

La innovació tecnològica en els **envasos alimentaris**

RESUM: Els envasos alimentaris no estan al marge dels importants canvis que es produïxen en la nostra societat de consum. Els esforços en el sector productiu alimentari per aportar noves tecnologies i nous materials, la forta competència en el sector de la distribució i la necessitat de diferenciació entre productes de preu i qualitat molt similars, fa de l'envàs un element diferenciador fonamental. Els productors també volen utilitzar l'envàs per donar informació al consumidor, per identificar la traçabilitat, el preu, a més d'altres aspectes que la legislació sol demanar (codis de barres o microxips). D'altra banda hi ha la compatibilitat de l'envàs amb les noves tecnologies de processament (irradiació, altes pressions, microones, etc.) i el cada dia més important impacte ambiental. A tot això cal afegir les alarmes mediàtiques relacionades amb la seguretat dels aliments.

La innovació en envasos alimentaris va més encaminada a la millora dels materials ja coneguts que permetin noves tècniques d'envasar o de processar en la línia de producció. Les millores estan orientades a reforçar l'efecte barrera d'alguns materials, per exemple, aplicant metal·litzats en el disseny de pel·lícules de permeabilitat modificable o selectiva. Una línia de recerca és l'obtenció de polímers a partir de fonts renovables (biopolímers) per a recobriments comestibles dels aliments i per a envasos biodegradables.

Els anomenats envasos actius o intel·ligents que aporten o eliminen enzims, gasos, aromes, etc., en l'aliment envasat, amb la qual cosa prolonguen la seva vida útil, normalment solen ser materials continguts en una bossa dins de l'envàs principal junt amb l'aliment.

SUMMARY: Food packaging challenges at present are highly demanding, and should accomplish several functions such as quality preservation, carrying consumer information, as well identification capabilities as traceability, bar codes, etc. On the other hand, new food processing technologies such as irradiation, high pressure, microwave, etc. should be compatible, as well as environment friendly requirements.

Innovation trends on food packaging, in particular material improvements to enhance barrier effect, are described and discussed, in particular concerning active and intelligent packaging.

PARAULES CLAU: envasos alimentaris, plàstics per a envasos, envasos actius, envasos intel·ligents, biomaterials.

RAMÓN CATALÁ I RAFAEL GAVARA

Institut d'Agroquímica i Tecnologia d'Aliments. CSIC

Ponència dictada a la jornada sobre «Ciència i tecnologia dels aliments al començament del segle XXI», el dia 14 de desembre de 2005, organitzada per l'ACCA.

1. INTRODUCCIÓ

En una època de canvis com l'actual, en la qual succeeixen mutacions importants a l'escenari mundial en tots els àmbits, els envasos no n'han quedat al marge. Globalització, internacionalització, obertura de mercats, estabilitat econòmica en les àrees geogràfiques de nivell econòmic més elevat, junt amb factors socials com l'envelliment de la població, més poder adquisitiu, canvis en les formes de convivència, grandària de les llars i usos familiars, canvis d'usos i de costums alimentaris, etc., fan sorgir noves formes d'envasos i de tecnologies d'envasament.

Les innovacions són contínues, fruit dels molts esforços i recursos que cada dia més dediquen a la investigació i al desenvolupament dels sectors productors i usuaris d'envasos i embalatges, tractant de satisfer les demandes dels consumidors en unes societats culturalment i econòmicament avançades. Perquè la demanda social va més enllà de la simple satisfacció de les necessitats bàsiques. El consumidor exigeix satisfacció en aspectes com ara higiene, salubritat, requisits nutricionals, qualitat, confiança, conveniència, funcionalitat, innovació, etc. És indubtable que el desenvolupament tecnològic dels envasos contribueix molt significativament a la satisfacció d'aquestes demandes, i fins i tot en molts casos és l'envàs tant o més que el producte el que comunica la satisfacció de les expectatives, encara que en gran manera la major part dels avenços tecnològics no siguin fàcilment perceptibles pel consumidor.

Les exigències dels consumidors constitueixen, sens dubte, la principal força impulsora del desenvolupament i de la innovació. Dia a dia creix l'interès per disposar d'aliments naturals o amb mínims tractaments d'elaboració i de conservació, així com productes ja preparats i llestos per al consum o que exigeixin una preparació mínima —productes de conveniència—, al costat de la demanda creixent de produc-

tes ecològics, dietètics, lleugers, funcionals, etc. I dintre d'aquestes exigències del consumidor, també cal fer referència als envasos. El consumidor desitja funcionalitat, amb porcions adequades als diferents estrats o grups de població, a conseqüència dels canvis socials (augment de llars monoparentals, menjars fora de la llar, menjadors d'empresa o d'institucions, etc.). I també són demandes importants ergonomia —aspecte que fins fa poc ha estat lluny de les preocupacions dels dissenyadors d'envasos—, seguretat, inviolabilitat i dificultat d'obertura per als nens. Sense oblidar el disseny i la novetat, base de la competitivitat, sobretot per als sectors socials amb més poder adquisitiu. I també cada dia més sostenibilitat, és a dir, que procedeixin de materials i tecnologies respectuosos amb el medi ambient i no contribueixin a degradar-lo.

Un segon aspecte que es considera, no menys important, és el conjunt d'interessos que plantegen els sectors de la producció i la comercialització de productes. S'assisteix a una forta concentració empresarial als sectors generadors d'envasos i de productes envasats, amb deslocalització de factories i subministraments multinacionals. Es potencien les llistes de subministradors, el subministrament just a temps i, per tant, la necessitat d'assegurament de la qualitat. Però, possiblement, fins i tot té més incidència com a força impulsora del desenvolupament la distribució. Dia a dia s'incrementen les grans superfícies de venda controlades per unes poques empreses de la gran distribució, que dicten les línies d'innovació, amb incidència directa en el desenvolupament dels envasos i embalatges. La forta competència en el sector de la distribució i la necessitat de diferenciació de productes amb característiques molt similars de preu i qualitat, fa de l'envàs un element diferenciador fonamental a l'hora de comercialitzar-lo. Uns altres aspectes d'importància creixent en el món de la distribució són les noves formes de logística i transport, i els nous siste-

mes de comercialització, com ara el comerç electrònic, que sens dubte introdueix nous requisits als envasos per a adequar-se a les exigències que planteja. I un nou tema que preocupa cada dia més les empreses, el que es coneix per *traçabilitat*, o possibilitat d'identificar a cada moment les incidències que sofreix el producte envasat des de la seva fabricació fins al consum.

Un tercer element en consideració, a més dels consumidors i les empreses com a força impulsora de la innovació, són les legislacions sanitària, d'etiquetatge i mediambiental. Particularment, la legislació mediambiental apareix com un nou element que té una presència notable en el desenvolupament dels envasos. La incidència mediambiental ha passat a ser un tema estratègic de la tecnologia d'envasos i embalatges.

I a més de tots els aspectes comentats cal considerar també els avenços tecnològics que proporciona la investigació. Els desenvolupaments de nous materials o tecnologies, com ara les nanopartícules, la irradiació, els tractaments amb altes pressions, etc., aporten noves solucions a l'envasat, encara que no fos aquest el seu objectiu inicial ni el seu camp immediat d'aplicació.

2. TENDÈNCIES I INNOVACIONS EN ELS MATERIALS I ENVASOS PER A ALIMENTS

Encara que dia a dia s'introdueixen nous materials, els envasos tradicionals de llauna, vidre, paper o cartó segueixen ocupant un lloc important en l'envasament d'aliments, si bé subjectes a contínua renovació, amb noves tècniques de fabricació que busquen la reducció de l'ús de matèries primeres i d'energia, la utilització de matèries renovables, la reducció d'espessors, així com la millora de les seves característiques i també la màxima productivitat i automatització dels processos productius.

Junt amb els avenços en les tècniques de fabricació i millora de pro-

S'introduïxen noves formes que busquen la satisfacció del consumidor i la diferenciació de marca i/o producte, i també adaptar-se a les necessitats que creen les modernes tècniques de logística, transport i distribució comercial

pietats, es produeix una contínua renovació en els dissenys, tant en l'aspecte estructural com gràfic. S'introduïxen noves formes que busquen la satisfacció del consumidor i la diferenciació de marca i/o producte, i també adaptar-se a les necessitats que creen les modernes tècniques de logística, transport i distribució comercial. El disseny assistit per ordinador, juntament amb tecnologies avançades d'impressió, aconsegueixen dissenys que revolucionen la imatge tradicional d'alguns tipus d'envasos. Exemples

característics de noves formes d'envasos són les ampolles d'alumini, les noves llaunes amb formes o les llaunes amb gasificació per a cervesa.

Els diferents materials i envasos tracten així de renovar-se, en una constant pugna per mantenir o augmentar la seva presència als mercats, enfront dels reptes de la competència que plantegen els altres materials i les contínues exigències dels consumidors, però sobretot la competència dels materials plàstics, la progressiva implantació dels quals ha anat ocupant totes les àrees de la

tecnologia de conservació d'aliments. Generalment, els materials plàstics i complexos aporten una gran gamma de característiques adaptables a necessitats específiques i, d'altra banda, aquests materials van introduir canvis qualitius d'importància decisiva per a la indústria alimentària, ja que possibiliten noves formes d'envasament per a les quals els materials clàssics no són apropiats, amb el desenvolupament de conceptes com l'envàs flexible i els processos d'envasament integrats en línia, l'envasament en atmosfera modificada, etc.

Línies d'innovació dels envasos de materials plàstics

És difícil tan sols citar els nombrosos materials i les tècniques que s'han desenvolupat en aquests anys. S'ha de tenir en compte que cada plàstic, fins i tot considerant la resina amb les seves característiques bàsiques, es pot fabricar amb un ampli espectre de propietats diferents. Són continus els desenvolupaments de nous materials amb propietats específiques, així com les millores en les tècniques d'obtenció i de manipulació que possibiliten nous usos o milloren significativament materials ben implantats. Algunes de les línies d'innovació dels materials plàstics dignes de destacar són els nous desenvolupaments en materials barrera, els materials de permeabilitat modificable o selectiva i els biopolímers obtinguts a partir de matèries primeres renovables.

Materials barrera. Les exigències de qualitat i vida útil dels aliments estan impulsant el creixent ús de materials barrera. En regressió el PVC per la seva incidència mediambiental i ja ben establert el EVOH i els metal·litzats amb alumini com a materials bàsics, es treballa activament en tecnologies molt diferents per a atendre la creixent demanda de materials barrera per a l'envasament de tot tipus de productes.

Es comercialitzen ja nous materials barrera amb excel·lents prestacions, com les poliamides aromàtiques, el polietilennaftalat (PEN), els

Algunes de les línies d'innovació dels materials plàstics dignes de destacar són els nous desenvolupaments en materials barrera, els materials de permeabilitat modificable o selectiva i els biopolímers obtinguts a partir de matèries primeres renovables

poliaminoèters o els polímers de cristall líquid (LCP). Els nous LPC tenen permeabilitats a l'oxigen de cinquanta a cent vegades més baixa que el PET, si bé són molt cars i no han trobat encara aplicació per a envasos. Uns altres nous materials polimèrics interessants que poden ser comercials en un futur molt proper són les policetones alifàtiques (PK), que s'obtenen per catàlisi metal·locènica a partir de compostos molt senzills i barats, com olefines i monòxid de carboni. Aquests materials presenten una barrera a l'oxigen similar als copolímers EVOH, poden processar-se fàcilment i no són tan sensibles a l'aigua.

Una manera d'obtenir materials barrera àmpliament estudiada és l'aplicació de recobriments transparents d'òxids de silici o d'alumini, amb diverses tècniques de deposició al buit. Aquests tractaments s'han aplicat sobre PET, PP o PA, i s'han obtingut materials transparents, resistents a l'aigua, esterilitzables i amb una barrera comparable als metal·litzats. Encara que hi ha alguns desenvolupaments comercials la introducció d'aquests envasos és molt lenta, a conseqüència del preu alt i d'algunes limitacions tècniques. També s'ha tractat d'aconseguir bones propietats barrera amb recobriments de capes d'adhesius de laminació, tintes d'impressió o vernissos. Es treballa per a modificar formulacions de resines de recobriments tractant de millorar les seves característiques de barrera. Aquestes tecnologies ja s'utilitzen per a millorar la impermeabilitat en ampolles de PET (Lange i Wyser, 2003).

Una altra alternativa que és objecte de gran atenció, amb excel·lents perspectives de futur per al desenvolupament de materials d'alta barrera, és la incorporació als polímers d'ús comú de components que redueixin la velocitat de transferència de substàncies de baix pes molecular. La dispersió de partícules inorgàniques de pocs nanòmetres en concentracions inferiors al 10 % en una matriu polimèrica, el que es coneix per *nanocompostos*,

permet aconseguir una sèrie de propietats, com un increment notable en la rigidesa (mòdul elàstic) l'estabilitat tèrmica i dimensional, i en les propietats barrera, sense comprometre d'altres propietats com la tenacitat i transparència, de gran importància en el disseny d'envasos alimentaris. Les millores observades en les propietats barrera i mecàniques tenen com a origen la gran dispersió, l'escassa grandària de partícula (pocs nanòmetres) i l'alta relació d'aspecte (relació entre longitud i espessor) que presenten les nanolàmines ceràmiques exfoliades de silicats en la matriu polimèrica. La impermeabilitat de les nanolàmines incrementa de manera notable la tortuositat del camí de difusió dels permeats al llarg de l'espessor de l'envàs. S'estan realitzant nombrosos estudis amb la finalitat de desenvolupar nanocompostos i ja n'existixen alguns de comercials. D'especial rellevància són els nanocompostos amb poliamides, que en alguns casos semblen aconseguir els nivells barrera dels EVOH i fins i tot els milloren a humitats relatives elevades. L'aplicació d'aquesta tecnologia a materials que per si mateixos ja són d'alta barrera podria conduir a materials «superbarrera» (Cabedo *et al.*, 2004).

Sens dubte, l'interès pels materials d'alta barrera continuarà els

anys vinents amb nous desenvolupaments en les diferents línies apuntades.

Pel·lícules amb permeabilitat modificable o selectiva. Aquests materials són objecte de gran atenció per al desenvolupament de l'envasament en atmosferes modificades d'aliments amb altes taxes d'intercanvi gasós. Un gran nombre d'aliments que s'envasen amb atmosferes modificades són productes frescos, com ara fruites i hortalisses, carns i peixos, que durant la distribució i fins que es consumeixen mantenen una apreciable activitat biològica, per la qual cosa requereixen un adequat intercanvi de gasos per a mantenir a l'interior de l'envàs l'atmosfera adequada; són necessaris, per tant, materials de permeabilitat modificable i/o selectiva.

Es treballa activament en el desenvolupament de polímers amb aquestes característiques i ja hi ha en el mercat alguns materials d'interès, com els copolímers butadiè-estirè, alguns polímers metal·locènics i recobriments acrílics. El desenvolupament d'aquests materials serà també els anys vinents un dels camps d'innovació.

Biopolímers. Un tema de màxim interès actual i línia prioritària d'investigació són els polímers derivats

Un tema de màxim interès actual i línia prioritària d'investigació són els polímers derivats de fonts renovables, genèricament biopolímers, obtinguts a partir de macromolècules naturals, com a substituïts dels actuals polímers sintètics procedents del petroli

de fonts renovables, genèricament biopolímers, obtinguts a partir de macromolècules naturals, com a substituïts dels actuals polímers sintètics procedents del petroli.

Biopolímers obtinguts a partir de polisacàrids, proteïnes o lípids són objecte d'estudi com a materials d'envàs o recobriments d'aliments. Es poden obtenir per extracció a partir de biomassa (midó, quitosan, gelatina, col·lagen, gluten, zeïna, etc.), per síntesi química a partir de monòmers obtinguts de biomassa (àcid polilàctic i uns altres polièsters), o bé produir-se per microorganismes (cel·lulosa bacteriana, polihidroxicanoats, etc.). Aquests materials poden ser biodegradables i molts, comestibles, i permeten un control fisicoquímic i microbiològic dels aliments igual o superior als plàstics convencionals, als quals poden ser una bona alternativa per a usos molt diferents (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2005).

tenen bones propietats barrera de gasos a humitats baixes. Films fets amb lípids i ceres es poden utilitzar per a altes condicions d'humitat.

Ja hi ha en el mercat alguns biopolímers als quals se'ls troba aplicacions pràctiques, principalment al Japó i també a Europa. Els poli(hidroxicanoats) (PHA) constitueixen una família de polièsters d'origen microbià ben desenvolupats, amb característiques similars a les del PP convencional. Poden trobar aplicacions pràctiques molt diverses en diferents sectors industrials, malgrat que els elevats costos d'obtenció i de purificació limiten la seva extensió comercial, centrada en usos mèdics i productes cosmètics. També es comercialitzen copolímers de midons amb caprolactones, com a polímers termoplàstics, essencialment cristal·lins, que troben també aplicació sobretot en el sector mèdic. Però, possiblement, el biopolímer de més desenvolupament comercial és

No obstant això, les excel·lents possibilitats i l'avançat grau de desenvolupament dels biopolímers no poden considerar-se, en general, econòmicament competitius, si bé pot pronosticar-se un ampli desenvolupament per als anys vinents.

Envasos actius i intel·ligents

Però, sens dubte, la línia d'innovació que suscita més interès són els envasos actius i intel·ligents.

Tradicionalment, una de les característiques millor valorades dels envasos era la seva inèrcia respecte de l'aliment envasat. L'envàs havia d'actuar com un simple contenidor i barrera aïlladora del medi exterior, amb mínima incidència sobre el producte envasat.

En l'última dècada, no obstant això, estan emergint noves tecnologies de conservació d'aliments bàsiques, precisament, a potenciar o aprofitar les possibles interaccions de l'envàs amb el producte i/o el medi ambient. Així, per exemple, durant l'emmagatzematge de productes vegetals en atmosfera modificada es generen o consumeixen gasos com oxigen, diòxid de carboni, etc., amb més o menys velocitat, segons les característiques del producte. Doncs bé, amb la introducció en l'envàs de certes substàncies que eliminin o generin aquests gasos i el control de la permeabilitat del material d'envàs, pot mantenir-se l'atmosfera adequada per a la millor conservació de l'aliment envasat. Aquesta manipulació de l'atmosfera d'envasament ens duu al concepte d'«envàs actiu» (Catalá i Gavara, 2001).

S'entén per *envàs actiu* un sistema entre aliment, envàs i entorn que actua de manera coordinada per a millorar la salubritat i la qualitat de l'aliment envasat i augmentar la seva vida útil. En general, l'objectiu de l'envàs és protegir l'aliment envasat contra els agents responsables de l'alteració física, química, enzimàtica o microbiològica, mitjançant interaccions beneficioses creades entre l'aliment i l'envàs. Amb aquesta definició s'amplia el concepte d'envàs, que passa de ser un mer contenidor —envàs passiu— a

S'entén per *envàs actiu* un sistema entre aliment, envàs i entorn que actua de manera coordinada per a millorar la salubritat i la qualitat de l'aliment envasat i augmentar la seva vida útil

Es poden obtenir en forma de pel·lícules per les tècniques convencionals d'extrusió o de laminació, o alternativament poden ser aplicats formant recobriments sobre polímers, generalment després de solubilització, dispersió o emulsió del polímer. Les característiques mecàniques, permeabilitat, etc., depenen dels polímers utilitzats. Els materials amb una alta proporció d'enllaços -H-, com ara proteïnes i polisacàrids,

l'àcid polilàctic. Aquest biopolímer és un polièster alifàtic polimeritzat a partir d'àcid làctic, que s'obté per fermentació de sucres de blat de moro, remolatxa, etc. Es comercialitzen biopolímers d'àcid polilàctic per a aplicacions molt diverses en envasos, sobretot terrines i ampelles per a begudes, i també materials auxiliars, com plats i coberts (Wu *et al.*, 2002; Tharanathan, 2003; Olivas i Barbosa-Cánovas, 2005).

ocupar un paper actiu en el manteniment o fins i tot la millora de la qualitat de l'aliment envasat. Realment, l'envàs corregeix les deficiències del sistema de conservació, amb diverses maneres d'actuació, bé sobre la composició de l'atmosfera interior mitjançant materials selectius amb substàncies que emeten o retenen gasos i vapors, bé sobre la composició i/o les característiques de l'aliment, alliberant substàncies d'acció positiva sobre l'aliment o absorbint o retenint components indesitjables.

Al novembre de 2004 es va fer pública una nova reglamentació europea sobre els materials i objectes destinats a entrar en contacte amb l'aliment (Reglament (CE) 1935/2004), en la qual es defineix el *material* o *objecte actiu* com «aquell destinat a ampliar el temps de conservació, o a mantenir o millorar l'estat dels aliments envasats, i que està dissenyat per a incorporar deliberadament components que transmetin substàncies als aliments envasats o a l'entorn d'aquests o que absorbeixin substàncies dels aliments envasats o de l'entorn d'aquests». També la mateixa reglamentació distingeix i defineix el concepte de *materials* i *objectes intel·ligents* en contacte amb aliments com «els materials i objectes que controlen l'estat dels aliments envasats o l'entorn d'aquests».

El concepte d'envàs actiu no és realment nou. Al cap i a la fi les fulles amb què poblacions indígenes de països tropicals recobrixen alguns productes tradicionals són bons exemples d'envasos actius; aquestes fulles proporcionen al producte compostos aromàtics i enzims, responsables d'algunes de les característiques sensorials per les quals aquests aliments són benvolguts, així com agents antimicrobians que contribueixen a conservar-los. Actualment, amb la redefinició del concepte d'envàs actiu i la seva acceptació per part de les legislacions sanitàries internacionals, es pot pensar a dissenyar envasos i tecnologies d'envasament d'acord amb les necessitats dels diferents pro-

ductes i del mercat consumidor, que possibilitin noves formes de conservació i comercialització d'aliments.

Els envasos actius poden aconseguir-se per diversos mitjans, però són dos bàsicament els mecanismes d'actuació, o bé introduint l'element actiu a l'interior de l'envàs, juntament amb el producte que s'envasa, o bé formant part l'element actiu del material d'envàs.

Des dels inicis del desenvolupament d'aquestes tecnologies la manera més usual d'introduir l'element actiu ha estat la utilització d'una petita bossa, un sobre o una etiqueta, que contenia aquest principi —per exemple, ferro per a eliminar l'oxigen residual en l'envàs, o gel de sílice per a eliminar la humitat. La bossa es construeix amb material polimèric suficientment permeable per a permetre l'alliberament i/o actuació del principi actiu, però sense que entri en contacte, en general, amb el producte. Per descomptat, han d'usar-se matèries actives que no posin en perill la salubritat del producte envasat. Actuen així la major part dels sistemes que han constituït la primera generació d'envasos actius i fins i tot és encara la tècnica més generalitzada.

Una alternativa que ja s'utilitza àmpliament per a alguns productes i que presenta les millors perspectives de futur, és la introducció del principi actiu en el material d'envàs, bé formant part del polímer, bé incorporat per mitjà d'algun dels seus components. Podria dir-se que es tracta d'un efecte positiu dels mecanismes de migració i sorció; en lloc de cedir a l'aliment substàncies indesitjables cedeix substàncies amb efecte beneficiós, prèviament incorporades, o bé elimina per sorció components indesitjables de l'aliment. Aquesta és, sens dubte, la forma més atractiva per al consumidor, que així no troba res estrany a l'interior de l'envàs que pugui cridar-li l'atenció i fer-li dubtar sobre la qualitat sanitària de l'aliment que va a consumir. En general, els materials utilitzats per als envasos són polímers sintètics convencionals,

però també biopolímers d'origen natural, que en aquests últims anys tenen gran interès. Els biopolímers comestibles han passat d'utilitzar-se solament com a recobriment d'algunes fruites a ser vehicle de transport de nutrients, agents microbians, etc., perquè els processos de difusió hi són més fàcils de controlar que en les pel·lícules sintètiques.

L'envàs actiu ha anat introduint-se comercialment, i ja són molts i molt diversos els usos, sobretot al Japó i a Austràlia i quelcom menys als Estats Units. En Europa, fins al moment la introducció d'aquests envasos ha estat mínima, si bé amb la recent aprovació de la nova legislació comunitària és probable una ràpida expansió.

S'han proposat formes molt diverses d'envasos actius per al control de diferents problemes de deterioració o d'alteració de la qualitat dels aliments, com ara control de gasos a l'espai de cap dels envasos —oxigen, diòxid de carboni, etilè...—, addició d'antioxidant i de conservants químics, regulació de la humitat, incorporació d'aromes, eliminació d'olors estranyes i substàncies indesitjables, o control de la contaminació microbiològica (Ahvenainen, 2003; López-Rubio *et al.*, 2004).

Sens dubte, l'aplicació actual més freqüent dels envasos actius és el control i la modificació de l'atmosfera interior dels envasos, per si mateixos o com a complement de la capacitat de barrera del material, per tal d'aconseguir la composició gasosa adequada per a la conservació del producte. S'han proposat solucions molt diverses per al control de l'oxigen, del diòxid de carboni i de la humitat i, en menor mesura, de l'etilè i l'alcohol, gran nombre de les quals ja plenament comercialitzades.

Els absorbidors d'oxigen constituïxen l'aplicació actual més estesa; el control de l'oxigen a l'interior dels envasos sempre és una exigència per a una conservació més bona dels aliments. En general, les tecnologies actuals per al control d'oxigen es basen en oxidació de metalls o òxids

metàl·lics, àcids grassos insaturats o enzims. Amb aquests sistemes, s'aconsegueix reduir la presència d'oxigen a un nivell inferior del 0,01 %, en combinació amb l'ús de materials d'alta barrera. Alguns d'aquests sistemes s'han emprat amb èxit per al control de l'oxigen en productes de brioixeria, pastes, formatges, fruits secs, carns i peixos o begudes.

També està estès l'ús d'envasos actius per al control del diòxid de carboni en l'envasament en atmosfera modificada de fruites i hortalisses. Es comercialitzen bosses que contenen hidròxid càlcic o carbó actiu per a absorbir l'excés de diòxid de carboni que es genera abundantment en la respiració de moltes fruites, o bé bicarbonat sòdic com a emissor d'aquest gas per a alguns productes vegetals o fruits secs. Una altra aplicació interessant és el control del diòxid de carboni en el cafè envasat; el cafè genera gas després del procés de torrat i la seva acumulació pot crear la pressió suficient per a posar en perill la integritat de l'envàs.

L'etilè té un paper important en la vida posterior de la col·lecció dels productes del camp com a hormona de la maduració. És necessari controlar-lo i eliminar-lo en moltes ocasions per a l'adequada conservació de nombroses fruites. S'han aplicat amb més o menys èxit diferents tècniques per a la remoció d'etilè, utilitzant com a absorbidors substàncies com ara carbó activat, gel de

silice, minerals, nitrat d'argent, i d'altres minerals, però l'element més comú és el permanganat potàssic suportat en diferents materials com alúmina, zeolita o sepiolita. Hi ha disponibles diferents sistemes comercials, tant aplicats en bosses permeables amb l'absorbidor com en pel·lícules plàstiques flexibles impregnades amb minerals del tipus zeolita.

El control de la humitat és una altra aplicació comercial dels envasos actius. S'empren àmpliament per al control de la condensació d'aigua a l'interior de l'envàs de carns o productes vegetals frescos, que enlletgixen la presentació comercial del producte; s'incorporen al plàstic additiu amb la missió de reduir la tensió superficial de les gotes de condensat fins a formar una fina pel·lícula contínua tot just perceptible. Una altra aplicació interessant és la retenció dels líquids traspuats en carns i peixos frescos envasats. Per a això s'han dissenyat diferents sistemes basats en polímers absorbents amb copolímers de midó o poliacrilats, que poden situar-se en el fons de les safates de comercialització de l'aliment, protegits per una làmina de polietilè o polipropilè.

S'estudien tècniques d'envasament actiu per al control del creixement superficial de microorganismes en els envasos. Així, s'ha assajat amb èxit l'ús de nisina o derivats dels

àcids benzoic, sòrbic i propiònic en diferents films plàstics i en polímers comestibles. També s'ha assajat la incorporació als materials d'envàs de zeolites, que retenen i alliberen de manera controlada aquestes substàncies. La incorporació d'agents microbicides als materials polimèrics és, sens dubte, una tècnica de gran potencial. Permet l'alliberament lent i la incorporació a l'aliment d'un agent fungicida o bactericida que pot reduir la càrrega microbiològica de productes frescos sense cap altre tractament, amb la qual cosa s'allarga el temps de comercialització.

En la mateixa línia hi ha actualment nombrosos grups d'investigació estudiant la introducció de diferents additius per a usos molt específics, que poden tenir gran interès pràctic. Així, s'ha estudiat la immobilització de l'enzim naringinasa, que produeix el trencament de les flavonones, responsables del desenvolupament del sabor amarg dels cítrics, en un polímer que pot incorporar-se a l'interior d'un envàs de cartró complex dels que s'empren habitualment per a l'envasat de suc. Quan el suc està en contacte amb el polímer l'enzim hidrolitza els compostos amargs i fa que la beguda s'endolceixi amb el temps. També s'ha assajat la immobilització d'enzims per a eliminar colesterol i lactosa en llet envasada, la qual cosa possibilitaria el consum d'aquest producte als qui no poden fer-ho per la coneguda intolerància a la lactosa.

Sens dubte, l'envasament actiu constitueix ja a hores d'ara una alternativa plenament acceptada, amb excel·lents perspectives de futur per a la millora de la qualitat i l'augment de la vida útil dels aliments industrialitzats. D'altra banda, el terme *envàs actiu* apareix molt sovint al costat del de *envàs intel·ligent*. Ambdós termes s'han usat en moltes ocasions com a sinònims, quan realment es refereixen a conceptes diferents, encara que poden ser en molts casos complementaris.

S'entén per *envàs intel·ligent* un envàs capaç d'efectuar una funció intel·ligent, com detectar, mostrar,

S'entén per *envàs intel·ligent* un envàs capaç d'efectuar una funció intel·ligent, com detectar, mostrar, registrar o comunicar una informació sobre l'estat de l'aliment envasat o l'entorn d'aquest

registrar o comunicar una informació sobre l'estat de l'aliment envasat o l'entorn d'aquest, per a facilitar una presa de decisions que permeti estendre'n la vida útil, augmentar-ne la seguretat, millorar-ne la qualitat o prevenir possibles problemes. L'envàs intel·ligent implica sempre el sistema complet aliment/envàs/entorn, de manera que l'envàs analitza el sistema, processa la informació i la presenta, sense exercir generalment cap acció. Per contra, l'envàs actiu realitza l'acció. Ambdues funcions poden ser, per tant, complementàries i no excloents (Yam *et al.*, 2005).

En la pràctica, qualsevol que sigui la forma que prengui un envàs intel·ligent, consta d'un dispositiu o una mena de presentació, d'adquisició o de processat de dades, un sistema de comunicació de la informació i un dispositiu receptor d'aquesta que permeti la presa de decisions. Totes aquestes funcions poden fins i tot ser en un sistema únic. Generalment, el sistema intel·ligent està constituït per una etiqueta o placa situada sobre l'envàs que facilita la informació i la comunicació. Hi ha dues formes bàsiques d'envasos intel·ligents: *a)* sistemes portadors de dades —etiquetes de codis de barres o plaques d'identificació per radiofreqüència— que s'usen per a emmagatzemar o transmetre dades i *b)* indicadors d'incidències en l'envasament —indicadors de temps i temperatura, indicadors de gasos o biosensors —que permeten el control del medi i del producte envasat (Yam *et al.*, 2005; De Jong *et al.*, 2005).

El codi de barres és, amb molt, la forma més simple i estesa de sistema intel·ligent. Actualment, s'aplica per a la comercialització de tot tipus de productes envasats, però la informació que pot facilitar és limitada, fins i tot la de les noves formes de codis de barres desenvolupades. Les etiquetes o plaques d'identificació per radiofreqüència (RFID) són una forma més avançada d'emmagatzematge i identificació automàtica de dades, que comença a ser aplicada als productes envasats. Un sistema

RFID consta d'un emissor, que emet ones de radiofreqüència per a captar la informació d'una etiqueta o placa situada en l'envàs, que és transferida a un sistema de lectura i d'elaboració de la informació. Les plaques o els dispositius RFID poden ser etiquetes passives que contenen la informació i que s'activen per l'energia que subministra el lector, o poden disposar d'un circuit o microxip propi que emet els senyals al lector. Sigui quin sigui el sistema, aquests dispositius no requereixen que el lector les visualitzi per a la transferència de dades i poden ser llegides amb gran rapidesa. Els dispositius de RFID poden emmagatzemar gran quantitat d'informació comercial del producte, però també informació tècnica, com ara les incidències tèrmiques, característiques nutricionals de l'aliment o instruccions d'ús. La implantació de la RFID per al control d'envasos és ara molt incipient, ja que el seu preu és molt elevat com perquè l'assumeixin la major part de productes de consum, però s'espera que en molt pocs anys la identificació per radiofreqüència estigui tan implantada en els envasos com ho està actualment el codi de barres.

Una altra línia de desenvolupament d'envasos intel·ligents per a aliments que suscita gran interès són els genèricament qualificats d'indicadors d'incidències en l'envasament. Així, la temperatura és un dels factors mediambientals de més incidència en la conservació dels productes envasats. És una constant aspiració dels consumidors saber si un aliment congelat o refrigerat, per exemple, ha mantingut adequadament la temperatura durant tot l'emmagatzematge, i ja es comercialitzen etiquetes autoadhesives que contenen un polímer que s'enfosqueix gradualment i de manera irreversible amb l'exposició acumulativa a la temperatura. Es treballa activament en el desenvolupament d'indicadors de temps i temperatura, amb la finalitat de servir d'alerta als consumidors sobre les incidències tèrmiques que ha sofert un producte envasat durant l'em-

magatzematge i la comercialització, però encara són lluny de ser una realitat comercial generalitzada.

La composició del gas d'espai d'algun dels envasos es veu modificada constantment com a conseqüència de l'activitat de l'aliment, de la naturalesa de l'envàs o de les condicions ambientals. El coneixement de l'evolució d'aquesta composició pot ser, per tant, un bon indicador de les modificacions de la qualitat i vida útil de l'aliment envasat. Es treballa activament en l'estudi d'indicadors sobretot de la concentració d'oxigen, vapor d'aigua o diòxid de carboni, tot i que encara el desenvolupament d'aquest estudi és incipient.

Una altra línia de desenvolupament d'envasos intel·ligents que suscita el màxim interès són els biosensors. En general, un biosensor és un mecanisme analític compacte que detecta, registra i transmet informació referent a les reaccions bioquímiques que tenen lloc en l'aliment envasat. El sistema consta de dos components, un bioreceptor, que reconeix la presència d'un analit determinat, i un transductor, que identifica el senyal i el converteix en identificable. El bioreceptor és generalment un material biològic, com enzims, hormones, microorganismes, àcids nucleics, etc., específics de la reacció que té lloc. Els biosensors es caracteritzen sobretot per la seva especificitat, sensibilitat i fiabilitat, per la qual cosa poden servir per a alertar el consumidor de l'estat sanitari o nutritiu del producte envasat abans del seu consum i donar fins i tot una indicació del final de la vida útil del producte envasat. La idea és, sens dubte, molt atractiva, però és lluny el desenvolupament comercial d'un envàs amb aquestes característiques.

En conclusió, molts són els fronts en els quals es treballa activament i es manifesta la innovació en els envasos alimentaris. Si bé no cal esperar desenvolupaments revolucionaris a curt termini, encara que mai són descartables, sí som davant d'un desenvolupament i una innovació continuus que seguiran els anys vinents, per tractar de col·laborar en

la millora de l'alimentació i, per tant, de la nostra qualitat de vida.

BIBLIOGRAFIA

- AHVENAINEN, R. [ed.]. (2003). «Active and intelligent packaging». A: *Novel Food Packaging Techniques*. Boca Raton: CRC Press.
- CABEDO, L.; GIMÉNEZ, E.; LAGARÓN, J. M.; GAVARA, R.; SAURA, J. J. (2004). «Development of EVOH-Kaolinite nanocomposites». *Polymer*, vol. 45, núm. 15, p. 5233-5238.
- CATALÁ, R.; GAVARA, R. (2001). «Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa activa de los alimentos envasados». *Arbor*, vol. 661, p. 109-127.
- DE JONG, A. R.; BOUMANS, H.; SLAGHEK, T.; VEEN, J. van; RIJK, R.; ZANDVOORT, M. van (2005). «Active and intelligent packaging for food: Is it the future?». *Food Additives & Contaminants*, vol. 22, núm. 10, p. 975-979.
- LANGE, J.; WYSER, Y. (2003). «Recent innovation in barrier technologies for plastic packaging. A review». *Packaging Technol. & Science*, vol. 16, p. 149-158.
- LÓPEZ-RUBIO, A.; ALMENAR, E.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; LAGARÓN, J. M.; CATALÁ, R.; GAVARA, R. (2004). «Overview of Active Polymer-Based Packaging Technologies for Food Applications». *Food Rev. Internat.*, vol. 20, núm. 4, p. 357-386.
- OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. (2005). «Edible coatings for fresh-cut fruits». *Critical Rev. in Food Sci. & Nutrition*, vol. 45, p. 657-670.
- THARANATHAN, N. R. (2003). «Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future». *Trends in Food Sc. & Technology*, vol. 14, p. 71-78.
- WU, Y.; WELLER, C. L.; HAMOUZ, E.; CUPPET, S. L.; SCHNEPF, M. (2002). «Development and application of multicomponent coatings and films. A review». *Adv. in Food & Nutrition Research*, vol. 44, p. 347-394.
- YAM, K. L.; TAKHISTOV, P. T.; MILTZ, J. (2005). «Intelligent Packaging: Concepts and Applications». *J. Food Science*, vol. 70, núm. 1, p. R1-R10.



Fotografia cedida pel Museu de l'Institut Químic de Sarrià.