon efter skörd kan ge reduktion av patogenangrepp och ökad hållbarhet, men kunskapen är ännu fragmentarisk. Försöket visar lovande resultat för behandling av äpplen med ozon för att reducera angrepp av växtpatogener och reducera förluster under lagring av äpplen. Försöket visar också att det är viktigt att välja rätt koncentration för behandlingen av äpplen efter skörd. En koncentration av ozon 1,5 ppm i luft 1 timma eller 1,5-2 ppm i vatten i 10 minuter gav bäst resultat, Vid dessa två behandlingar erhöles inga negativa effekter på kvalitet, utan resulterade i något rödare skalfärg samt högre totalhalt av de analyserade skyddsämnen.

### Förluster och kvalitetssänkning orsakad av växtpatogener efter skörd

Förluster efter skörd orsakar ekonomisk skada och utgör dessutom en belastning på miljö och klimat genom resursslöseri. Omfattning av förluster efter skörd har uppskattats till 5-50%, beroende på produkt och hantering (Wills et al., 2007). En relativt stor andel av dessa förluster som uppkommer under lagring av produkterna kan härröras från angrepp av olika typer av växtpatogener, oftast svampsjukdomar. Samtidigt



I äppelodlingarna sprids svamppatogener som efter skörd ger upphov till skador och svinn under lagring. Foto Marie Olsson.

saknas idag effektiva, hållbara och säkra metoder för bekämpning av växtpatogener efter skörd i frukt och bär.

Enligt flera svenska undersökningar är *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructigena*, och *M. laxa*, *Colletotrichum acutatum* (som orsakar bitterröta) och *Penicillium expansum* (som orsakar grönt mögel) de svampsjukdomarna som orsakar mest skada i södra Sverige. Vidare ger den lagringssjukdom som tidigare kallades *Gloeosporiumröta*, (orsakas av någon av de tre svamparterna *Neofabraea perennans*, *N. alba* eller *N. malicorticis*) också stort svinn (Tahir, 2006).

### Behandling av produkter efter skörd med ozon:

Ozon är en gas med tre syreatomer; O<sub>3</sub>, som finns i stratosfären, "ozonlagret", där det skyddar mot UV-strålning, men förekommer även som marknära ozon, då det bildas bl.a. av bilavgaser. I USA är ozon tillåtet för behandling av livsmedel och har klassificerats som Generally Recognized As Safe (GRAS) av EPA (Environmental Protection Agency) och FDA (Food and Drug Administration). Ozon i höga doser kan dock vara skadligt för både människor, djur och växter. P.g.a. av sin reaktivitet med många ämnen är det dock kortlivat, och vid användande av ozon för olika

ändamål bör god arbetsmiljö säkerställas genom hantering av gasen i slutna behållare, och recirkulering av gasen, alternativt genom att åstadkomma nedbrytning efter önskad behandling av produkterna genom att efter behandlingen tillsätta ämnen som bidrar till nedbrytningen.

Ozon är ett oxidationsmedel som är 1,5 gånger starkare än klorgas. Vidare behövs det 4-5 gånger längre kontakttid för anti-mikrobiell verkan för klor än vad som erfordras för ozon. Ozon anses attackera mikroorganismers cellmembran, och anses även vara mer effektivt än klor mot sporer från mikroorganismer (Suslow, 2004). Ozon var den effektivaste i reduktion av antal mikroorganismer av de anti-mikrobiella medlen testade i en undersökning av de humana patogenerna *E. coli* och *Listeria monocytogenes* på trädgårdsprodukter (Rodgers et al., 2004). Ozon skulle alltså även kunna bidra till att öka livsmedelssäkerheten för trädgårdsprodukter.

Internationellt finns samma strävan som i Sverige att finna nya hållbara och säkra metoder för bättre kvalitet och hållbarhet efter skörd. Försök har utförts med att behandla olika trädgårdsprodukter efter skörd med ozon. Björnbär, jordgubbar, tomater, vindruvor, plommon, morötter, persikor och tranbär har behandlats. Dessutom har försök utförts i USA med behandling av majs och sädeskorn under lagring (Freitas-Silva & Venancio, 2010). Produkterna har placerats i täta rum eller behållare och ozon har tillsatts i bestämda koncentrationer. Under försöken har ozon tillsatts hela under lagringstiden i låga koncentrationer, eller bara i början av lagringen. Det finns även försök där man har undersökt effekter av ozonbehandlingen efter lagringen. Försök är utförda i bl.a. England, Frankrike, Argentina, Spanien och USA.

Vid behandling med ozon på trädgårdsprodukter har en rad olika positiva effekter konstaterats:

- Växtpatogener har uppvisat minskad tillväxt samt minskad groning av sporer från mögelsvamparna, vilket reducerar spridningen.
- I vissa försök har man sett en ökad halt av vitamin C och skyddsämnen mot växtpatogener.
- Halter av eten har reducerats genom att eten reagerar med ozon.
- Produkterna har uppvisat bättre fasthet och hållbarhet.

Totalt har övervägande positiva effekter hittats, medan de negativa effekterna har varit marginella, som ökad vattenavgivning hos persika, och vid höga koncentrationer av ozon en minskning av vitamin C-halten hos tropiska frukter (fresh cut).

Generellt sett har man funnit en positiv effekt av ozonbehandlingen, framför allt dess förmåga att förhindra växtpatogener (mögel) under lagring. Huvudsakligen har sporbildning av mögelsvamparna förhindrats, men även tillväxten (storleken) på mögelangrepp har minskat. En trolig förklaring som anges är att det sker en inducering av produktens försvar mot växtpatogener (Freitas-Silva & Venancio, 2010). I huvudsak har man sett en minskad tillväxt av mögel och förbättrad hållbarhet hos de undersökta produkterna, och fasthet var bättre bevarad hos tomater. Ingen skillnad av färg, sockerinhåll, syrainnehåll och total antioxidativ kapacitet hittades hos tomater i en undersökning, men preferensen hos en panel ökade för de behandlade tomaterna jämfört med obehandlade (Tzortzakis et al., 2007). Reduktion av tillväxt av svampatogener minskade, liksom sporbildning vid ozonbehandling av tomat, men samma resultat erhöles inte vid ozonbehandling av patogenerna på agarplattor (Tzortzakis et al., 2008). När samma forskningsgrupp i ett senare arbete förbehandlade tomater med ozon, och därpå inokulerade med *Botrytis cinerea*, fann man en kvarstående effekt av ozonbehandlingen med minskad tillväxt av svamppatogenen samt ökad fasthet

hos tomaterna (Tzortzakis et al., 2011)

I försök med ozonbehandling av björnbär erhöles reduktion av nedbrytning orsakad av svampatogener, och ingen negativ effekt på färgämnen antocyaner erhöles (Barth et al., 1995). Även hos jordgubbar blev effekten en reduktion av nedbrytning orsakad av svampatogener vid kylförvaring, men effekten kvarstod inte vid överförande till rumtemperatur. Vidare resulterade även behandlingen i en ökad halt av vitamin C (Perez et al., 1999). För persikor resulterade behandling med ozon i en reduktion av tillväxt av svampmycel samt mindre sporbildning, men vattenförlust ökade något (Palou et al., 2002). Ozonbehandling av tomater resulterade i reduktion av antal mikroorganismer samt ökning av vitamin C-halt (Aguayo et al., 2006). I en undersökning av fresh-cut av tropiska frukter; ananas, banan och guava fann man ökade halter av totalfenoler och flavonoider hos ananas och banan, men en minskning hos guava, och vitamin C-innehåll reducerades vid höga ozonkoncentrationer (Alothman et al., 2010). Etylenkoncentrationen reducerades vid behandling av citrusfrukt, liksom tillväxt och sporbildning av *Penicillium* sp. och här fann man även en synergistisk effekt med kylförvaring (Palou et al., 2001).

Sammanfattningsvis har det varit övervägande positiva effekter av ozonbehandlingen, och i de fall där negativa effekter har konstaterats, har de varit marginella jämfört med fördelarna.

### Undersökningens uppläggning:

Detta projekt har utförts som en pilotstudie för att undersöka hur precisionsbehandling av ozon påverkar fruktkvalitet och hållbarhet efter skörd hos äpple. Effekter av ozonbehandling på utveckling av de viktigaste växtpatogenerna, och produkternas kvalitet och hållbarhet har undersökts.

### Material och behandlingar

Huvudsakligen användes sorten 'Aroma' i försöken. Till inokuleringsförsök med



Behandling med ozon i luft 1,5 ppm (till vänster) gav ett bra resultat efter lagring, medan 5 ppm (till höger) resulterade i skador på frukterna.  
Foto Marie Olsson.

patogener användes 'Ingrid Marie' och 'Gloster'.

Gasbehandling med ozon (ozon i luft) har utförts i tre olika koncentrationer: 0,1-0,2 ppm; 1,5 ppm samt 5 ppm (utgående från resultat av tidigare internationella undersökningar). Behandlingen utfördes under 1 timma. Glasbehållare med ingång respektive utgång för ett gasflöde har använts, och ozonkoncentrationer har uppmätts. Dessutom har ett försök med ozon tillsatt till vatten utförts; 1,5-2 ppm löst i vatten, under 10 minuter. Därefter har produkterna lagras in i kyl och olika kvalitetsparametrar undersökts under och efter lagring.

#### Undersökningar av effekter från ozonbehandlingar:

Yttre kvalitet undersöktes kort tid efter behandling, liksom under lagringstiden. Storlek av angrepp samt total yttre kvalitet efter lagring bedömdes (ca 5 månader för äpplen). Dessutom utfördes inokulering med patogener: *Penicillium expansum* och med patogener som orsakar *Gloeosporium*-röta, och resultatet av tillväxten hos kontrolläpplen (obehandlade) i jämförelse med ozonbehandlade i gasform (0,1 – 5 ppm) avlästes som storlek av det angripna området.

Vidare utfördes mätningar på äppleskalen av färg med Minolta färgmätare, och analyser av klorofyll samt flavonoider (skyddsämnen) med HPLC.

#### Resultat och slutsatser

Resultaten visade att det är av största vikt att använda rätt metod för behandling av äpplen efter skörd med ozon, innefattande tidslängd för behandling och koncentration samt i gasform eller löst i vatten. Vid inspektion av de ozonbehandlade äpplena jämfört med obehandlade äpplen, så uppvisade de äpplen som hade behandlats med den högsta ozonkoncentrationen i gasform (5 ppm) tecken på skador i form av små bruna prickar, eventuellt lokaliserade till lenticellerna i skalet. Vidare så fick också dessa äpplen en något mer matt yta. Det gick inte att särskilja de övriga ozonbehandlingarna från kontroll, men möjligen hade ozonbehandlade i vatten en något bättre yta. Det förekom enstaka ruttna äpplen efter lagringen, men beroende på försökets storlek, så kan det inte avgöras om dessa uppkom slumpmässigt.

Inokulationen med *Penicillium expansum* på 'Ingrid Marie', resulterade inte i någon skillnad i tillväxt för mögelsvampen mellan obehandlade och ozonbehandlade äpplen, medan för 'Gloster' var tillväxten något mindre i de ozonbehandlade äpplena jämfört med de obehandlade. Resultatet för inokulationen med *Gloeosporium* på 'Ingrid Marie' visade att tillväxten av patogenerna

blev mindre i de ozonbehandlade äpplena jämfört med de obehandlade och framför allt för den högsta koncentrationen. Inokulationen på 'Gloster' med *Gloeosporium* gav inget resultat, då patogenen inte tillväxte i någon behandling.

Färgmätningarna visade inga stora skillnader mellan de ozonbehandlade äpplena och de obehandlade, men äpplen behandlade med ozon i luft uppvisade något högre röd färg på solsidan, medan äpplen behandlade med ozon i vatten uppvisade något högre grön färg på skuggsidan.

Analyserna av flavonoider visade att ozonbehandlingarna påverkade halterna av dessa skyddsämnen i äpplena. Det var huvudsakligen quercetin-derivat som förekom, och totalhalten av dessa var dubbelt så hög i äpplen behandlade med 1,5 ppm i gasform än de obehandlade äpplena, och hos samtliga ozonbehandlingar var halterna högre än i de obehandlade äpplena. Halterna av klorofyll a var något högre i alla ozonbehandlade äpplen, förutom den lägsta halten av ozon i luft, jämfört med de obehandlade äpplena, men endast signifikant för behandlingen med ozon i vatten.

Sammanfattningsvis visade detta pilotförsök lovande resultat för behandling av äpplen med ozon för att reducera

angrepp av växtpatogener och därmed reducera förluster som uppkommer under lagring av äpplen. Försöket visade också att det är viktigt att välja rätt koncentration för behandlingen av äpplen efter skörd, då halten med 5 ppm i luft i 1 timma gav skador. I detta försök visade en koncentration av ozon 1,5 ppm i luft 1 timma eller 1,5 ppm i vatten i 10 minuter bäst resultat. Vid dessa två behandlingar erhöles inga negativa effekter på kvalitet, utan resulterade i något rödare färg samt högre totalhalt av de analyserade skyddsämnen (flavonoler; quercetinderivat).

### Referenser

- Aguayo E., Escalona V., Artes F. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physico-chemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biol. Technol.*, 39, 2, 169-177, 2006.
- Alothman M., Kaur B., Fazilah A., Bhat R., Karim A.A. Ozone-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innov. Food Sci. & Em. Technol.*, 11, 4, 666-671, 2010.
- Barth M., Zhou C., Mercier J., Payne F.A. Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries. *J. Food Sci.*, 60, 6, 1286-1288, 1995.
- Freitas-Silva O., Venâncio A. Ozone applications to prevent and degrade mycotoxins: a review. *Drug Met. Rev.*, 42, 4, 612-620, 2010.
- Palou L., Smilanick J.L., Crisosto C.H., Mansour M. Effect of gaseous ozone exposure on the development of green and blue molds on cold stored citrus fruit. *Plant Dis.* 85, 632-638, 2001.
- Palou L., Crisosto C.H., Smilanick J.L., Adaskaveg J.E., Zoffoli J.P. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 24, 39-48, 2002.
- Perez, A.G., Sanz, C., Rios, J.J., Olias, R., and Olias J.M. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 1652-1656, 1999.
- Rodgers S.L., Cash J.N., Siddiq M., Ryser E.T. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. *J. Food Protection*, 67, 4, 721-731, 2004.
- Suslow T.V. Ozone application for postharvest disinfection of edible horticultural crops. ANR Publication 8133, Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, 2004. <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8133.pdf>
- Tahir I. I. Control of pre- and postharvest factors to improve fruit quality and storability. Doctoral dissertation. ISSN 1652-6880, ISBN 91-576-7084-6, 2006.
- Tzortzakis N., Borland A., Singleton I., Barnes J. Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 45, 3, 317-325, 2007.
- Tzortzakis N., Singleton I., Barnes J. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 47, 1, 1-9, 2008.
- Tzortzakis N., Taybi T., Roberts R., Singleton I., Borland A., Barnes J. Low-level atmospheric ozone exposure induces protection against *Botrytis cinerea* with down-regulation of ethylene-, jasmonate- and pathogenesis-related genes in tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 61, 2-3, 152-159, 2011.
- Wills R., McGlasson B., Graham D., Joyce D. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.* Cabi Publishing, 2007.

- Faktabladet är utarbetat inom LTV-fakulteten, på Institutionen för Växtförädling
- Projektet är finansierat av Partnerskap Alnarp (PA 622), <http://partnerskapalnarp.slu.se>
- Projektansvarig samt författare: Marie Olsson; [Marie.Olsson@slu.se](mailto:Marie.Olsson@slu.se)
- På webbadressen <http://epsilon.slu.se> kan detta faktablad hämtas elektroniskt