

# Tractaments físics no contaminants per a la conservació de fruites

Miquel Vendrell

CSIC-CID

## Introducció

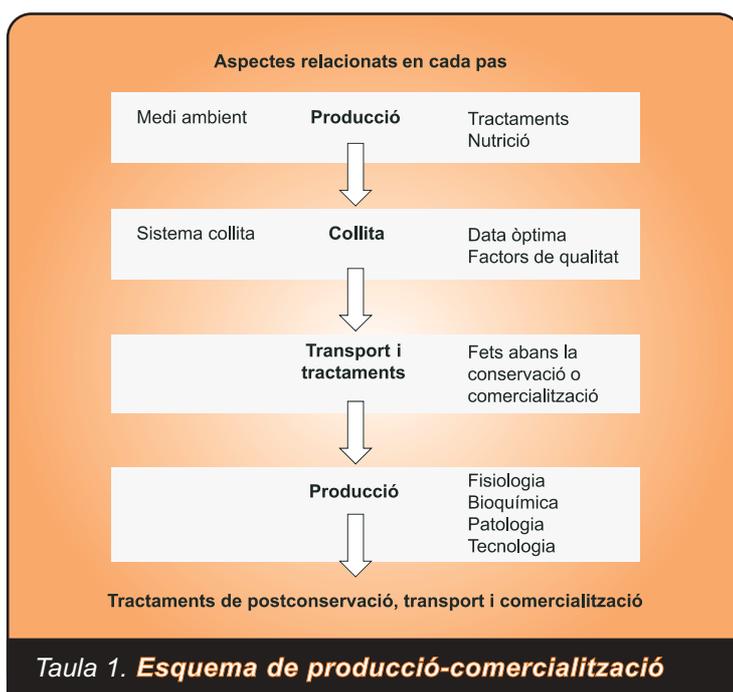
La producció de fruita i de vegetals ha assolit un alt nivell dins la UE i és, econòmicament, molt important per als sectors implicats en la producció, conservació i comercialització. No obstant això, les infeccions i les alteracions fisiològiques que afecten aquests productes són la causa d'importants pèrdues, des de la collita fins a la comercialització i el consum. S'ha calculat que aquestes pèrdues són del 10-40 % de la producció total, depenent del producte. En països subdesenvolupats, amb mitjans tècnics menys adequats, les pèrdues poden ser de més del 50 %.

Si considerem la importància del problema, i amb poques excepcions,

no s'ha donat la prioritat adequada al control d'infeccions i alteracions postcollita. En part, perquè la important producció actual emmascara la quantitat de pèrdues i, fins fa poc temps, l'esforç més gran es basava en la millora de la fase de producció. Diferents factors han implicat un canvi d'actitud en aquests darrers anys. L'excés de producció ha fet que es donés més importància a la qualitat i, des del punt de vista econòmic, sembla preferible millorar els processos de conservació i de comercialització que aconseguir un augment de la producció en el camp.

Per al control d'infeccions i d'alteracions postcollita de fruits i vegetals es disposa d'un conjunt de fungicides i altres productes. Però els fungicides clàssics són cada vegada menys efectius contra els patògens postcollita, perquè aquests desenvolupen una capacitat més gran de resistència. A més, aspectes sanitaris i ecològics, en relació amb la contaminació de productes alimentaris i la seva repercussió en el medi ambient, han produït, sobretot a la UE, la tendència a restringir o prohibir l'ús d'alguns fungicides, antioxidants, etc., que eren bàsics en tractaments postcollita. Aquestes circumstàncies han fet que la nostra capacitat de control d'infeccions i d'alteracions fisiològiques es vegi dificultada i han estimulat l'exploració de tecnologies i tractaments alternatius.

Es pretén, doncs, substituir els tractaments químics per tractaments físics o altres, a més d'utilitzar les millores aconseguïdes en els sistemes de conservació i transport, que permeten millorar la qualitat final del producte i la capacitat de conservació.





La climatologia dels països mediterranis com el nostre, produeix unes condicions ambientals que propicien el desenvolupament d'infeccions i l'aparició de fisiopaties amb una incidència més gran que en els països més septentrionals d'Europa. Això fa necessari un tractament més acuitant de prevenció i obliga a trobar productes fitosanitaris efectius de metabolisme ràpid i sense productes de degradació nocius. Una altra possibilitat és la substitució de productes químics per productes naturals amb propietats fungicides, però que, per la seva pròpia naturalesa, són biodegradats amb més facilitat i rapidesa. El mateix pot dir-se en relació amb les alteracions fisiològiques, que poden produir grans pèrdues i que, en certs casos, poden controlar-se amb tractaments específics, com el *bitter pit* o l'escaldat en pomes i peres. Els danys produïts pel fred també afecten nombrosos productes. A la taula 1 s'indiquen els passos als quals, normalment, està sotmès un producte fins que arriba al consumidor.

Per resoldre problemes que apareixen a la postcollita de diferents productes, s'han estudiat i aplicat, des de temps immemorial, diverses classes de tractaments, obtinguts a través d'assaigs realitzats, des d'un punt de vista pràctic, sense que hi hagués un estudi sobre el seu mecanisme d'acció a nivell fisiològic o bioquímic i tractant sempre de resoldre un problema concret.

Actualment hi ha un creixent interès dirigit a l'estudi del mecanisme d'acció dels tractaments utilitzats. A la taula 2 es mostra un resum dels tractaments que són emprats i estudiats en l'actualitat. En els últims anys, s'han publicat revisions de tractaments físics, aplicats a la postcollita [2, 3, 4, 14].

### Inducció de resistència endògena

Una tendència actual en els tractaments postcollita es basa en l'estudi de tractaments que indueixen la resistència endògena a infeccions i alteracions fisiològiques. La resistència natural de les plantes a infeccions, sequera, efectes del fred, etc., ha estat, i és, un factor important en les investigacions dirigides a resoldre problemes agronòmics. No obstant això, fa pocs anys, es va començar a estudiar aquesta resistència en productes ja collits, com a mitjà

per controlar infeccions i alteracions fisiològiques. Curiosament, els programes de selecció genètica, que pretenen obtenir fruites i hortalisses més tendres, o amb menys astringència, poden haver disminuït, o eliminat, compostos fenòlics o estructures cel·lulars que produeixen una resistència natural. A més, en contrast amb plantes en fase vegetativa, els productes collits no estan en fase de desenvolupament, sinó que són senescents. Els processos normals de senescència redueixen la capacitat de resistència. Aquests factors negatius poden haver contribuït a una falta d'interès en l'estudi de la resistència natural d'aquests productes. No obstant això, la inducció de resistència a infeccions i/o alteracions fisiològiques és molt prometedora com una nova tecnologia per a controlar. Alguns dels tractaments físics, biològics, amb productes naturals, etc., poden estudiar-se, també, pel seu possible efecte com a inductors de resistència i, a través d'un millor coneixement del mecanisme d'acció, augmentar-ne l'eficàcia.

### Alternatives als fungicides

Per al control d'infeccions en postcollita s'estan desenvolupant productes naturals alternatius que tenen propietats fungicides. També s'utilitza el control biològic amb microorganismes antagonistes de certes infeccions [19]. No obstant això, a part d'avenços recents, sembla que el control d'infeccions amb antagonistes biològics no és tan consistent com el control amb fungicides sintètics. Sembla necessari, doncs, combinar-los amb fungicides

naturals i estimulants dels mecanismes de defensa [18]. Aquesta va ésser, també, la conclusió del Simposi «Non Conventional Methods for the Control of Postharvest Disease and Microbiological Spoilage» celebrat a Bolonya l'any 1997.

Entre els productes amb propietats fungicides, cal mencionar el quitosan (producte de la desacetilació de la quitina), compostos del metabolisme secundari de les plantes, olis essencials, productes inorgànics, etc. El que és interessant d'aquests productes no és solament l'acció fungicida, sinó, tam-

#### Fungicides

##### Productes per a:

- a) millorar la conservació
- b) controlar fisiopaties
- c) millorar la presentació

##### Tractaments físics:

- a) refredament ràpid
- b) xocs de calor
- c) tractaments intermitents de calor i fred

##### Tractaments amb gasos

- a) xocs de CO<sub>2</sub>
- b) atmosfera molt baixa en O<sub>2</sub>
- c) atmosfera modificada instantània

#### Radiacions

##### Control biològic d'infeccions

##### Tractaments de quarentena

**Taula 2. Tractaments postcollita**

bé, l'activitat metabòlica, que indueix resistència endògena a infeccions. L'aplicació de quitosan pot formar pel·lícules sobre la superfície del fruit, regulant l'intercanvi de gasos i de vapor d'aigua. S'ha comprovat que, a més del control d'infeccions, el quitosan indueix respostes de resistència en els teixits. Així, s'ha demostrat que la seva aplicació produeix una reducció de la degradació de la paret cel·lular en diferents fruits i indueix hidrolases antifúngiques com  $\beta$ -1,3-glucanases i quitosanases.

L'aplicació de compostos inorgànics com sals de calci, fosfats de sodi i potassi, també controlen els atacs de microorganismes i s'ha suggerit que poden afavorir la producció de substàncies antimicrobianes [1] o millorar l'estabilitat dels teixits, amb un efecte equivalent.

### Efectes de tractaments tèrmics

Des de fa temps, s'ha utilitzat en fruites un tractament a temperatura ambient o elevada, abans de la conservació frigorífica, que s'anomena *curació*. Per la seva importància econòmica, els cítrics han estat molt estudiats. Ja als anys vuitanta, a Israel es va desenvolupar una combinació de curació a 35 °C amb l'empaquetament individual en films de plàstic que controlava les infeccions sense l'aplicació de fungicides [5]. Mitjançant la curació de cítrics es poden reduir, no solament els desordres fisiològics i els atacs de fongs, sinó que durant la conservació frigorífica es redueixen les pèrdues de pes i l'estovament dels fruits.

Es coneix molt poc sobre el mecanisme d'acció de la curació, però es considera que provoca una reducció de danys pel fred. Encara que s'origina a la membrana cel·lular, també es considera que pot estar relacionat amb una reducció de la cera epicuticular. La curació produeix una acumulació de lípids, principalment esqualè, alcans i aldehids de cadena llarga [2], que es pot relacionar amb la reducció obtinguda de danys pel fred. Durant la curació s'afavoreix la cicatrització de ferides a causa de la síntesi de lignina i dels seus recursos fenòlics. També s'observa l'acumulació de fitoalexines, cumarines i altres substàncies antifúngiques [11]. Així doncs, l'efecte favorable dels tractaments tèrmics està relacionat amb modificacions del metabolisme.

No obstant això, es coneix poc del mecanisme d'acció. Evidentment pot estimular la producció d'etilè i la maduració. Kramer i Wang [13] consideren que l'efecte de preconditionament tèrmic contra els danys pel fred està relacionat amb un augment de la biosíntesi de poliamines. També pot tenir efecte sobre l'activitat d'enzims, relacionada amb la degradació de la paret cel·lular (cel·lulasa, poligalacturonasa, pectinesterasa, etc.) de manera que aquest efecte pot conduir a una estabilització o reforç d'aquesta paret i, en conseqüència, mantenir la textura dels fruits [12].

Temperatures elevades d'uns 40 °C, o més altes, inhibeixen la síntesi d'etilè i afecten la respiració. També inhibeixen la síntesi normal de proteïnes i causen la inducció de les proteïnes de xoc tèrmic (HSP, de l'anglès *heat shock proteins*, com a resposta al xoc tèrmic. Aquesta resposta s'ha vist en diferents fruits i les noves proteïnes detectades tenen pesos moleculars similars, cosa que sembla suggerir una resposta semblant en tots els casos a l'estrès tèrmic i que és un mecanisme de defensa del teixit. El treball en aquest camp [16], pot servir per millorar la qualitat i conservació de fruits.

El tractament tèrmic de xoc (30-60 °C), durant un temps limitat, s'està estudiant per controlar directament

infeccions, sobretot en productes tropicals. En el cas del maduixot, un bany a 45 °C durant quinze minuts retarda el desenvolupament de *Botrytis* i en conserva la textura [8]. Hi ha altres classes de tractaments tèrmics que també tenen interès [2, 3].

### Tractaments amb gasos

Els tractaments de xoc realitzats en fruits durant temps curts amb concentracions elevades de CO<sub>2</sub>, o baixes de O<sub>2</sub>, han permès millorar la qualitat i capacitat de conservació de diversos fruits com cítrics, fruits d'os, de piñol, hortalisses, etc. [4].

L'efecte inhibidor del CO<sub>2</sub> sobre la biosíntesi d'etilè és molt conegut. L'efecte persisteix després del tractament, per la qual cosa es retarden el processos associats a la maduració i a la senescència. El CO<sub>2</sub> podria tenir un efecte sobre la síntesi d'enzims pectolítics afavorint la integritat de la paret cel·lular i mantenint la textura [17]. Un altre efecte del CO<sub>2</sub> és que actua com un fungicida, retardant la germinació d'espores i el desenvolupament de fongs. Els nivells de CO<sub>2</sub> aplicats han d'ésser elevats, però tenint sempre en compte els límits de tolerància del producte [9]. Les atmosferes riques en CO<sub>2</sub> ja s'utilitzen comercialment durant el transport d'alguns productes.



Els tractaments amb atmosferes pobres en O<sub>2</sub> tenen també efectes interessants en la millora de la conservació. S'ha demostrat que les concentracions pobres en O<sub>2</sub> tenen un efecte inhibitori sobre la síntesi d'alguns enzims que intervien en la degradació de la paret cel·lular [10].

L'acció beneficiosa de la tècnica ULO (de l'anglès *ultra low oxygen*, atmosfera amb aproximadament un 1 % de O<sub>2</sub>) sobre l'aparició de l'escaldat en la poma, pot permetre obtenir un mètode que permeti substituir els tractaments amb difenilamina.

L'eliminació de l'etilè (i altres gasos) com a inductor de la maduració, és convenient o essencial en alguns productes per millorar-ne la qualitat i allargar-ne la conservació.

### Tractaments per irradiació

L'ús de raigs gamma té mala premsa i requereix estudis que realment justifiquin la innocuïtat. En canvi, l'ús de dosis baixes de llum UV s'ha estudiat i ha provat ésser eficient en el control d'infeccions, així com en la inducció de la resistència en la postcollita [6]. Entre els canvis produïts pel tractament, sobresurt la inducció de l'activitat dels enzims PAL i peroxidasa. En taronges, aquestes activitats varen continuar essent altes durant força dies. Els dos enzims es consideren importants en la inducció de resistència a les infeccions. El tractament de pastanagues amb llum UV induïx una fitoalexina anomenada *6-methoxymellein*, que augmenta la resistència contra *Botrytis cinerea* i *Sclerotinia sclerotiorum* [15]. Els nivells d'aquesta fitoalexina es varen mantenir alts durant trenta-cinc dies. Aquests i altres efectes de llum UV, així com l'aplicació d'altres radiacions poden donar lloc a possibles aplicacions pràctiques tant pel seu efecte contra infeccions com per la inexistència de residus.

### Conclusions

L'estudi en profunditat dels efectes dels diferents tipus de tractaments esmentats i el seu mecanisme d'acció és probable que permeti millorar (ja se n'apliquen uns quants) o resoldre problemes de conservació, qualitat, alteracions fisiològiques, etc., i ofereixi alternatives a tractaments químics. De fet, són el complement necessari als siste-

mes de cultius anomenats *producció integrada, biològica*, etc., que necessiten continuar amb la mateixa estratègia després de la collita, fins que el producte arriba al consumidor.

### Bibliografia

1. ALI, M. K.; LEPOIVER, P.; SEMAL, J. (1991). «Fosetyl-Al treatment of mycelium of *Phytophthora citrophthora* releases a higher scoparone elicitor activity from a fosetyl-Al sensitive strain than from an insensitive mutant». *Fruits*, núm. 46, p. 51-55.
2. ARTÉS, F. (1995). «Innovaciones en los tratamientos físicos para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la post-recolección. I: Pretratamientos térmicos». *Rev. Esp. Cienc. y Tecnol. Aliment.*, núm. 35, p. 45-64.
3. ARTÉS, F. (1995). «Innovaciones en los tratamientos físicos para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la post-recolección. II: Tratamientos térmicos cíclicos». *Rev. Esp. Cienc. y Tecnol. Aliment.*, núm. 35, p. 139-149.
4. ARTÉS, F. (1995). «Innovaciones en los tratamientos físicos para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la post-recolección. III: Tratamientos gaseosos». *Rev. Esp. Cienc. y Tecnol. Aliment.*, núm. 35, p. 247-269.
5. BEN-YEHOSHUA, S., SHAPIRO, B.; MORÁN, R. (1987). «Individual seal-packaging enables the use of curing at high temperatures to reduce decay and heat injury of citrus fruits». *Hortscience*, núm. 22, p. 777-783.
6. CHALATZ, E.; DROBY, S.; WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. E. (1992). «UV-induced resistance to postharvest diseases of citrus fruit». *J. Phytochem. Photobiol.*, núm. 15, p. 367-374.
7. EL GHAOUTH, A.; ARUL, J. (1992). «Potencial use of chitosan in postharvest preservation of fresh fruits and vegetables». A: *Proc. Int. Symp. Physiol. Davis: Basis Postharvest Technol.*, University of California, p. 50.
8. GARCÍA, J. M.; AGUILERA, C.; ALBI, M. A. (1995). «Postharvest heat treatment on Spanish strawberry (*Fragaria × ananana* Cir. Tudla)». *J. Agric. Food Chem.*, núm. 43, p. 1489-1492.
9. KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. (1989). «Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables». *Critical Rev. Food Sci. Nutrition*, núm. 28, p. 1-30.
10. KANELIS, A. T.; SOLOMOS, T.; MATTOO, A. K. (1989). «Hydrolytic enzyme activities and protein pattern of avocado fruit stored in low oxygen atmosphere». *Plant Physiol.*, núm. 90, p. 259-266.
11. KIM, J. J.; BEN-YEHOSHUA, S.; SAPHIRO, B.; HENIS, Y.; CARMELI, S. (1991). «Accumulation of scoparone in heat-treated lemon fruit inoculated with *Penicillium digitatum* Sacc». *Plant Physiol.*, núm. 97, p. 880-885.
12. KLEIN, J. D.; LURIE, S. (1992). «Heat treatments for improved postharvest quality of horticultural crops». *Hort. Technology*, núm. 2, p. 316-320.
13. KRAMER, G. F.; WANG, C. Y. (1999). «Effects of chilling and temperature preconditioning on the activity of polyamine biosynthetic enzymes in zucchini squash». *Plant Physiol.*, núm. 136, p. 115-119.
14. LAURIE, S. (1998). Postharvest heat treatments. *Review. Postharvest Biol. Technol.*, núm. 14, p. 257-269.
15. MERCIER, J.; ARUL, J.; PONNANAPALAN, R.; BOULET, M. (1993). «Induction of 6-methoxymellein and resistance to storage pathogens in carrot slices by UV-C». *J. Phytopathol.*, núm. 137, p. 44-54.
16. PAULL, R. E. (1998) «Postharvest heat treatment and fruit ripening». *Postharvest News Information* I, p. 355-363.
17. PURVIS, A. C. (1993). «Effects of short term CA storage on cell wall polysaccharides during subsequent ripening of peaches. A: *Proc. VIth Controlled Atmosphere Conference*. Ithaca, Nova York: Cornell University.
18. WILSON, C. L.; EL GHAOUTH, A. (1993). «Multifaceted biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables». A: *Post Management: Biologically Based Technologies*. Am. Chem. Soc. Press, Washington, D. C., p. 181-185.
19. WILSON, C.L., WISNIEWSKI, M.E., [eds.] (1994). *Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables: Theory and Practice*. CRC Press, Boca Raton, FL.