

L'ús de l'ozó per millorar la seguretat de fruites i verdures fresques*

Liangji Xu

Investigador associat de Praxair, Burr Ridge, Illinois (Estats Units)

L'ozó pot substituir els agents tradicionals sanejadors com el clor i aportar altres beneficis en el rentatge, sanejament i emmagatzematge dels productes agrícoles. En els darrers anys, ha augmentat l'atenció sobre la seguretat de fruites i verdures i, en particular, sobre els mètodes per reduir i eliminar els agents patògens humans dels productes frescos.

La tecnologia tradicional utilitza aigua (amb agents sanejadors o sense) per rentar fruites i verdures fresques. El clor és l'agent sanejador disponible més àmpliament utilitzat per a productes agrícoles frescos, però té un efecte limitat a l'hora d'eliminar bacteris en les superfícies de fruites i hortalisses. El màxim que es pot esperar, en les concentracions permeses, és una reducció de la població d'una a dues vegades el seu logaritme [1]. A més, les comunitats ambientals i de la salut han mostrat preocupació pels productes residuals del clor.

Per millorar la seguretat dels aliments s'ha investigat un tractament alternatiu. Tant la recerca com les aplicacions comercials han demostrat que l'ozó pot substituir els agents tradicionals de sanejament i aportar altres beneficis [2, 3, 4]. S'estan fent molts assaigs industrials i de recerca per validar l'ús de l'ozó en la indústria dels productes agrícoles. L'Institut de Recerca d'Energia Elèctrica (EPRI) ha patrocinat diversos col·loquis sobre aquest tema, incloent-hi la «Conferència de l'ozó per processar fruites i hortalisses acabades de tallar», celebrada l'abril del 1998, i el «Taller de l'ozó» del maig del 1998. La indústria

està molt interessada en aquestes tecnologies. De tota manera, al Estats Units encara queden moltes qüestions per resoldre, ja que manca experiència en les aplicacions comercials [4].

Buscant una alternativa als sanejadors comercials

En les darreres dues dècades, el consum de fruites i verdures fresques als Estats Units ha augmentat notablement. Mentrestant, també ha augmentat notablement la incidència de les malalties degudes als gèrmens patògens dels aliments, als productes químics i a les aigües residuals. Això ha provocat una significativa atenció pública i dels organismes governamentals.

Hí ha hagut un brot de malalties associades a productes alimentaris i el nombre de casos de malalties degudes als gèrmens patògens dels aliments ha augmentat significativament en els darrers anys [5]. Encara més, s'estimen en un 30 % les pèrdues de la indústria de productes frescos associades al deteriorament microbià entre el temps de recollida i el de consum [6].

En la indústria de fruites i verdures fresques, el clor és utilitzat habitualment per millorar la qualitat microbiològica i per controlar els agents patògens. De tota manera, molts estudis de recerca indiquen que el clor és limitat quant a la seva capacitat per eliminar bacteris en la superfície de fruites i verdures [1-4, 7]. Les organitza-

cions ecologistes i de la salut han mostrat la seva preocupació respecte als agents sanejadors tradicionals quant a la formació de subproductes, com ara els trihalometans (THM) i altres residus químics formats que es troben en les aigües residuals retornades al medi ambient [3, 4, 8, 9]. La indústria de



* Traducció autoritzada de l'article «Use of Ozone to Improve the Safety of Fresh Fruits and Vegetables», publicat al número d'octubre de 1999 de la revista *Food Technology* que publica l'Institute of Food Technologists

productes agrícoles està preocupada per la implantació futura de mesures reguladores en la utilització del clor com a agent sanejador.

Anualment es fan servir gran quantitat de pesticides per controlar els insectes en fruites i verdures [10]. Les tecnologies disponibles no poden destruir totalment els residus químics en la superfície de fruites i hortalisses; aquests residus químics poden reaccionar amb els pesticides per formar subproductes. Finalment, aquests subproductes seran consumits i poden afectar directament i indirecta la salut pública. L'acumulació de productes químics tòxics en el medi ambient ha augmentat l'atenció nacional sobre l'ús segur de desinfectants, sanejadors, agents blanquejadors i altres productes químics que intervenen en la indústria de processament d'aliments.

La indústria de productes frescos és una de les més grans i importants en la contribució a l'economia mundial. També genera, anualment als Estats Units, milers de milions de litres d'aigües residuals amb concentracions molt altes de residus químics i de demanda biològica d'oxigen (DBO). Aquestes aigües residuals estan estretament relacionades amb molts problemes importants com ara el càncer, la mortalitat dels peixos, la pol·lució de l'aigua, les malalties psicològiques i sociològiques, i el perjudici de l'ecosistema. Encara més, la indústria de

productes frescos està pagant preus molt alts tant per abocar aigües residuals en aigües públiques com pels sistemes de tractament d'aigües residuals [11].

En resposta a la preocupació pública per la seguretat dels aliments, el 1997 el president dels Estats Units i del Congrés va promoure una iniciativa federal —Iniciativa del president per a la seguretat dels aliments— per millorar el sistema nacional de seguretat dels aliments i del medi ambient. Una de les propostes per millorar la seguretat dels aliments és la identificació d'agents sanejadors alternatius als tradicionals que també puguin ser utilitzats per tractaments de reciclatge d'aliments i de tractament d'aigües residuals.

Tant la recerca com les aplicacions comercials han corroborat que l'ozó pot substituir el clor i aportar més beneficis. El 1997, un gabinet independent d'experts patrocinat per l'EPRI va confirmar el clor com a desinfectant per a aliments generalment reconegut com a segur (Generally Recognized As Safe, GRAS) [4]. Aquesta confirmació, que fou tinguda en compte per la Iniciativa del president per a la seguretat de fruites i verdures fresques, va ser molt oportuna per a la indústria de productes frescos, que està molt interessada en l'ús de l'ozó, i voldria saber com, quan i on aplicar-lo.

Per què l'ozó?

La utilitat potencial de l'ozó en la indústria de productes agrícoles es deu tant al fet que és un agent oxidant 1,5 vegades més fort que el clor, com al fet que és efectiu en un espectre més ampli de microorganismes que no pas el clor i altres desinfectants. L'ozó elimina bacteris, com ara *Escherichia coli*, *Listeria* i altres agents patògens, més ràpidament que no pas els desinfectants usats tradicionalment, com és ara el clor i, a més, és lliure de residus químics [1, 12].

L'ozó és una molècula d'alta energia, el seu temps mitjà de vida en aigua a temperatura ambient és només de vint minuts i es descompon en oxigen, això evita problemes de seguretat causats per l'ozó residual en el producte alimentari desinfectat [4]. També es pot fer servir per al reciclatge de l'aigua [8, 13].

Les fruites i vegetals frescos primerament es renten amb aigua ozonitzada, i l'aigua de rentatge es pot recuperar i tractar combinadament per ozonització i filtració. L'aigua de rentat, un cop tractada, està lliure de bacteris i de sòlids en suspensió, és incolora i pot ser reciclada per reduir el consum d'aigua. Contràriament al que passa amb els sistemes de rentatge basats en el clor, les aigües residuals del procés d'ozonització estan lliures de residus químics. La presència d'aquests residus suposa una preocupació creixent relacionada amb la pol·lució ambiental i d'aigües subterrànies [8]. L'ozó també pot destruir pesticides i residus químics com ara els subproductes clorats [12].

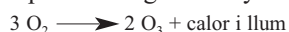
El gas ozó és un agent sanejador i fumigador molt potent que es pot fer servir per sanejar els aliments un cop han arribat al magatzem o bé durant l'embarcament, tant per prevenir bacteris, floridures i ferments com per controlar els insectes. Pot eliminar sabors no desitjats produïts per bacteris i pel gas etilè eliminat químicament per alentir el procés de maduració i permet, d'aquesta manera, una distribució més extensa [7].

Durant dècades, s'ha sabut que l'ozó és un desinfectant i sanejador efectiu per al sanejament de productes alimentaris. Habitualment s'usa a Europa per al tractament de sistemes d'aigua públiques i també per al processament



d'aliments. S'ha fet servir als Estats Units per a l'aigua embotellada i té el potencial de ser utilitzat per a moltes aplicacions en el processament d'aliments. Nombrosos documents i estudis confirmen els beneficis aportats per l'ús de l'ozó a la indústria alimentària [4, 7]. Així, l'ozó pot substituir amb èxit els agents tradicionals de sanejament per controlar els gèrmens patògens dels aliments.

L'ozó és oxigen triatòmic, una forma natural de l'oxigen que va ser identificada per primera vegada l'any 1840:



És parcialment soluble en aigua i, tal com passa en la majoria de gasos, la solubilitat augmenta a mesura que disminueix la temperatura. És efectiu per eliminar microorganismes mitjançant l'oxidació de les seves membranes cel·lulars [12]. L'ozó té una única propietat d'autodescomposició i no deixa residus tòxics [14]. Té un potencial d'oxidació 1,5 vegades més gran que el del clor i s'ha demostrat que és més efectiu en una gamma molt més àmplia de microorganismes que no pas el clor i altres desinfectants.

L'ozó es genera de manera natural mitjançant la radiació ultraviolada que emeten el Sol i els llamps. Es pot obtenir comercialment amb llum UV (a 185 nm) o bé per una corona de descàrrega. Si es desitgen concentracions elevades d'ozó, s'utilitza més aquest darrer mètode. Hi ha dos tipus de relacions aliment-gas/aire, generalment a concentracions de l'1 al 3 % (p/p) i oxigen generalment del 2 al 12 % (p/p) [15].

Aplicacions en la indústria de productes agrícoles

Hi ha moltes aplicacions en la indústria de productes agrícoles que fan convenient l'ús de l'ozó:

Esterilització de l'aigua

Al llarg dels anys han augmentat les evidències que confirmen que l'aigua tractada utilitzada per la indústria alimentària no està lliure d'agents patògens (com en principi es creia). A més, hi ha moltes situacions en les quals l'aigua del procés es contamina tant abans com durant aquest procés. En aquests casos, el tractament de desinfecció i esterilització s'ha d'aplicar per mantenir nivells acceptablement bai-



xos de microorganismes que podrien entrar en contacte directe amb l'aliment. Encara més, hi ha uns determinats nivells de pesticides i de compostos orgànics tòxics en el subministrament de l'aigua per a les activitats industrials. Normalment, l'aigua de tractament es desinfecta i s'esterilitza usant clor.

Això no obstant, el clor no pot reduir els nivells de compostos orgànics i produeix compostos clorats. S'ha demostrat que l'ozó és un substitut ideal del clor per a la desinfecció i esterilització de l'aigua de tractament [12, 16, 17].

D'acord amb l'Agència de Protecció Mediambiental, l'ozó és el desinfectant primari més efectiu per a l'aigua potable. De fet, és més efectiu que el clor contra els microorganismes, incloent-hi *Cryptosporidium* resistent al clor i *Giardia*, els quals han infestat els aliments i l'aigua i han provocat morts durant els últims anys [9, 18]. El valor Ct per al 99 % d'inactivació de *Cryptosporidium* és menys de 2 mg min/L per a l'ozó i més de 30 per al clor. Ct es defineix com el producte de la concentració de desinfectant i del temps requerit per assolir un determinat nivell de concentració del microorganisme, sota condicions definides [12].

L'ozó també pot destruir els compostos clorats, pesticides i compostos orgànics tòxics en l'aigua de tracta-

ment sense deixar cap residu tòxic [12]. Les aplicacions pràctiques d'ozó a l'aigua de tractament varien en un rang de 0,5 a 5 ppm (segons l'origen de l'aigua), amb un temps de contacte inferior a cinc minuts.

L'ozó també s'utilitza per eliminar ferro, manganès i sulfur, i per controlar el gust i l'olor de l'aigua potable. Aquesta aplicació manté contínuament una aigua d'elevada qualitat per utilitzar en la indústria de productes alimentaris, lliure de microorganismes i productes químics tòxics.

Rentatge de fruites i vegetals

Una manera de mantenir o fins i tot millorar la seguretat dels productes frescos és rentar les fruites i vegetals fent servir aigua ozonitzada [19]. Dos tipus de sistemes de rentat, esprai o flume, es poden utilitzar per reduir el recompte microbià en la superfície del producte. Kim *et al.* [20] van fer servir aigua ozonitzada per rentar enciam trossejat a tires. Van injectar 1,3 mM d'ozó amb un cabal de 0,5 L/min en una barreja aigua-enciam (1:20 p/p), amb una elevada velocitat de trossejat a tires o abans de digerir, durant tres minuts, i van obtenir una reducció aproximada de 2 log cfu/g en el recompte total de plaques. Kondo *et al.* [21] van obtenir una reducció del recompte total de bacteris superior al 90 % en la col xinesa, amb aquest mètode. L'ozó és particularment efec-



tiu contra *E. coli*, que és el germen patògen que més afecta la indústria dels productes alimentaris.

Emmagatzematge de fruites i vegetals

L'ozó es pot utilitzar per a l'emmagatzematge en fred de productes, per tal de preservar-los de fongs i bacteris a molt baixa concentració. No només pot destruir els llevats i els bacteris de l'aire i de la superfície del producte, sinó que també pot desodoritzar [7].

Diversos estudis recents van fer servir el gas ozó per prevenir l'activitat microbiana en superfícies d'aliments i allargar així la vida de fruites i vegetals abans de la seva venda. D'ençà del 1933, s'han realitzat nombrosos experiments sobre una àmplia varietat de fruites i vegetals, incloent-hi pomes, patates, tomàquets, maduixes, bròquils, peres, avajoneres, taronges, préssecs, raïm, blat de moro i soja [9, 13].

Barth *et al.* [22] van calcular el temps d'exposició a l'ozó de mores emmagatzemades. Les mores van ser collides i emmagatzemades a 2 °C en aire amb un contingut d'ozó de 0,3 ppm. El desenvolupament de fongs va desaparèixer, mentre que el 20 % de les fruites control mostraven deteriorament. El tractament amb ozó no va provocar defectes o danys observables i el color en la superfície es va mantenir durant dotze dies.

El tractament amb gas ozó pot ser una bona elecció per allargar la vida de les maduixes des de la collita fins que es posen a la venda, ja que es poden fer malbé molt fàcilment en contacte amb l'aigua. Ewell [23] va indicar que la vida de maduixes, gerds, groselles i

raïm, abans de posar-los a la venda, es podia duplicar si s'hi aplicaven 2-3 ppm de gas ozó d'una manera contínua durant unes quantes hores per dia. No obstant això, Norton *et al.* [24] van concloure que 0,6 ppm d'ozó a 60 °C causava danys en avajoneres de les varietats *early black* i *Howes*. Caldria fer més estudis a temperatures més baixes per confirmar si l'ozó pot controlar els

fongs amb un efecte perjudicial menor. Kuprianoff [25] va constatar que la vida de les pomes abans de la venda es pot incrementar unes quantes setmanes aplicant-hi 2-3 cm³ d'ozó/m³ d'aire durant unes hores cada dia. Això no obstant, les concentracions d'ozó de 10 cm³/m³ resultaven perjudicials.

Baranovskaya *et al.* [26] van remarcar que la vida de les patates anterior a la seva venda es podria allargar fins als sis mesos a 6-14 °C i al 93-97 % d'humitat relativa amb 3 ppm d'ozó, sense que això afecti la qualitat de la patata.

Un dels efectes importants de l'ozó en l'emmagatzematge en fred és l'alentiment del procés de maduració de fruites i vegetals.

Durant la maduració, unes quantes fruites, com ara els plàtans i les pomes, alliberen etilè, que accelera el procés de maduració. L'ozó és molt efectiu per eliminar l'etilè mitjançant una reacció química i per allargar d'aquesta manera la vida de fruites i vegetals diversos [7]:



Reciclatge de l'aigua de tractament

S'estima que en la indústria de productes alimentaris es gasten anualment més de cinquanta bilions de galons d'aigua potable [11]. Cal reduir la quantitat d'aigua utilitzada per causa del dramàtic increment dels costos de l'aigua i dels tractaments d'aigües residuals, les dificultats per obtenir grans volums d'aigua, el subministrament d'aigua molt variable, i els problemes de destrucció i tractament d'aigües residuals. L'ozó és el candidat perfecte per al tractament de l'aigua per reciclatge, ja que és un potent agent oxidant que s'ha emprat per

desinfectar, eliminar color, olor i turbidesa, i per reduir els llots orgànics de les aigües residuals [12, 16, 17].

Williams *et al.* [28] van comprovar que s'aconseguia una reducció de bacteris de 3 log quan es tractava amb ozó l'aigua utilitzada per rentar pastanagues. Piper [27] va mostrar que la qualitat bacteriana millorava de manera impressionant si es rentaven els tomàquets amb aigua ozonitzada. L'aigua de rentatge es va reciclar amb una qualitat molt elevada: transmissió de la llum > 95 %, grau de formació < 0,026 cm/any, i nivells de corrosió inferiors a 5 m/any en el cas de l'acer tou.

Existeixen diversos estudis i aplicacions sobre l'ús de l'ozó per reciclar l'aigua de tractament d'altres indústries, particularment la indústria avícola. Actualment hi ha algunes tecnologies comercials disponibles, com és el cas de Praxair and Zentox Water-Treatment Alliance. Es necessita, però, més recerca sobre aigües residuals de la indústria de productes.

L'equip emprat per aplicar l'ozó en la indústria de productes és relativament senzill. Els sistemes d'ozó complets amb reciclatge d'aigua inclouen generadors (la mida dels quals depèn del tipus d'aplicació), tancs de contacte, sistemes desgasificants, unitats de destrucció d'ozó, filtres, monitors d'ozó i sistemes de fuita. El sistema es pot adaptar a un espai petit i es pot instal·lar sense grans modificacions de les línies de tractament.



La seguretat de l'ozó

L'ozó es forma de manera natural a les capes més altes de l'atmosfera a partir de l'oxigen, per efecte de la llum UV i per descàrregues elèctriques com ara els llampecs o l'aurora boreal. També s'ha trobat a les capes més baixes de l'atmosfera, com a resultat de l'oxidació fotoquímica dels hidrocarburs que provenen de les emissions industrials i dels automòbils. En poden produir fortuïtament les fotocopiadores, els transformadors elèctrics i altres aparells elèctrics. Els humans estem exposats contínuament a nivells baixos d'ozó [15].

Tal com passa amb la resta de gasos oxidants, l'ozó és potencialment nociu per als éssers humans si l'exposició té lloc a concentracions molt elevades durant un temps suficient. És per aquest motiu que l'Administració de la Seguretat i Salut Professional (OSHA) dels Estats Units ha establert els llinars límit. L'habitual valor llinars límit - límit d'exposició a llarg termini (VLL-LELT), per exposició a l'ozó en l'ambient de treball, és de 0,1 ppm per una jornada normal de vuit hores diàries o quaranta hores setmanals, segons que ha recomanat la Conferència Americana d'Higiene Industrial (ACGIH) i que ha aprovat l'OSHA. L'habitual valor llinars límit - límit d'exposició a curt termini (VLL-LECT) és de 0,3 ppm per a quinze minuts d'exposició. Aquest és el valor al qual pot estar exposat un individu sa, durant un període de temps curt (quinze minuts), sense patir irritació física o altres efectes més greus, procurant que no sobrepassi el valor VLL-LELT.

L'ozó té el VLL-LELT més baix en comparació amb altres gasos d'ús comú com ara el CO_2 , N_2 i O_2 . Per tant, la utilització de l'ozó és més segura que la d'altres gasos [15] pels motius següents:

— Atès el seu gran potencial d'oxidació, la cinètica de reacció és més ràpida. Cal menys temps per completar les reaccions d'oxidació desitjades, comparat amb agents oxidants més febles i, per tant, es redueix el temps de contacte.

— Es genera *in situ*, a concentracions i pressions (< 15 psi.) relativament baixes. Es consumeix immediatament durant el procés de tractament i

no pot ser emmagatzemat en forma de gas comprimit. A diferència d'altres gasos, no és possible una fuga fortuïta de grans quantitats d'ozó.

— Té una vida mitjana relativament curta, generalment expressada en minuts si el gas es troba en fase aquosa o en hores quan està en fase gasosa. Qualsevol fuga accidental d'ozó no persistiria a l'ambient durant un llarg període de temps, en comparació amb fuites de gasos tòxics més estables.

— En trencar-se, forma oxigen diatòmic. Amb els hidrocarburs habituals no forma compostos nocius per al medi ambient, ni persistents.

— El caracteritza una forta olor que pot ésser percebuda a concentracions tan baixes com 0,01 ppm, que és una dècima part de valor VLL-LELT permès. Un individu la detecta fàcilment a concentracions molt baixes, abans d'arribar a una situació on podria resultar nociu. Es considera que l'ozó està dispersat lliurement a l'atmosfera segons els models EPA. No seria possible la concentració d'ozó a prop del terra, on l'exposició per a l'home seria potencialment gran.

— Aplicat només de manera provisional, excepte en molt rares ocasions d'intensa i persistent sobreexposició a concentracions altes (diverses hores a > 2-3 ppm), els símptomes físics de l'exposició a l'ozó són aguts i transitoris. Els símptomes són: ulls plorosos, opressió al pit, manca d'alè i gola irritada. També és possible patir maldecap o mareigs. En cas que hi

hagi un contacte excessiu, es recomana allunyar-se de l'àrea emissora o de tot allò que pugui desprendre ozó, excepte en els casos en què s'hagi patit una sobreexposició, en els quals es recomana l'aplicació d'oxigen. Generalment els símptomes comencen a remetre pocs minuts després de finalitzar l'exposició a l'ozó, mentre que la recuperació completa es produeix un cop han transcorregut algunes hores, o fins i tot dies en cas d'haver patit una exposició forta.

L'ozó no es caracteritza per ser carcinogen o mutagen, no s'acumula al teixit adipós i tampoc no dóna lloc a efectes crònics a llarg termini [15].

Segons la discussió anterior, queda clar que l'ozó pot ser utilitzat amb seguretat. Tanmateix, cal prendre certes mesures quan s'emprí l'ozó, per prevenir exposicions innecessàries. Quan es treballi amb ozó caldria fer servir equips de protecció personal, sistemes exhaustius, unitats destructives i monitors.

Implementació de la tecnologia de l'ozó

Abans d'invertir un gran capital per adoptar sense riscos la tecnologia de l'ozó, una empresa hauria de fer els passos següents:

— Entendre el procés, conèixer amb exactitud on encaixa l'ozó i per què.

— Fer les proves pilot abans d'aplicar-lo comercialment, ja que cada aplicació d'ozó és única. L'eficiència de l'ozó pot ser afectada per molts fac-



tors, com ara la qualitat de l'aigua, la temperatura, el pH i la composició dels productes. Les proves pilot ajuden els enginyers a determinar la mida del generador i els costos del sistema.

— Conèixer els paràmetres, tant de l'aigua emprada com de les aigües residuals. Si el procés requereix recircular l'aigua (sempre és una bona pràctica fer servir aigua ozonitzada), és profitós conèixer la naturalesa de l'aigua i els paràmetres de les aigües residuals a l'hora de dissenyar el sistema.

— Treballar amb una empresa experimentada en el camp de la indústria alimentària, ja que les aplicacions d'ozó són significativament diferents en aquestes indústries que en d'altres, com ara les de tractament d'aigües o les de rentatge de roba. La companyia associada al projecte ha de ser capaç d'identificar-ne les possibilitats, assajar els conductes auxiliars d'ozó, proporcionar un equip de confiança, recomanar el nivell d'ozó i el temps de contacte, tenir experiència en la producció i injecció d'ozó, tenir l'habilitat de dissenyar i d'instal·lar un sistema comercial i d'entendre la regulació i seguretat dels resultats per garantir la conformitat i la salut pública i mediambiental.

Bibliografia

- SAPERS, G. M. «New technologies for safer produce. Chemical-based treatments and decontamination by washing». En «Proc. Of Fresh Fruits and Vegetables: Food Safety Challenges», subvencionat per Natl. Ctr. For Food Safety and Technology, Chicago, EUA. Maig (1998), p. 12-14.
- BOTT, T. R. «Ozone as a disinfecting in a process plant». *Food Control*. 2 (1991), p. 44-49.
- CENA, A. «Ozone: keep it fresh for food processing». *Water conditioning Purification*. Setembre (1998), p. 112-115.
- GRAHAM, D. M. «Use of ozone for food processing». *Food Technol.*, núm. 51 (1997), p. 72-75.
- TAUXE, R.; KRUSE, H.; HEDEBERG, C.; POTTER, M.; MADDEN, J.; WACHSMUTH, K. «Microbial hazards and emerging issues associated with produce». Un informe preliminar del National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Food. *J. Food Protect.*, núm 60 (1997), p. 1400-1408.
- BEUCHAT, L. R. «Surface disinfection of raw produce». *Dairy, Food environ. Sanitation.*, núm. 12 (1991), p. 6-9.
- RICE, R. G.; FARQUHAR, W.; BOLLYKY, L. J. «Review of the application of ozone for increasing storage time for perishable foods». *Ozone Science Eng.*, núm 4 (1998), p. 147-163.
- AUTOR ANÒNIM. Agricultural Outlook, May. Econ. Res. Service, U.S. Dept. Of Agriculture, Washington, D.C., EUA, 1998
- EPRI. «A fresh look at ozone». *Epri J.* Juliol/agost (1997), p. 6.
- ONG, K. C.; CASH, J. N.; ZABIK, M. J.; SIDDING, M. «Chlorine and ozone as postharvest wsh in the removal of pesticides from apples». En «Book of Abstracts», *Ann. Mtg. Institute of Food Technologists*, (1995), p. 28.
- CARAWAN, R. E. *Personal communication*. InFood Inc., Raleigh, N.C. 1999.
- LANGLAIS, B.; RECKHOW, D. A.; BRINK, D. R. «Practical application of ozone: Principle and case study». en «Ozone in Water Treatment», Lewis Publishers. Chelsea, Mich. EUA.
- PERKINS, M. «Ozone in food processing applications. Past experience, future potencial and regulatory issues». Presentat a la conferència connectECH'97, Atlanta, Florida, EUA.
- NEFF, J. «New disinfectant from out of the blue». *Food Proc.* Maig (1998), p. 135-137.
- PRYOR, A. «Ozone toxicology and guidelines for safe use in food processing ozonation systems». Presentat el 1998 EPRI Ozone Workshop. Memphis, EUA. Maig, 1998.
- GEERING, F. «Ozone applications - The estate of the air in Switzerland». *Ozone Sci. Eng.* núm. 21 (1999), p. 99-118.
- RICE, R. G. «Ozone in the United States of America. State-of-the-art». *Ozone Science Eng.*, núm 21 (1999), p.99-118.
- HOFF, J. C. «Strenghts and weakness of using Ct to evaluate disinfection practice». Proc. AWWA Seminar, «Assurnace of Adequate Disinfection, or Ct». AWWA, Denver, EUA. (1997), p. 49-65.
- HAMPSON, B. C.; FIORI, S. R. «Applications of ozone in food processing operations». Proc. Of 1997 IOA PAG Conf., Lake Tahoe, Nevada, EUA. (1997), p. 261-267.
- KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; CHISM, G. W. «Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce». *J. Food Safety.*, núm. 19 (1999), p. 17-33.
- KONDO, F.; UTOH, K.; ROSTAMIBASHMAN, M. «Sterilizing effect of ozone water and ozone ice on various microorganisms». *Bull. Faculty of Agric. Miyazaki Univ.*, núm. 36 (1989), p. 93-98.
- BARTH, M. M.; ZHOU, C.; NERCIER, J.; PAYNE, F.A. «Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries». *J. Food Science.*, núm. 60 (1995), p. 1268-1288.
- EWELL, A. W. «Ozone and its applicatins in food preservation. Refrigeration Application Data Book». 2nd Ed., Sect. II «Cold Storage practive», *American Soc. Refrig. Eng.*, Menasha, Wis. (EU), p. 199-203.
- NORTON, J. S.; CHARING, A. J.; DEMORANVILLE, I. E. «The effect of ozone on storage of cranberries». Proc. American. Soc. Hort. Sci., núm. 93 (1968), p. 792-796.
- KUPRIANOFF, J. «The use of ozone in cold storage of fruits» *Z. Kälte-technik.*, núm. 19 (1953), p. 1-9.
- BARANOVSKAYA, V. A.; ZAPOL'SKII, O. B.; OVRUTSKAYA, I. V.; OBODOVSKAYA, N. N.; OSHENICHNAYA, E. E.; YUSHKEVICH, O. I. «Use of ozone gas seterilization during storage of potatoes and vegetables». *Kosher-vnaya I Ovoshchesushhil'naya Prom.*, núm. 4 (1979), p. 10-12.
- PIPER, J. «Tomato washing using ozonated water». Presentat al 1998 EPRI Ozone Workshop (Memphis, EUA). Maig, 1998.
- WILLIAMS, D. W.; MONTECALVO, J.; MUELLER, E.; EARLS, D.; SWANSON, K.; PETERSEN, L. «Ozonation as an alternative disinfectant for carrot wash water». En «Book of Abstracts», *Ann. Mtg., Instute of Food Technologists*, (1995), p. 8.
- GANE, R. «The respiration of bananas in presence of ethylene». *New Phytologist.*, núm.36 (1936), p. 170-178.