

Tecnologies de l'alimentació

Tendències de futur i oportunitats globals

© Generalitat de Catalunya
Departament d'Empresa i Ocupació
Agència de suport a l'empresa catalana, ACC1Ó

ACC1Ó
Passeig de Gràcia, 129 – 08008 Barcelona
Tel.: 93 476 72 00
www.acc10.cat

Realització: Sergi Barbens, Míriam Sierra i Eva Mir. Observatori de prospectiva de Mercats Exteriors

Edita: Servei de publicacions d'ACC1Ó

Col·lecció: Papers digitals OME - Prospectiva internacional

Maquetació: Angle Editorial, SL

Primera edició: Barcelona, abril 2011



Aquesta obra està subjecta a la llicència Reconeixement - NoComercial - SenseObraDerivada 3.0 de Creative Commons. Se'n permet la reproducció, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi l'autor i no se'n faci un ús comercial. No es permet un ús comercial de l'obra original ni la generació d'obres derivades. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Nota:

ACC1Ó no comparteix necessàriament totes les opinions expressades en aquest document.

Presentació

L'Observatori de prospectiva de Mercats Exteriors (OME) és el centre de prospectiva internacional d'ACC1Ó que aporta coneixement sobre el futur dels mercats internacionals, la tecnologia i les noves realitats, per millorar la presa de decisions i augmentar la capacitat d'anticipació i resposta de l'empresa catalana.

Amb aquests objectius, la col·lecció Papers Digitals OME de prospectiva internacional aporta coneixement rellevant sobre elements de futur globals d'abast transversal que poden incidir en l'estratègia de l'empresa.

A la indústria de l'alimentació i les begudes, una de les principals a Catalunya, s'albira una sèrie de reptes i oportunitats de caràcter global que podrien renovar les possibilitats d'innovació tecnològica els propers anys. Alguns d'aquests elements tenen a veure amb el desenvolupament —i els canvis recents motivats per la crisi internacional— de les tendències socials i econòmiques de fons; mentre que altres es vinculen directament amb l'evolució tecnològica que, avui més que mai, es produeix simultàniament en diferents parts del planeta i que la indústria assimila en un procés constant d'adopció o de rebuig, a la cerca de major competitivitat i diferenciació.

El Paper Digital OME *Tecnologies de l'alimentació: tendències de futur i oportunitats globals* analitza com incideixen les tendències globals de fons i les crisis financera i ambiental recents sobre els requeriments tecnològics de la indústria alimentària, així com els àmbits tecnològics amb major potencial de futur en l'escenari internacional en relació amb els ingredients, el processament d'aliments i l'envasament.

Maite Ardèvol
Gerent de l'Observatori de Prospectiva
de Mercats Exteriors

Índex

Introducció	5
1. Tendències i oportunitats en l'escenari global de les tecnologies dels aliments	6
1.1 Tendències de fons i crisis amb conseqüències per a la indústria alimentària	7
1.2 Mapa global d'oportunitats en les tecnologies dels aliments	16
1.3 Eixos d'innovació a la indústria alimentària	18
2. Oportunitats en les tecnologies dels ingredients alimentaris	21
2.1 Tendències i tecnologies associades als sabors i aromes	22
2.2 Tendències i tecnologies associades a la texturització	23
2.3 Tendències i tecnologies associades al color	24
2.4 Tecnologies dels ingredients associades als aliments funcionals	24
3. El futur de les tecnologies del processament	27
3.1 El paper de les tecnologies netes en la indústria alimentària de futur	27
3.2 De les tecnologies tèrmiques a les no tèrmiques	32
4. El futur de les tecnologies de l'envasament i distribució d'aliments i begudes	45
4.1 L'embalatge per a l'alimentació i les begudes en el context global	45
4.2 Noves orientacions de l'embalatge	47
4.3 Tecnològiques disruptives de l'embalatge	49
5. Perspectives i oportunitats de les nanotecnologies en l'alimentació i les begudes	53
5.1 Nanotecnologies aplicades als ingredients i el processament	54
5.2 Nanotecnologies aplicades a l'envasament	57
6. Biotecnologies en l'alimentació i les begudes	59
6.1 Més enllà dels productes OGM	59
6.2 El processament amb microorganismes	60
6.3 Aplicació de les biotecnologies a la seguretat alimentària	62
6.4 Oportunitats de les biotecnologies dels aliments en els mercats internacionals	63
7. Conclusions	66
Bibliografia	70

Introducció

El sector de l'alimentació i les begudes a Catalunya se situa, en termes de facturació, en el primer lloc dins de la indústria manufacturera catalana, juntament amb la química i farmacèutica. El grau d'internacionalització i de R+D del sector és igualment destacable, tant pel que fa a la provisió d'ingredients com en el processament i l'empaquetatge. Per tot plegat, Catalunya ha esdevingut un dels principals clústers avançats de la indústria agroalimentària a Europa.

Des del punt de vista tecnològic, tot i que la indústria agroalimentària ha estat reconeguda tradicionalment com una indústria madura amb pocs canvis tecnològics significatius, el cert és que els darrers temps s'ha produït una renovació de les seves possibilitats d'innovació. Això és degut, d'una banda, al procés de configuració d'un nou escenari global del sector en termes de l'oferta i la demanda, a partir dels canvis demogràfics, socials i econòmics internacionals i del context de les crisis financera i de recursos naturals dels inicis de segle. D'altra banda, les possibilitats de les tecnologies emergents, especialment de les biotecnologies i les nanotecnologies i els vincles d'aquestes amb altres disciplines com la farmàcia o els materials, el desenvolupament de tecnologies del processament amb menor incidència sobre les característiques organolèptiques, els nous paradigmes com ara la ubicüïtat en l'accés a la informació que possibiliten cada cop més les TIC, o la valorització de la sostenibilitat, per citar-ne alguns, indiquen alguns camins d'innovació que pot emprendre aquest sector manufacturer en el futur pròxim. En concret, els eixos de salut, plaer, qualitat, seguretat i sostenibilitat són els àmbits de requeriments que indiquen quines poden ser les solucions tecnològiques de major rellevància en el futur, principal objecte d'aquest paper.

El capítol 1, «Tendències i oportunitats en l'escenari global de les tecnologies dels aliments», esbossa alguns dels factors que poden orientar els canvis tecnològics els propers anys. Aquestes tendències i solucions són les que es detallen en cadascun dels capítols següents: les tendències i oportunitats relacionades amb els ingredients i la reformulació dels aliments (capítol 2), les tecnologies

emergents del processament (capítol 3), els canvis en les tecnologies de l'envasament (capítol 4) i, finalment, tot i que es creuin transversalment amb les anteriors, les nanotecnologies i les biotecnologies aplicades a l'alimentació (capítols 5 i 6), amb el seu potencial disruptiu. Finalment, el capítol de conclusions vincula algunes de les tecnologies revisades al llarg del paper amb major potencial de negoci, amb les perspectives temporals en què es pot esperar que assoleixin la seva maduresa tecnològica. El potencial de negoci d'aquestes tecnologies sorgeix tant pel seu creixement esperat com per l'impacte que poden suposar en la indústria, i es relaciona amb les tendències de fons i els eixos que s'han discutit en la part inicial del treball. Aquest darrer capítol és eminentment de caràcter orientatiu i qualitatiu i, per tant, subjecte també a una major possibilitat de discussió.

El bagatge que es presenta al llarg d'aquests capítols és fruit de la síntesi i l'anàlisi dels coneixements de l'equip de treball que ha elaborat aquest paper i ha estat posteriorment contrastat en una jornada específica sobre tendències i innovació a la indústria de l'alimentació amb experts tecnològics i empresaris del sector. Finalment, el públic al qual va destinat aquest paper és ampli, i se situa més enllà dels responsables de l'operació dels processos industrials, fins a assolir especialment els decisors en l'orientació tecnològica de les empreses i centres de recerca. Per aquesta raó, l'enfocament de l'estudi és suficientment tècnic alhora que comprensible i, evidentment, de caràcter prospectiu.

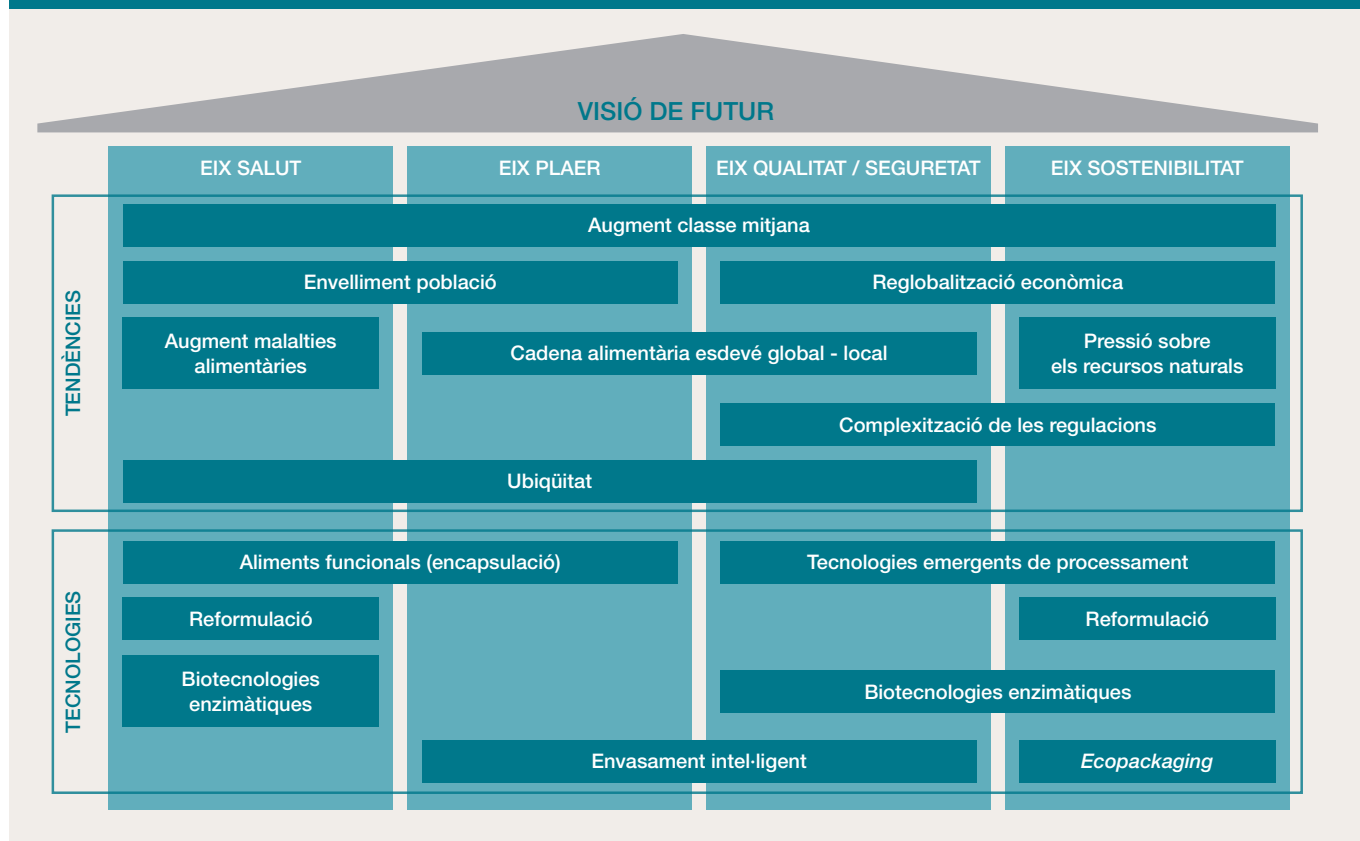
1. Tendències i oportunitats en l'escenari global de les tecnologies dels aliments

Les tendències demogràfiques, socials i econòmiques a nivell global, entre les quals destaquen l'augment de la classe mitjana a nivell global per la incorporació dels mercats emergents, l'envelliment de la població, l'augment de les malalties relacionades amb l'alimentació, l'accés ubic a la informació que possibilita l'expansió de les TIC, alhora que les tendències pròpies de la indústria de l'alimentació (l'augment de la competència internacional, la convivència de la globalització i el localisme de la cadena alimentària, la complexització de les regulacions en àmbits de qualitat, salut i medi ambient, etc.), juntament amb les crisis financera (reglobalització) i de recursos naturals d'inicis de segle; tot plegat reconfigura l'escenari de futur a tenir en compte pels agents (mercat) en la indústria de

l'alimentació i les begudes a partir de quatre grans eixos d'innovació: la salut, el plaer, la qualitat i seguretat, i la sostenibilitat (econòmica i ambiental).

Aquests darrers eixos són els àmbits de requeriments que indiquen quines poden ser les solucions tecnològiques de major rellevància en el futur, i que s'amplien posteriorment en la resta del paper, entre altres les relacionades amb la reformulació dels aliments i l'encapsulació d'ingredients, les tecnologies emergents del processament (que poden millorar la conservació de les característiques nutricionals i organolèptiques dels aliments i ser més eficients en recursos i energia), els avenços en l'envasament ecològic i intel·ligent, o les possibilitats de les biotecnologies enzimàtiques i de fermentació.

Figura 1. Escenari futur de la indústria de l'alimentació i les begudes: tendències, eixos d'innovació i requeriments tecnològics



Font: Elaboració pròpia.

1.1 Tendències de fons i crisis amb conseqüències per a la indústria alimentària

De l'augment de la població a l'augment de la classe mitjana global

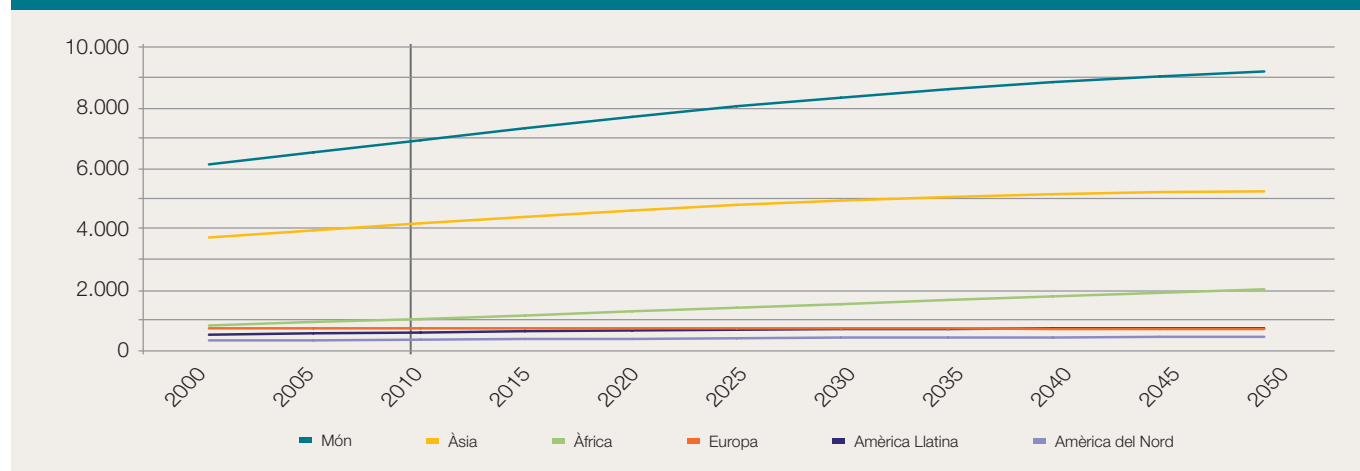
Un primer element a considerar per la indústria alimentària és el seu potencial global (en termes de demanda), en constant creixement. Així, els darrers cent anys la població mundial gairebé s'ha quadruplicat, i es preveu que dels 6.700 milions de persones el 2006 es passi a 9.200 milions el 2050. En el període 2010-2020 la població augmentarà de 429 milions de persones a l'Àsia (especialment a la Xina, l'Índia i el Sud-est asiàtic), de 243 milions a l'Àfrica (amb la taxa de creixement més elevada), de 57 milions a l'Amèrica Llatina i de 31 milions als Estats Units i el Canadà, mentre que Europa es mantindrà amb el mateix nivell de població que en l'actualitat (Nacions Unides, 2009).

Per la seva banda, la distribució desigual de la piràmide poblacional al llarg del mapa mundial posa en relleu, d'una banda, el progressiu envelliment global de la població, que es concentra especialment en els països avançats i, significativament a la Xina, Rússia i els països d'Europa de l'Est, amb fortes implicacions en les pautes de consum en el sector de l'alimentació i begudes, com ara que la gent gran cerca productes que els ajudin a augmentar l'esperança de vida i el benestar (augment de la demanda dels aliments saludables i els funcionals) i formats adequats als seus requeriments (en petites porcions per la disminució de la gana, o amb facilitat d'utilització i d'accés a la informació, entre altres).

De l'altra banda, la diferent distribució de la població mundial mostra el potencial per cobrir els gustos i les necessitats alimentàries diferents en països amb una estructura demogràfica més jove a l'Àfrica, l'Orient Mitjà, l'Àsia central, meridional i del sud-est, i gran part de l'Amèrica Llatina.

Paral·lelament al creixement de la població, es preveu que la classe mitjana mundial¹ augmenti de 1.800 milions de persones actualment a 3.200 milions el 2020 i a 4.900 milions el 2030. El gruix principal d'aquest creixement serà degut als països de l'Àsia emergent (especialment de la Xina i, a mitjà termini, de l'Índia), de manera que aquests països suposaran gairebé el 40% de la despesa de la classe mitjana global el 2020 (el 2000 representaven únicament el 10%). En termes absoluts, s'espera que a l'Amèrica del Nord la classe mitjana es mantingui constant els propers anys, mentre que a Europa podria experimentar inicialment un lleuger creixement. Tot i així, la disminució de població a Rússia i en algun altre país europeu (Kharas, 2010) i la reducció de poder adquisitiu de milions de pensionistes i de treballadors a l'atur o amb reducció dels sous com a conseqüència de la crisi financera internacional, rebaixen el poder de consum d'Europa en el seu conjunt a mitjà termini i refermen la tendència cap a la societat *low cost* (OME, 2010). La contribució d'Europa i els Estats Units al consum de la classe mitjana global podria variar del 64% el 2009 al 46% el 2020. L'Amèrica Llatina (sense Mèxic) i la regió del nord d'Àfrica i Orient Mitjà també augmentarien la seva població de classe mitjana significativament, mentre que la seva contribu-

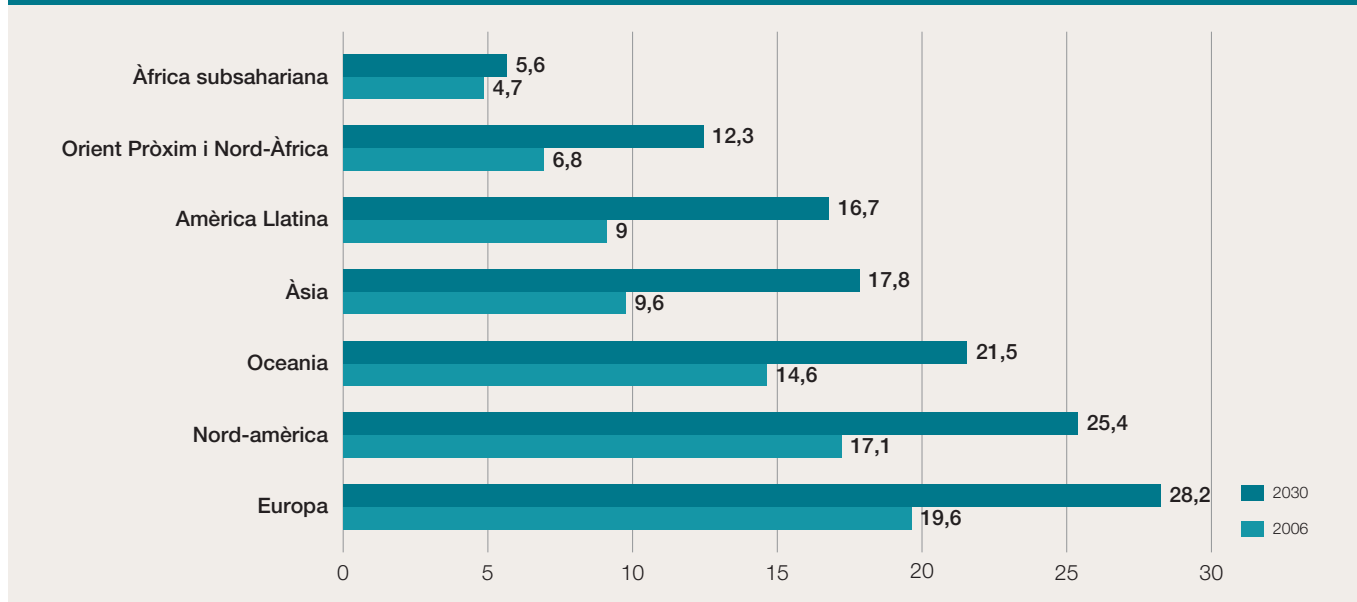
Figura 2. Evolució de la població mundial



Font: Nacions Unides (2009).

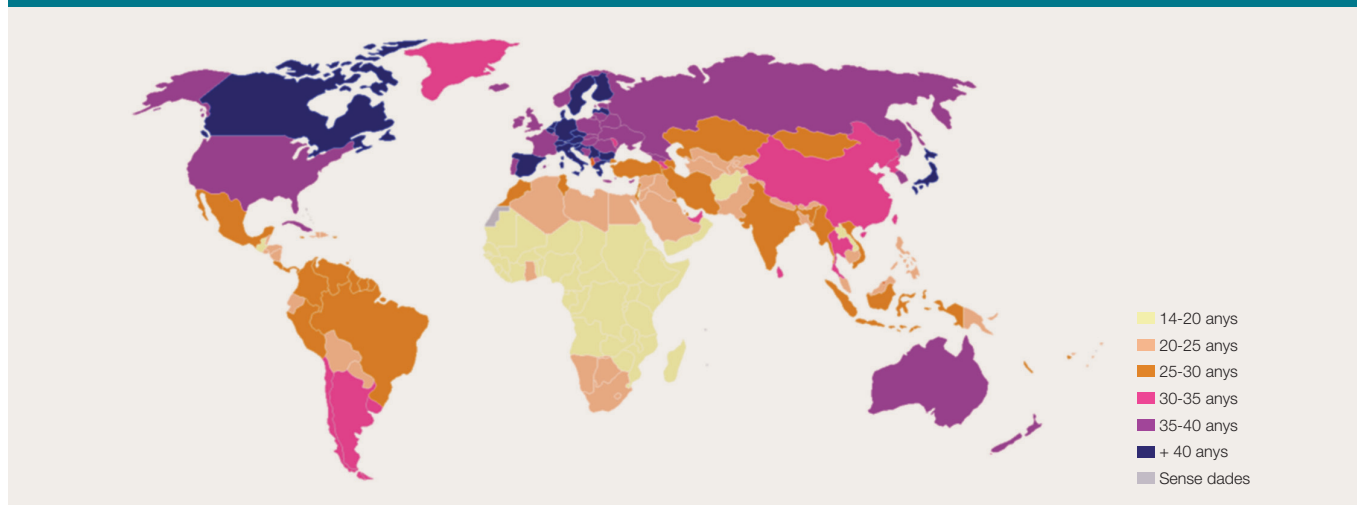
1. Kharas (2010) empra el rang d'ingressos de 10-100 dòlars (PPA 2005) per dia.

Figura 3. Percentatge de població amb més de 60 anys per regions (2006-2030)



Font: Elaboració pròpia a partir de l'US Census Bureau.

Figura 4. Edat mitjana mundial



Font: CIA (2009).

ció relativa al consum de la classe mitjana global (en dòlars PPA) es mantindria constant (7% i 4%, respectivament).

El creixement de la classe mitjana als països emergents i en desenvolupament podrà afavorir encara més la mobilitat internacional i la demanda de productes ètnics i més diversos per tal de satisfer les necessitats multiculturals d'una societat canviant. La classe mitjana també s'associa a una sofisticació de la demanda, justificada tant

pels canvis en els hàbits de vida com per un major individualisme i personalització. Allà on augmenti el segment de classe mitjana, aquests canvis en la demanda podran esdevenir més evidents.

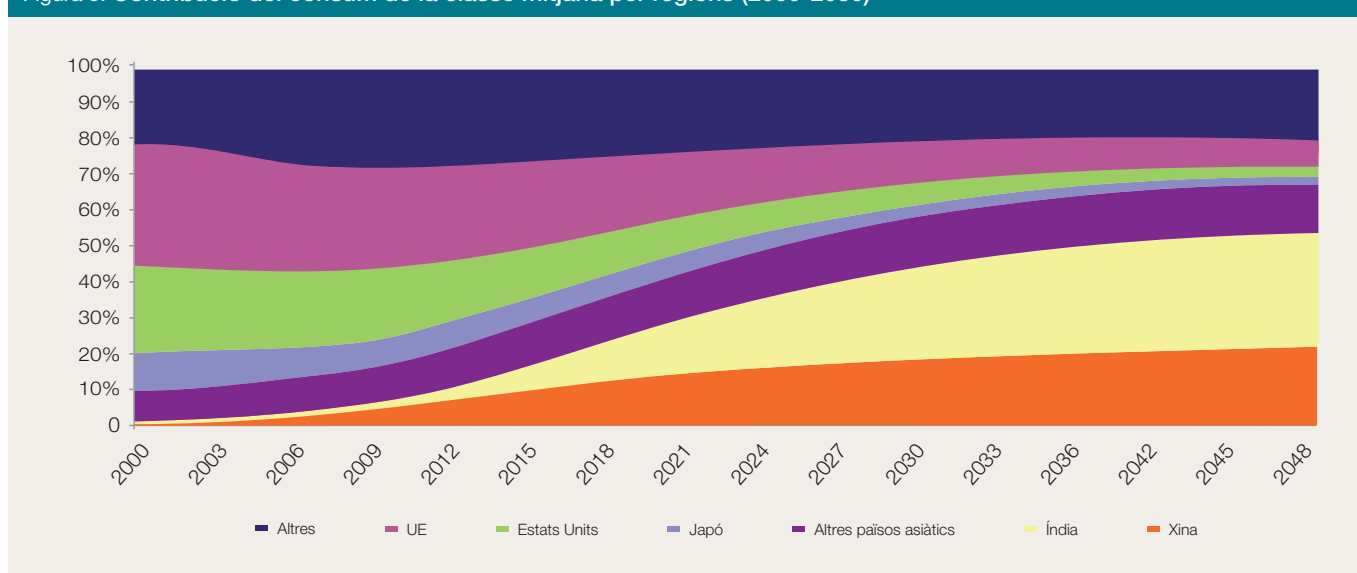
A banda del segment de renda mitjana del mercat, es constata un creixent interès per part de les empreses d'alimentació i begudes per copsar el segment de població amb renda més baixa als països en desenvolupament, més conegut com *la base de la piràmide*. Les

Taula 1. Població de la classe mitjana global de consum (milions de persones i percentatge relatiu)

	2009		2020		2030	
Amèrica del Nord	338	18%	333	10%	322	7%
Europa	664	36%	703	22%	680	14%
Amèrica Central i del Sud	181	10%	251	8%	313	6%
Àsia-Pacífic	525	28%	1.740	54%	3.228	66%
Àfrica subsahariana	32	2%	57	2%	107	2%
Orient Mitjà i Nord d'Àfrica	105	6%	165	5%	234	5%
Món	1.845	100%	3.249	100%	4.884	100%

Font: Kharas (2010).

Figura 5. Contribució del consum de la classe mitjana per regions (2000-2050)



Font: Kharas (2010).

perspectives demogràfiques i l'evolució de la renda fan que sigui als països en desenvolupament on s'espera un major increment del consum en alimentació (Sánchez *et al.*, 2010). Per exemple, segons el McKinsey Global Institute, a l'Índia es preveu que el consum agregat es quadruplici en el període 2005-2025, i més del 50% d'aquest consum correspondria a la base de la piràmide. La major part dels ingressos familiars al segment de la base de la piràmide es destinen a la despesa alimentària; per aquesta raó, el sector de l'alimentació és el mercat de consum més gran en aquest segment de població, amb un valor en paritat de poder adquisitiu de 2.895 mil milions de dòlars (Hammond *et al.*, 2007). Aquest fet és rellevant de cara al disseny dels processos d'envasament i en la transformació de productes. Entre els principals reptes d'aquest mercat de la base de la piràmide es troba

com mantenir la qualitat de productes altament peribles i en condicions de conservació desfavorables; com fer aquests productes disponibles a preus assequibles, cosa que pot implicar utilitzar materials més econòmics i porcions més reduïdes i, finalment, cal considerar també com generar menys embolcalls. Per tot plegat es considera el segment de la base de la piràmide una font d'innovació no gens menyspreable (Sánchez *et al.*, 2010).

La crisi econòmica i de recursos de principis de segle

Les crisis de cert abast i gravetat no són només fenòmens «cíclics», sinó que catalitzen noves tendències i realitats, de manera que se surt de les crisis de manera diferent a com s'hi va entrar (OME, 2010). Només per esmentar alguns dels principals resultats, és de destacar que la crisi

financera internacional ha accentuat el paper econòmic dels països emergents per la seva contribució al creixement i al finançament de l'economia global i, alhora, els situa com uns dels principals contribuïdors de classe mitjana (com ja s'ha vist) i de talent els propers anys. Per a les economies avançades, per contra, una «reglobalització» més sostenible implicaria que els països avançats amb insuficiència d'estalvi i excessiva dependència del finançament exterior haguessin de generar més estalvi i que, en conseqüència, pogués disminuir la inversió. L'augment del dèficit i l'envelliment de la població en molts països pressionaran els governs a proveir serveis socials a menor cost, la qual cosa significa que previsiblement disminuirà el poder adquisitiu d'una part important de la classe mitjana, sobretot europea, com s'ha comentat anteriorment. Aquest fet genera canvis a l'escala de valors dels consumidors, que ara cerquen productes a millor preu o que aportin un valor afegit. Les conseqüències són diverses: s'accelera la substitució de compra de productes de marca per marques blanques (Fraser, 2010), es premien els formats que permeten estalviar o allargar la vida del producte, i suposa repensar a mitjà termini els processos de producció per estalviar costos i incerteses (especialment en matèria energètica). Al mateix temps, però, la recerca en àmbits tecnològics de retorn incert (biotecnologies, nanotecnologies) pot patir un endarreriment.

El creixement de la classe mitjana als països emergents i en desenvolupament augmentarà la demanda d'aliments processats i proteïnes. Això té conseqüències tant pels canvis en els patrons de consum a nivell global, com per les majors exigències envers els recursos naturals. En aquest últim sentit, pel que fa a la producció de carn, aquesta és particularment exigent en termes d'energia, de cereals i d'aigua. L'augment necessari en el conreu de cereals per nodrir animals i persones (al qual recentment s'ha unit una major explotació agrícola per a l'obtenció de biocombustibles) condueix a una major pressió sobre les àrees cultivables disponibles. El 1880 la població mundial era de 800 milions de persones, com s'ha indicat més amunt, i la superfície ocupada per ciutats o conreus era només el 15% de la superfície total del planeta. En el present, la població mundial és d'uns 6.700 milions de persones i la superfície ocupada per ciutats i conreus és del 70%, mentre que el 30% restant no és cultivable. Les Nacions Unides preveuen que el 2050 al món hi viuran 9.000 milions de persones i que, a més, els propers trenta anys és molt probable que es perdi la desena part de la superfície cultivable per erosió, desertificació i canvi climàtic. Tot plegat podria suposar, a

mitjà termini, un canvi de mentalitat en mercats com l'europeu, fins ara reticents a l'aplicació de tecnologies més productives, com ara les biotecnologies modernes, en l'alimentació (Ramón, 2007). Alhora també pot comportar que es consolidi la tendència emergent cap al millor aprofitament dels residus agrícoles i industrials per al seu ús en el sector alimentari i en altres (sota el concepte de *bio-refinaria*), i dels aliments que es produeixen i no arriben al consum final. En aquest últim cas, el desenvolupament de tecnologies i solucions que allarguen la vida útil del producte també es mostra com un espai amb potencial de futur.

No es pot atribuir l'alça del preu dels aliments el 2008 a l'augment de la demanda, sinó més aviat a altres factors, com ara l'augment del preu dels combustibles, les polítiques comercials i el desenvolupament de mercats financers i fons especulatiu (Sarris, 2010). No obstant això, és evident que caldrà una major productivitat en el sector de l'alimentació en el futur per fer front als requeriments d'aliments.

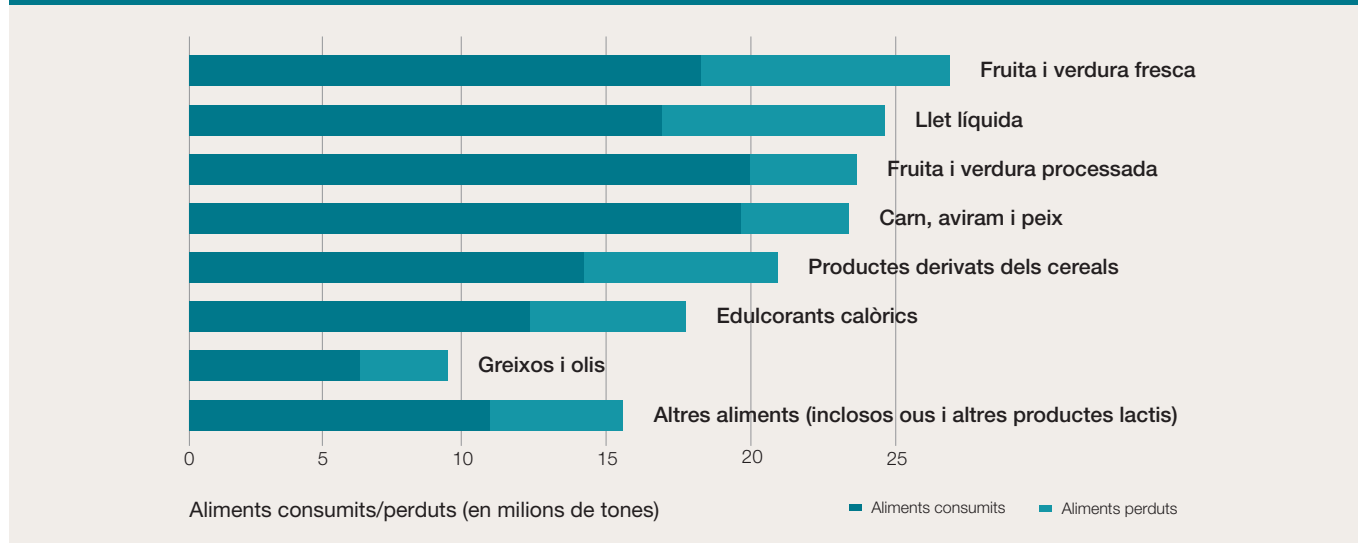
Juntament amb l'alça dels preus en els aliments també es va produir un episodi d'alça de preus dels combustibles, i tot apunta que la demanda energètica continuarà en augment encara que només sigui pel fet que l'Àsia emergent presenta perspectives importants de creixement econòmic i poblacional: es preveu que la demanda mundial d'energia augmenti l'1,5% anual entre el 2007 i el 2030.

En el darrer terç del segle xx, l'ètica deontològica kantiana que es dirigia al comportament individual, es transforma en un nou imperatiu ecològic que s'adreça al comportament públic i social (Jonas, 1979). Per a Jonas la responsabilitat moral contemporània arrenca de la constatació fàctica de la vulnerabilitat de la natura i considera important la dimensió de futur. Les cimeres internacionals sobre canvi climàtic, els períodes d'alça en els preus dels carburants i els aliments, i la nova gestió urbana dels residus són alguns dels factors que en els darrers temps han incidit en una revalorització social de la sostenibilitat.

En aquest sentit, es considera que, tant per a la sostenibilitat ambiental com per a l'econòmica de les empreses, l'eficiència energètica serà un tema destacat de millora en el futur pròxim en el cas de la indústria alimentària, que, en general, és una important consumidora d'aquest recurs. És per això que probablement s'anirà imposant un nou paradigma, en línia amb els objectius de la Comunitat Europea,² que impulsarà un major ús de les energies renovables i el

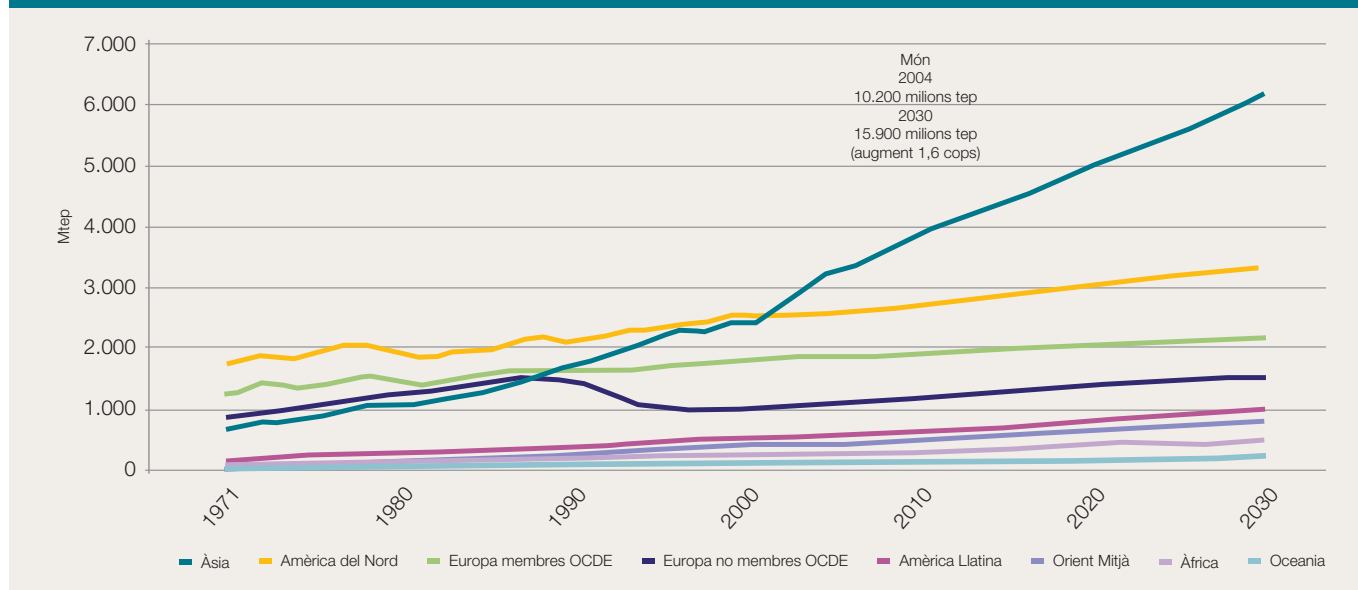
2. La Comunitat Europea estableix per a l'any 2020 reduir, en el conjunt del seu espai, les emissions de CO₂ un 20%, utilitzar el 20% de fonts renovables i augmentar la seva eficiència energètica un 20% (Holm-Nielsen et al., 2009).

Figura 6. Aliments que no es consumeixen sobre la producció total (milions de tones)



Font: Nellemann *et al.* (2009).

Figura 7. Consum energètic mundial per regions (1971-2030)



Font: Komiyama *et al.* (2005).

disseny de sistemes de producció alternatius que reduiran el consum i augmentaran l'eficiència energètica (com ara els processaments no tèrmics). El segon aspecte destacat que afecta la sostenibilitat en què ja es constata un canvi d'orientació per part de la indústria és el que fa referència al *packaging* i la logística (més encara si es té en compte que aproximadament el 70% del consum mundial d'embalatge correspon als aliments i les begudes, i que les previsions són que aquest percentatge augmenti en els propers anys). En aquest sentit, la disminució de la dependència de la indústria

de l'embalatge respecte del petroli és un element desitjable tant des del punt de vista econòmic (amb la perspectiva d'alça indefinida del preu d'aquest recurs), com de sostenibilitat ambiental. Això es tradueix en els esforços tecnològics per a la producció de biopolímers i plàstics reciclats, però també amb innovacions pel que fa a sistemes logístics més eficients. Finalment, el tercer gran àmbit de treball per assolir una major sostenibilitat és el de la menor generació de residus i el seu tractament de revalorització, en línia amb el que s'ha esmentat anteriorment respecte de les biorefineries.

Un mercat en evolució

En contra de la classificació convencional de sector madur, el cert és que l'alimentació i les begudes continuen en canvi constant, fins al punt de poder parlar d'aquesta característica com a tendència de fons. Això és així tant per la transformació continuada dels requeriments del consumidor, pels canvis que es produeixen a la competència internacional, per les necessitats d'adaptació a la regulació nacional i internacional en evolució, com pel potencial d'innovació d'algunes tecnologies emergents.

Figura 8. Vectors de canvi en el mercat de l'alimentació i les begudes



Font: Elaboració pròpia.

Així, en el sector de l'alimentació i les begudes el consumidor cada cop està més fragmentat segons els diferents estils de vida que relacionen els valors de l'individu i la societat amb l'entorn; per exemple, volent compaginar salut i escassetat de temps, o facilitant que la població gran pugui continuar gaudint d'una vida activa plena amb l'adaptació del disseny dels em-

balatges a les seves capacitats visuals, de mobilitat, de menor consum, etc.

El consumidor percep l'entorn com a canviant i específic de cada moment. La urbanització i les dificultats de mobilitat associades, la incorporació de la dona al món del treball i la dificultat per compaginar la vida professional i laboral són alguns dels factors que continuaran transformant els hàbits de compra i consum d'aliments. Alhora, es constata la progressiva incorporació de pautes similars (de vegades més agressives que les existents a l'Occident europeu)³ entre els mercats emergents.

D'una banda, el temps que es dedica a la compra, preparació i consum d'aliments disminueix a gran velocitat; de l'altra, s'evoluciona cap a una individualització i desestructuració del consum, tant en horaris com quant al lloc en què es consumeix (Alimentatec, 2009a). Aquesta és una tendència persistent que es tradueix en el desenvolupament de solucions de conveniència⁴ orientades a cada ocasió de consum i a cada consumidor i que podria impulsar, a més, l'aparició de noves tecnologies per a la preparació d'aliments.⁵

La dificultat per copsar un consumidor cada cop més *camaleònic*, que canvia de comportament en funció de les necessitats de cada moment (funcionals, emocionals, simbòliques...), fa cada cop més difícil la seva segmentació en categories fixes, tal com es feia, i planteja la necessitat d'utilitzar noves tècniques de mercat *no declaratives*,⁶ que tot just es comencen a desenvolupar en l'àmbit de l'alimentació, principalment el neuomàrqueting⁷ i la netnografia⁸ aplicada a les xarxes socials a Internet (fet que comporta noves oportunitats per als serveis i eines de captura, anàlisi i gestió de la informació a la Xarxa) (Aymerich, 2010); i noves tècniques declaratives com el *crowdsourcing*,⁹ fins avui poc emprades a la indústria de l'alimentació.

La crisi econòmica de finals de la dècada també ha comportat un canvi en l'escala de valors del consumidor d'aliments i begudes que suposa que el consumidor es prengui un temps relativament superior en el moment de la compra, que es cuini més a casa (tot i que fàcilment) i que

3. Datamonitor (2009b).

4. El menjar *de conveniència* es refereix generalment al menjar processat en què una part considerable de la preparació ja ha estat duta a terme per part de l'empresa d'alimentació, de tal manera que està dissenyat per ser consumit d'una manera senzilla i ràpida. Alguns exemples de menjar de conveniència poden ser les carns precuinades, el menjar congelat, el menjar enllaunat, els cereals d'esmorzar, etc.

5. Com ara, l'aparició i expansió de nous forns microones més intel·ligents, per exemple amb control de temperatura o sobre l'aliment (Castells, 2010). Aquest fet repercutiria encara més en el desenvolupament del menjar de conveniència.

6. Correspondrien a tècniques en què el consumidor declara sense ser-ne conscient. Es prioritza, en aquest sentit, l'escolta de la conducta sense que hi intervingui la pregunta (*stop asking – start listening*).

7. Disciplina que consisteix en l'aplicació de tècniques de les neurociències per a l'estudi de la conducta del consumidor.

8. Disciplina que s'encarrega d'estudiar el comportament dels usuaris a Internet.

9. L'ús de tecnologies de col·laboració massiva que la web 2.0 permet.

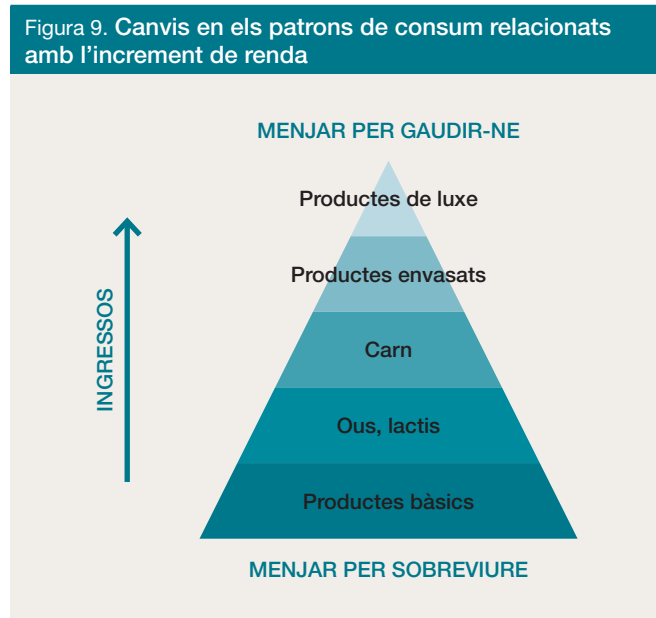
s'acceleri la substitució de compra de productes de marca per marques blanques. Segons Nielsen, aquest darrer fenomen continuarà: les marques blanques van representar el 21% de les compres mundials d'aliments el 2008 i assoliran el 30% el 2015 (Fraser, 2010), amb els majors percentatges que es troben actualment als mercats avançats. A banda de l'atractiu en preus i la seva vinculació amb la crisi econòmica, cal destacar també la millora en la percepció dels productes de marca blanca per part dels consumidors els darrers anys (Flexible Packaging, 2009), així com una major segmentació del consumidor a qui s'adreça la marca blanca. Cal indicar a més que aquesta és una tendència global, tot i que en estadis diferents, com indica el fet que als Estats Units la quota de mercat es trobi lleugerament per sota de l'europea, tot i que amb forts increments anuals (10% el 2008), o que a l'Índia se segueixi igualment aquesta pauta de major presència i segmentació (Datamonitor, 2009a).

Juntament amb la conveniència i la presa de consciència del valor econòmic, l'altre element principal que s'associa a l'alimentació en els inicis del segle XXI és el de la contribució a la salut. Els darrers cinquanta anys, el paradigma de la nutrició ha realitzat grans canvis. Així, després de la Segona Guerra Mundial es considerava important la qualitat proteínica dels aliments. Als anys setanta es posa èmfasi en el total d'energia aportada per l'alimentació diària. Una dècada més tard, es valoritzen els micronutrients i, a principis dels noranta, apareix el concepte de qualitat nutricional de les dietes. No és fins a l'inici del segle XXI que s'estableix un vincle entre estil de vida i alimentació, el qual dóna importància a una nutrició adequada amb l'objectiu d'optimitzar les funcions fisiològiques de cada persona i assegurar el màxim benestar, salut i qualitat de vida al llarg de la seva existència (Garavano, 2006). Fins i tot es parla, amb l'arribada cap al 2020 de la generació del *baby boom* a l'edat de la maduresa, d'un canvi de prioritats des de la salut cap a l'eterna joventut com a valor principal també en l'alimentació (Ballesté, 2010).

En els països avançats, la relació entre una nutrició òptima i la salut apareix com a conseqüència dels nous reptes que sorgeixen de l'augment de l'esperança de vida de la població, els costos d'atenció de la salut, el creixement dels coneixements científics, l'aparició de noves tecnologies i els canvis d'estil de vida. Tanmateix, en els mercats més sofisticats, la tria dels productes per part dels consumidors no només està condicionada pels beneficis directes sobre la salut, sinó també per la relació implícita entre la salut i l'origen de l'aliment, la protecció dels recursos naturals i la tecnologia empra-

da en el processament (Grunert *et al.*, 2003). En aquest sentit, és molt probable que en els propers anys es revaloritzin aquells elements que possibilitin donar una informació més transparent al consumidor, actualment confós i desconfiat (Mariné, 2010; Ballesté, 2010), sobre els efectes dels aliments i el processament en la salut i la protecció ambiental.

Als països emergents, per la seva banda, l'augment de la classe mitjana suposa canvis importants en els hàbits de consum d'aliments que tenen repercussions, per la quantitat de consumidors implicats, sobre l'alimentació mundial. Com més poder adquisitiu tenen els consumidors, més carn i proteïnes inclouen en la seva dieta, així com una varietat més elevada de productes que ofereixen conveniència i beneficis per a la salut.



Font: Farm Credit Canada (2009).

Tot i així, malgrat els patrons de consum comuns entre diferents regions mundials, cal tenir present també que en cada mercat destaquen unes categories de productes amb creixements elevats per sobre d'altres, tal com mostra la figura 10.

En definitiva, però, principalment el que tothom vol és menjar aliments que compleixin les normes de seguretat alimentària i tinguin bon gust. Per això, la demanda creixent d'aliments mínimament processats que siguin segurs, que conservin les característiques nutritives i organolèptiques i que siguin fàcils de preparar pels consumidors, són els factors principals per part de la demanda

Figura 10. Categories d'aliments amb major creixement segons la regió mundial

Europa Índex de creixement per categoria	Amèrica del Nord Índex de creixement per categoria	Àsia Pacífic Índex de creixement per categoria	EEMEA* Índex de creixement per categoria	Amèrica Llatina Índex de creixement per categoria
Sopa-congelats 25%	Begudes energètiques/esportives 52%	Herbes/espècies 33%	Patates fregides/aperitius (fets de cereals) 137%	Begudes envasades 75%
Begudes energètiques/esportives 24%	Ous 28%	Greixos/olis per cuinar 29%	Begudes energètiques/esportives 66%	Aliments frescos en porcions petites 33%
Fruita-congelats 15%	Begudes envasades 20%	Fruita variada/fruits secs/llavors 28%	Begudes envasades 58%	Verdura - congelats 33%
Suc de fruita/verdura - congelats 13%	Lactis/begudes substituïdes dels lactis 11%	Begudes probiòtiques 28%	Infusions de fruites/herbes 45%	Mantega/substituïda mantega 32%
Ous 12%	Aigua 10%	Patates fregides/aperitius (fets de verdura) 25%	Salses 42%	Patés dolços 29%

Font: Farm Credit Canada (2009).
*Europa de l'Est, Orient Mitjà i Àfrica

que dibuixen les línies de la innovació tecnològica en la indústria alimentària a nivell global (Martínez de Marañón *et al.*, 2006).

La sensibilitat del consumidor respecte a temes vinculats amb la seguretat i la qualitat en l'alimentació, així com en relació amb els nous aliments i el medi ambient, continuarà orientant el desenvolupament de la normativa legal tant local com internacional, alhora que sembla que s'intensifica també la vigilància del seu compliment per part de les autoritats públiques en els diferents mercats internacionals. L'adaptació del processament i l'etiquetatge a la normativa és una constant que influeix sobre les solucions tecnològiques i, de fet, el mateix desenvolupament tecnològic està molt lligat a les regulacions existents, com ho testimonien les diferències en l'aplicació de les biotecnologies, les nanotecnologies o les tecnologies de tractament de residus en els diferents mercats internacionals. La globalització del sector probablement impulsarà la creació de marcs comuns entre diferents regions del planeta referents als aliments, com el que s'ha creat recentment a partir de l'entesa dels països de la Unió Europea amb els de l'ASEAN al Sud-est asiàtic, a través de l'OMS i la FAO, en relació amb les declaracions de propietats saludables, la classificació dels aliments i suplementos, l'etiquetatge, els additius, la seguretat alimentària i les bones pràctiques de fabricació (Farm Credit Canada, 2009).

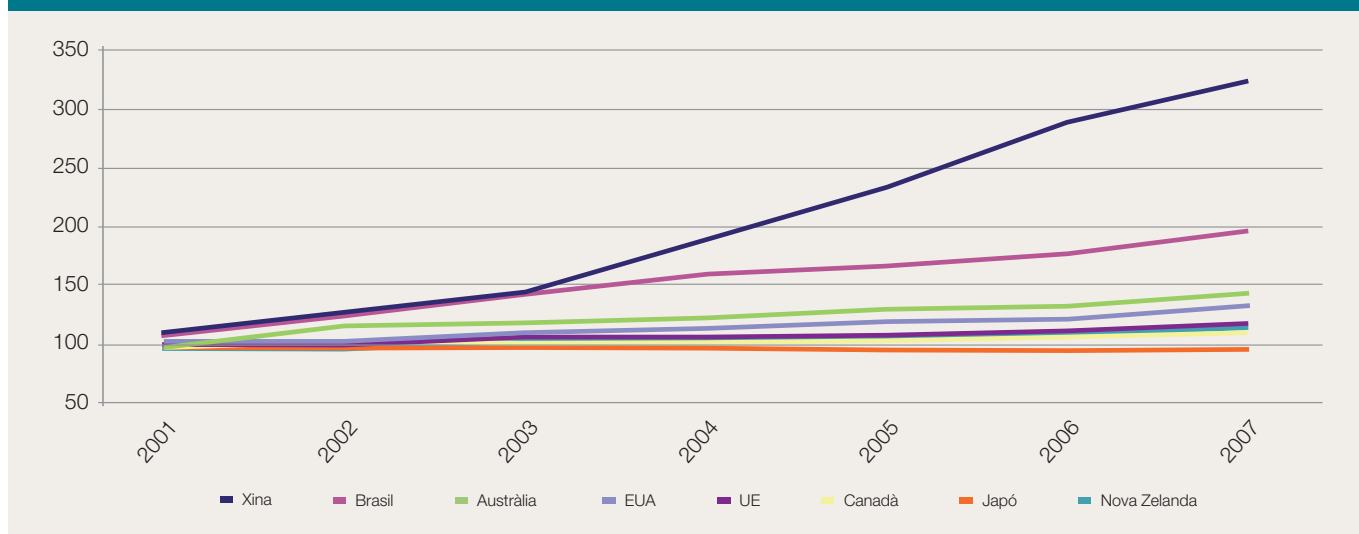
El sector de l'alimentació i les begudes es troba igualment en un procés de transformació que es pot associar

a l'aparició de nous competidors a nivell global. Així, en el període 2001-2007, alguns mercats emergents han experimentat una considerable expansió en termes de facturació de la indústria alimentària, destacant entre aquests la Xina (creixement del 178%) i el Brasil (68%), mentre que la progressió ha estat del 15% en el cas europeu.

Tot i que la Unió Europea en conjunt és el principal exportador i importador d'aliments i begudes del món (excloent el comerç intracomunitari), la seva participació en les exportacions internacionals ha disminuït progressivament (del 24,6% el 1998 al 17,5% el 2008). Això és degut principalment a la competència del Brasil i la Xina i, més recentment, a la importància creixent de les exportacions del Sud-est asiàtic, com ara les de Malàisia i Indonèsia (CIAA, 2010).

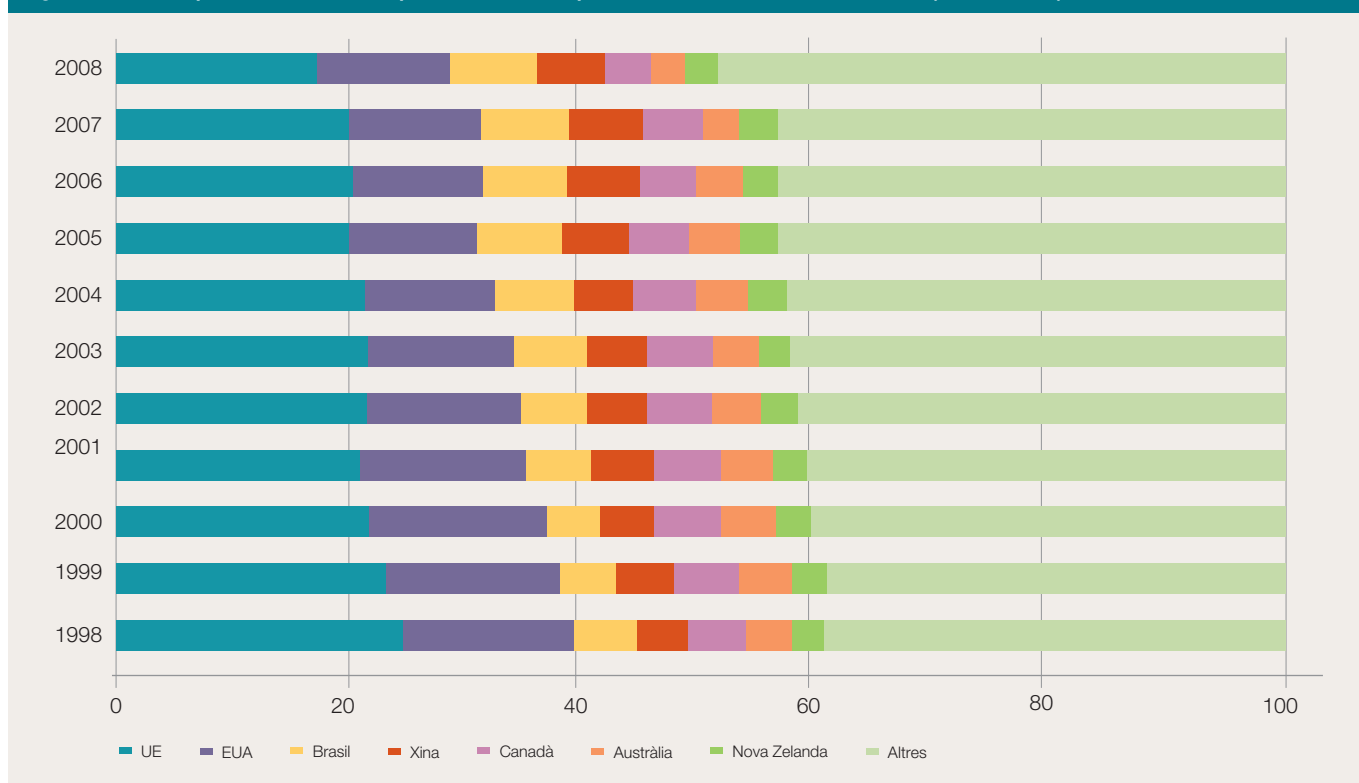
En general, la despesa en R+D de la indústria de l'alimentació i les begudes a la UE-15, mesurada en relació amb la producció, és menor a la de la resta dels països avançats (incloent el Japó, els Estats Units, Austràlia i Corea del Sud). La intensitat de R+D sobre les vendes (que indica en quina mesura els productes incorporen innovació) de les principals empreses mundials del sector també és menor en el conjunt de la UE respecte a la resta del món. A més, en relació amb algunes tecnologies de futur amb impacte global, com són les biotecnologies, les nanotecnologies i les aplicacions de TIC ubiqües, no existeix actualment un marc favorable perquè puguin ser acceptades pels consumidors europeus,

Figura 11. Evolució de la facturació en la indústria alimentària en diversos països (2001=100)



Font: CIAA (2009).

Figura 12. Participació de diversos països en les exportacions mundials d'aliments (% del total)

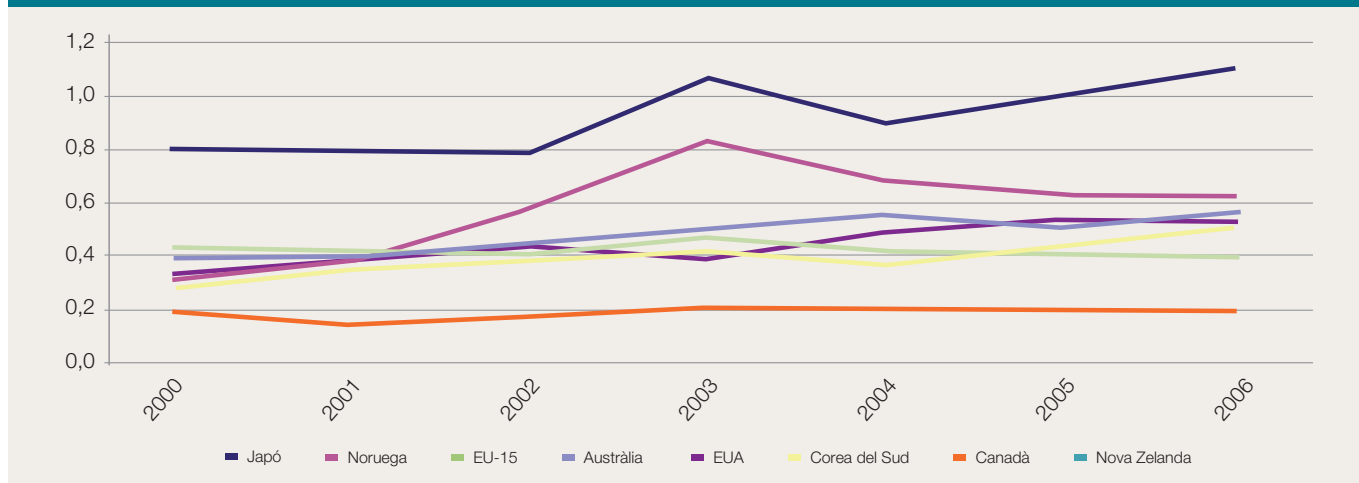


Font: CIAA (2009).

tot i que s'aprecia darrerament un canvi de tendència. Per contra, les tecnologies netes aplicades a la indústria de l'alimentació sí que compten amb un context més favorable a nivell europeu i respecte d'altres mercats internacionals.

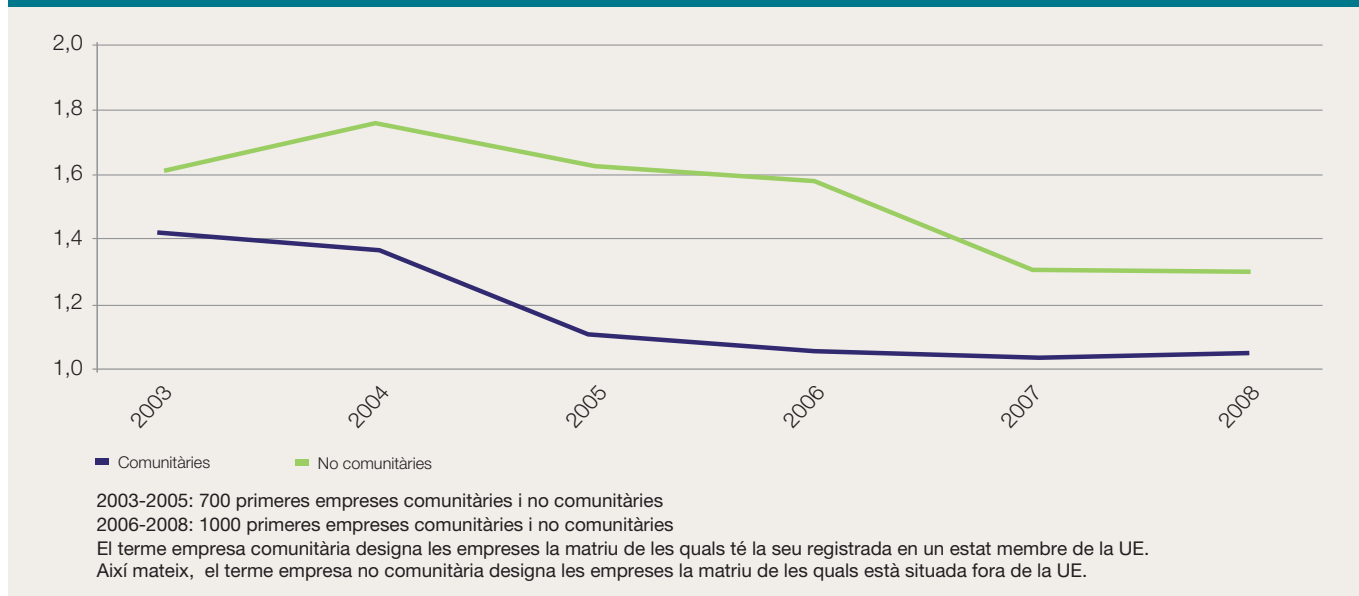
Les tendències en facturació, exportació i R+D, unides a la dinàmica poblacional i econòmica més favorable a altres regions emergents, podrien assenyalar una pèrdua de competitivitat i presència internacional a mitjà termini per part de la indústria alimentària europea.

Figura 13. R+D de la indústria alimentària en diversos països com a percentatge de la producció



Font: CIAA (2009).

Figura 14. Intensitat de R+D a la indústria alimentària de la UE i la resta del món respecte a les vendes netes (%)



Font: CIAA (2009).

1.2 Mapa global d'oportunitats en les tecnologies dels aliments¹⁰

Les oportunitats de negoci en les tecnologies de l'alimentació a nivell internacional s'estenen pràcticament per totes les regions mundials i en un ampli ventall de camps. La internacionalització de les empreses de base tecnològica i centres de recerca relacionats amb els aliments és un aspecte que prendrà cada cop més rellevància des del

punt de vista de la diversificació i l'augment de negoci i de les capacitats d'innovació.

Així, a la regió del sud i de l'est de la Mediterrània, el sector de la transformació d'aliments es troba en la majoria dels països en un procés intens d'actualització tecnològica per tal d'adaptar-se als canvis en els hàbits de consum locals i als estàndards de qualitat i higiene europeus. Per això, en els propers anys continuarà existint una demanda d'asses-

10. Aquest punt es troba desenvolupat amb major detall en el Mapa d'Oportunitats OME d'ACC1Ó (OME, 2010b).

sorament, enginyeria, maquinària i formació en producció, embalatge (etiquetatge, nous condicionaments) i cadena logística (cadena de fred, equips de transport condicionat), i per a l'obtenció de la certificació de les normes comunitàries. Les perspectives de millora de la renda i augment de la població jove en aquesta regió fan preveure que continuarà el creixement del sector els propers anys.

A l'Orient Mitjà, Israel és un dels líders mundials en recerca i innovació aplicada a l'agricultura i és un exportador rellevant d'agrotecnologia a la regió, per la qual cosa pot resultar interessant establir acords de col·laboració amb empreses i institucions locals. A l'Àrab Saudita i els Emirats Àrabs, el desenvolupament de la indústria local de processament d'aliments i begudes, i les facilitats financeres per a l'adquisició de maquinària, podrien significar oportunitats d'exportació de tecnologia i coneixement relacionats, especialment en processament de carn, productes lactis, suc de fruita i pastisseria. A l'Iran, a causa de les mancances en el desenvolupament de l'agroindústria local, les oportunitats es poden trobar en la millora del processament d'aliments de qualitat per a la classe benestant.

A l'Àfrica subsahariana, l'augment progressiu de la renda *per capita* i l'ampliació de la classe mitjana a mitjà termini podria generar una demanda potencial de productes d'alta gamma (transformació de lactis, carnis, etc.). Alguns subsectors alimentaris presenten oportunitats potencials derivades del seu procés de transformació interna. En concret, en el sector lacti és previsible que s'incrementi la demanda de formació, equipaments i ingredients. També es preveu que el desenvolupament del processament, l'envasament i la cadena de fred locals necessitarà maquinària, requeriments tecnològics i *know how*. Finalment, el continent africà continua presentant reptes i oportunitats al voltant de la desnutrició. Les oportunitats es troben a fer assequibles productes on el vector d'alimentació es combini amb la nutrició i la seguretat alimentària; en aquest sentit, són importants les aliances amb centres tecnològics i de nutrició i amb el sector farmacèutic.

A l'Amèrica Llatina, els canvis demogràfics, les noves preferències dels consumidors i l'augment de renda al Brasil estan canviant els hàbits alimentaris, i presenten oportunitats per a les empreses catalanes. La tecnologia i la innovació, tant en matèria genètica com nutricional i de producció, són factors clau de competitivitat dels sectors boví i avícola en el futur: el Brasil disposa d'un alt grau de desenvolupament tecnològic en el sector boví, i les empreses avícoles d'aquest país han començat a agregar valor al pollastre, principalment en la genètica, que està majoritàriament desenvolupada per part

d'empreses estrangeres. Malgrat la seva llarga tradició, el sector boví a l'Argentina encara presenta oportunitats atesa l'escassa incorporació tecnològica en el processament, la manca de R+D que possibiliti una producció diferenciada, els marges de millora en l'ús de tecnologies de cria, les limitacions en capacitació per completar tasques de sanitat i traçabilitat del producte, i els procediments insuficients en el tractament d'efluents i residus. Mèxic s'ha constituït com a base per a la producció i exportació cap als Estats Units, per la qual cosa requereix tecnologies adequades al nivell de renda i seguretat del veí del nord. Finalment, arran dels esforços dels últims anys de modernització, qualitat i seguretat del sector agroalimentari en tota la regió, en general s'observen oportunitats concretes en envasos, sistemes d'empaquetament, enllaunament, contenidors i congeladors.

A l'Àsia emergent, Malàisia s'està posicionant com a centre de transformació d'aliments per al Sud-est asiàtic, amb destinació als mercats de Tailàndia, Indonèsia i Singapur. El sector del *packaging* podria acompanyar el creixement en el sector del processament d'aliments. Tailàndia, per la seva banda, és un important productor d'aliments processats i existeix una tendència creixent a la importació de maquinària i tecnologia per a la indústria alimentària (la carn i l'aviram, els lactis, els productes del mar, les fruites i els vegetals) orientats a la millora de l'eficiència, la producció, la seguretat i la higiene. Les autoritats del Vietnam consideren el sector agroalimentari com un dels estratègics, amb necessitats de millora dels estàndards de qualitat i salubritat dels aliments i d'incrementar la tecnificació en els diversos subsectors. Per això, la demanda de tecnologia i maquinària podria augmentar a curt termini com a conseqüència de l'equipament obsolet i amb poc manteniment. A Indonèsia, el segment dels aliments processats es considera un dels que té un major potencial. Finalment, pel que fa als dos gegants asiàtics, la Xina i l'Índia, els aliments de qualitat i els productes *gourmet* són els que compten amb major potencial de creixement, amb la millora de la renda i l'augment de la classe mitjana. A l'Índia existeixen també oportunitats de proveir maquinària per a la indústria del processament i empaquetadores.

A l'Àsia avançada, el mercat sud-coreà és exigent en qualitat i seguretat, alhora que es preveu la diversificació de productes amb nous gustos i el desenvolupament de la indústria local de productes *gourmet*, encara en fase inicial, mentre que el mercat japonès d'alimentació i begudes és molt madur, amb una forta competència i creixement moderat. El consumidor japonès està força influenciat per l'estil de vida occidental i té molt en compte la traçabilitat i la seguretat dels productes d'alimentació. Les oportunitats es poden trobar en el processament de productes

que es puguin associar a salut i l'ús d'ingredients naturals (en comptes d'additius i conservants), matèria primera lliure d'antibiòtics, i productes *gourmet* amb envasament de disseny. Recentment, s'evidencia la tendència de les empreses japoneses a associar-se amb empreses estrangeres que les puguin proveir de productes finals o tecnologia.

Pel que fa a la resta dels països avançats, els Estats Units valoren especialment el menjar nutritiu i d'alta qualitat, els aliments lliures de gluten i els que afavoreixen la dieta. El consum de menjar *gourmet* també s'ha estès en amplis segments de població la darrera dècada, tot i que la crisi financera ha minorat aquesta tendència. Un altre segment que continuarà presentant oportunitats als Estats Units és el del menjar de conveniència, com ara els aliments preempaquetats, amb valor agregat, fàcils de preparar i d'estil casolà, amb gust superior, etc.

A Alemanya, al seu torn, també es dona una tendència creixent a la demanda de productes preempaquetats i amb valor agregat, com ara paquets atractius o de petites quantitats. El consumidor alemany espera alts nivells de qualitat i té una forta conscienciació envers els productes orgànics i amb poca manipulació.

La indústria agroalimentària francesa es troba entre les líders en innovació, tecnologia, R+D i qualitat. Els darrers anys s'ha produït una modificació en les preferències i hàbits dels consumidors francesos, cada cop més conscients de la salut i més exigents quant a la qualitat i traçabilitat dels productes. Alhora, la creixent preferència dels joves francesos pel menjar de conveniència i les altes taxes de natalitat dels darrers anys estan incrementant el segment dels productes processats congelats i el menjar per a nadons.

La indústria agroalimentària britànica es veu cada cop més abocada a reformular la composició dels seus productes davant les tendències del mercat i les recomanacions del govern, pel que fa als continguts en sucre, sal i greixos. Al Regne Unit s'evidencia una tendència cap a una alimentació més equilibrada en el seu conjunt. S'ha produït una disminució de la demanda de menjar preparat considerat de poc valor afegit i un augment de la demanda d'ingredients per cuinar a casa, així com noves oportunitats d'innovació de productes i creació de noves marques «baixos en...» i de productes reforçats (iogurts probiòtics, llet amb olis omega, etc.). L'avenç dels productes naturals i biològics, tot i que s'ha vist frenat per la crisi i la caiguda de poder adquisitiu dels consumidors, es preveu que vagi adquirint major importància.

Finalment, la República Txeca, Polònia i Rússia són els tres mercats de més interès tecnològic de la indústria agroalimentària d'Europa de l'Est. Destaca la maduresa del sector txec d'aliments i begudes, on operen empreses locals ben posicionades i amb nivells de competència nacional i estrangera elevats. En aquest país, i en especial en els subsectors carni, lacti i de begudes, el nivell tecnològic ha augmentat considerablement els darrers anys, la qual cosa ha afavorit l'increment de la productivitat i la rendibilitat. La inversió en tecnologia i innovació es podria adreçar, els propers anys, principalment cap a la diversificació de productes i serveis que donin resposta a les noves necessitats del consumidor txec, així com cap al compliment de la legislació mediambiental. D'altra banda, a Polònia les empreses locals podrien requerir un augment del nivell tecnològic, tant en els processos interns (millora de la logística, reducció de costos i increment de la consciència ambiental) com en l'oferta de productes d'alimentació i begudes: millora de la qualitat i seguretat, millora de la presentació, incorporació de noves matèries primeres i desenvolupament de nous productes (aliments funcionals o per grups de població específics). Finalment, la indústria del processament d'aliments a Rússia es troba entre les més dinàmiques del país. Els darrers temps havia invertit en millora de la tecnologia (maquinària), en gran part d'importació, i en un reconeixement més gran del valor de les marques.

1.3 Eixos d'innovació a la indústria alimentària

Les tendències de fons i les crisis de principis de segle reconfiguren l'escenari de futur en la indústria de l'alimentació i les begudes a partir de quatre grans eixos d'innovació o requeriments als quals donar solució: la salut, el plaer, la qualitat/seguretat i la sostenibilitat (econòmica i ambiental), que hauran d'orientar el desenvolupament tecnològic d'aquesta indústria els propers anys:

- Salut
- Plaer
- Qualitat i seguretat
- Sostenibilitat (tant econòmica com ambiental)

Eix Salut

Els consumidors cada vegada tendeixen més a buscar productes que siguin més saludables, que millorin el benestar i «allarguin la vida», fent que la salut sigui una de les principals directrius en el sector de l'alimentació del futur, especialment si es té en compte la tendència demogràfi-

ca, com ja s'ha vist. El tipus d'aliments que es consumeix pot jugar un paper beneficiós o perjudicial per a la salut; per això és important conèixer la relació existent entre dieta i salut. A manera d'exemple, se sap que aquesta relació té una gran influència en les malalties associades amb l'envelliment i també entre l'alimentació «primerenca» i la posterior susceptibilitat a malalties. Cada vegada són més freqüents les al·lèrgies produïdes pels aliments, l'obesitat i les malalties cardiovasculars. Es preveu que el 2030 hi haurà 80 milions de persones a l'Índia amb diabetis de tipus 2. L'OMS relaciona l'obesitat amb l'alta pressió arterial i la diabetis de tipus 2, i adverteix que el 80% de les morts prematures podrien evitar-se amb una bona alimentació. També preveu que d'aquí a cinc anys, 700 milions d'adults seran obesos (CIAA, 2005; Farm Credit Canada, 2009). D'altra banda, els costos sanitaris estan augmentant com a conseqüència de l'aplicació de nous tractaments, l'envelliment de la població i la població malalta (VTT, 2009), essent una altra de les raons per prevenir la salut a través de l'alimentació.

Europa disposa d'un mercat d'aliments saludables força desenvolupat. El seu potencial de futur és encara elevat, i no només en el cas del mercat intern, sinó també per abordar nous mercats internacionals en procés d'envelliment.

Una categoria diferenciada dins aquest eix la constitueix la que té a veure amb els productes energètics i de benestar i els que tenen a veure amb la millora de la presència física (dietètics, cosmètics...), i que es relacionen igualment amb l'eix de plaer.

Eix Plaer

Aquest eix inclou els productes relacionats amb la satisfacció personal en l'experiència de l'alimentació, com ara la tendència a la sofisticació, la varietat de sentits i l'exotisme, i continua projectant-se com un dels eixos més populars tot i els efectes de la crisi internacional sobre la renda del consumidor (CIAA, 2010). Aquest eix també té a veure amb la creixent importància del menjar de conveniència com a conseqüència de la urbanització a nivell mundial i dels canvis en els estils de vida dels consumidors, que generen una demanda de productes fàcils i ràpids d'obrir, preparar i menjar. Cada vegada hi ha més consumidors que mengen sols a casa (gent gran i solters), i amb poc temps o coneixements per cuinar.

Es calcula que els mercats de conveniència europeu i americà junts poden suposar al voltant de 350.000 mili-

ons de dòlars de facturació anual en l'actualitat, i la taxa anual de creixement podria situar-se al voltant del 3% a Europa i del 2% als Estats Units els propers anys. A les regions emergents el creixement s'espera que sigui fins i tot superior (VTT, 2009).

Una altra tendència que podria associar-se a l'eix plaer és el de la cerca de solucions personalitzades a cada individu, que siguin saludables i aportin els sabors que un desitja a la vegada que es tenen en compte els valors ètics, culturals i mediambientals de cadascú. Per exemple, en cas que una persona hagi de seguir una dieta específica, aquesta podria ser molt més fàcil de seguir si està dissenyada en funció dels gustos i preferències de consum, així com de les necessitats nutritives que té (VTT, 2009).

Eix Qualitat i Seguretat

La globalització de la cadena alimentària fa més complex poder gestionar la seguretat alimentària entre mercats. L'augment de la classe mitjana a nivell global també augmenta l'exigència en el compliment de majors estàndards. L'augment de les exigències quant a una bona qualitat i seguretat alimentària està provocant el desenvolupament de més recerca i innovació en aquesta àrea.

Gairebé tots els aliments estan en risc de deteriorament microbià, i la globalització de la cadena alimentària no fa sinó augmentar aquest risc. Darrerament s'està prestant especial atenció a la traçabilitat, per tal de recuperar la història d'un aliment, la seva utilització i localització mitjançant codis registrats (origens dels ingredients, condicions del producte al llarg de tota la cadena alimentària, informació ràpida del producte en cas de retirada del mercat i instruccions de preparació específica per a l'usuari). L'èxit de les aplicacions desenvolupades per tal de conèixer la traçabilitat dels productes alimentaris i les begudes necessita la col·laboració de tots els sectors associats a la cadena alimentària, incloent producció, gestió de la producció, processament, envasament, emmagatzematge, distribució i màrqueting dels productes alimentaris i begudes (Heldman, 2009).

Eix Sostenibilitat

La crisi econòmica i de recursos de principis de segle suposa un canvi en els valors dels consumidors. Ja s'ha dit que la crisi econòmica suposa que el consumidor es prengui un temps relativament superior en el moment de la compra o que guanyi una major reputació la marca blanca, amb les conseqüències que aquests canvis te-

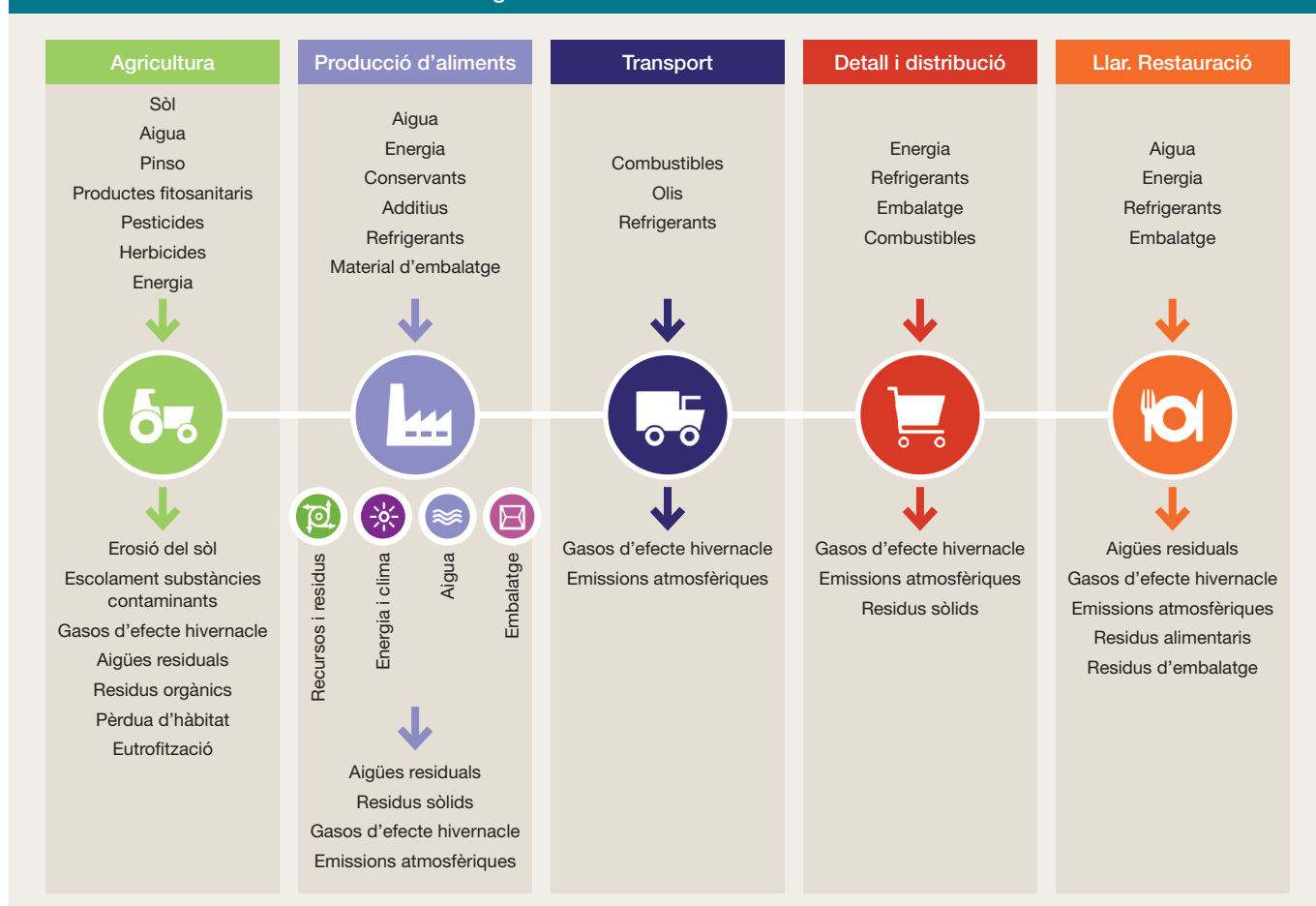
nen també per a la innovació en aquests productes. Però també per a les empreses: aquestes han d'adaptar els seus processos i la reformulació dels aliments per tal de ser més competitives en costos en un context en què el preu final és un valor per al consumidor.

D'altra banda, les iniciatives de sostenibilitat ambiental guanyen més popularitat (sempre que no es renunciï als nivells de plaer i conveniència actuals), la qual cosa es reflecteix també en la necessitat de major transparència en la informació del producte respecte del seu origen, el seu tractament, l'empremta de carboni, la utilització dels recursos, les pràctiques ètiques, etc. Les etiquetes comercials poden transmetre una part d'aquesta informació de forma més clara, però s'hi afegeix l'ús de les tecnologies de la informació i la comunicació ubiqües, que completen les possibilitats d'informació del consumidor que l'etiqueta no pot cobrir.

La sostenibilitat ambiental conté beneficis inherents per a la indústria de l'alimentació i les begudes, tant per garantir la disponibilitat i la qualitat de la matèria primera que possibiliti la prosperitat del sector a llarg termini com per millorar la competitivitat de la indústria mitjançant la reducció en l'ús de recursos i en costos. Aquest darrer aspecte és clau en el context de crisi econòmica que afecta tant l'empresa com el consumidor, que demana més valor a menor cost, i l'emergència de nous competidors a nivell internacional, com s'ha esmentat anteriorment.

Per això, les sostenibilitats ambiental i econòmica en la indústria de l'alimentació i les begudes van cada cop més de la mà i suposaran una important font d'innovació i de competitivitat els propers anys, amb possibilitats de millora al llarg de tot el cicle de vida.

Taula 2. El cicle de vida dels aliments i les begudes i la sostenibilitat ambiental



Font: CIAA (2008).

2. Oportunitats en les tecnologies dels ingredients alimentaris¹¹

La salut, el plaer i la sostenibilitat econòmica es presenten com els grans eixos d'innovació per als propers anys, i obren noves perspectives de desenvolupament de nous ingredients i la reformulació dels existents.

A mesura que es fa més evident la connexió entre dieta, estil de vida i salut, els consumidors incorporen pràctiques més saludables en la seva alimentació diària. Així, mantenir o millorar la salut s'ha convertit en un tema de gran importància per al 70% dels consumidors nord-americans i brasilers, el 75% dels d'Àsia-Pacífic i més de les dues tercers parts dels europeus (Datamonitor, 2009c i 2009d). Com a conseqüència d'això, es disposa en el mercat d'una gran varietat d'aliments i begudes amb característiques especials pel que fa als ingredients: des d'aliments «sense», dels quals s'extreu algun nutrient per evitar un efecte no desitjat, fins a aliments «amb», en què s'afegeixen nutrients amb la finalitat de produir algun efecte saludable per al nostre organisme (aliments *better for you*), passant per la modificació o la substitució dels ingredients convencionals.

Els canvis en els hàbits dels consumidors han comportat, per exemple, que cada cop es doni una major importància als productes amb un baix contingut de sal en relació amb fa alguns anys, una tendència que s'estén als mercats emergents. De manera similar, un estudi de Datamonitor (2009e) en referència al consum amb contingut de sucres a França, Alemanya, Itàlia, Espanya i el Regne Unit, assenyala que més del 40% dels enquestats afirmava que els aliments amb reclams de baix contingut o sense sucres tenen una alta o molt alta influència a l'hora d'escollir els productes i begudes alimentaris. Els productes que indiquen la seva relació favorable amb la salut digestiva i cardiovascular o el sistema immunitari, o que han estat fortificats amb vitamines i minerals, també han rebut una especial consideració per part de productors i consumidors els darrers temps (VTT, 2009).

Taula 3. Nombre de reclams publicitaris de productes favorables llançats al mercat mundial dels aliments i begudes des de l'any 2005

Reclam	Productes llançats al mercat
Salut digestiva	2.861
Salut cardiovascular	1.089
Sistema immunitari	807
Fortificants a base de vitamines/minerals	692
Salut òssia	456
Menys colesterol	426
Calci	321
Fibra	314
Cervell i sistema nerviós	308
Bellesa	206

Font: VTT (2009).

A banda del reclam per atraure l'atenció del públic, cal tenir en compte que els consumidors cada vegada donen més valor a l'accés a la informació (a través de l'etiqueta i, en forma creixent, mitjançant l'ús de les TIC) sobre les modificacions introduïdes en la composició dels aliments.

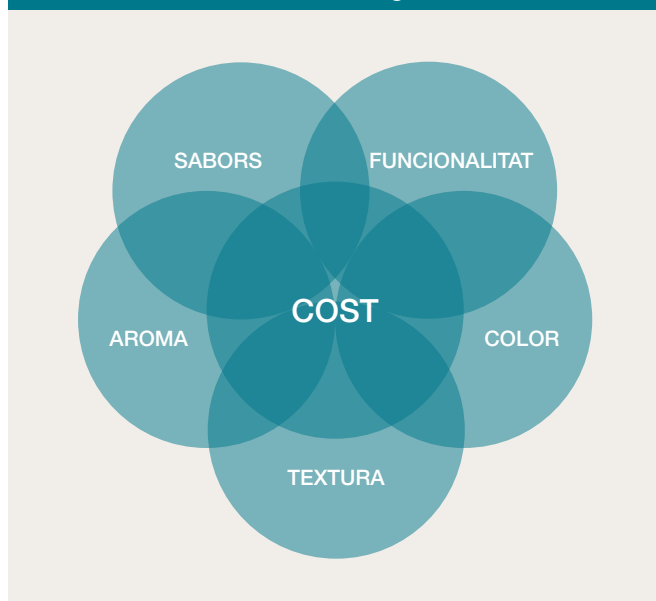
Però no són els consumidors els únics agents interessats en la composició dels ingredients alimentaris; també ho són, en forma creixent, els agents públics i les mateixes empreses del sector. Pel que fa als reguladors públics, aquests cada cop estan més sensibilitzats sobre la contribució dels aliments a la salut pública, com una mesura que possibilita millorar el benestar de la població i reduir la despesa sanitària creixent com a conseqüència, entre d'altres, de l'envelliment de la població en molts països, de la globalització de la cadena d'alimentació (amb els reptes de monitoratge de seguretat i qualitat alimentària

11. Per la seva importància a la indústria agroalimentària, dins els ingredients cal destacar els additius alimentaris pel seu paper a l'hora de d'assegurar les qualitats i característiques nutritives i de seguretat dels aliments. Al nivell europeu i en funció de la seva finalitat es poden classificar en dos grans grups: els que s'utilitzen per mantenir la frescor i impedir el deteriorament dels aliments, i els que n'augmenten o potencien les qualitats sensorials. No obstant això, en aquest estudi es tracten els additius sota el nom genèric d'ingredients.

que implica) i de l'aparició de malalties relacionades amb la mala alimentació o amb la desnutrició en altres casos. Les aprovacions de nous ingredients basant-se en el Reglament europeu 258/97 sobre *novel food*¹² i la possibilitat d'incorporar noves fórmules en productes alimentaris i begudes, sobretot en aliments funcionals,¹³ són alguns dels aspectes regulatoris que condicionaran el futur de les tecnologies dels ingredients en el mercat europeu.

Finalment, de forma creixent, l'anàlisi crítica de la formulació dels aliments esdevé també una oportunitat per a l'empresa per reduir costos de formulació i augmentar el marge de benefici del producte (Hazen, 2009). S'ha de tenir en compte, però, que quan es reformula la composició d'un producte ja existent, en general cal conservar-ne el sabor, color, textura, aroma i funcionalitat per tal que els consumidors no apreïin els canvis (a no ser que sigui per millorar alguna d'aquestes propietats), cosa que implica conèixer la interacció entre aquests elements.

Figura 15. Interacció de les propietats que intervenen en la formulació de l'aliment o beguda



Font: Elaboració pròpia.

A continuació es detallen alguns dels principals aspectes associats a les tecnologies dels ingredients i les seves propietats amb major potencial de negoci.

2.1 Tendències i tecnologies associades als sabors i aromes

El sabor és la impressió que causa un aliment o substància, i està determinat per sensacions químiques detectades pel gust i l'olfacte. Es tracta d'un atribut propi de l'aliment que dóna valor als productes elaborats pel fabricant i que determina en gran part la diferenciació competitiva i les possibilitats d'èxit comercial.

En general, la innovació en aquest àmbit està orientada pel comportament dels consumidors. En primer lloc, la crisi econòmica i la consolidació de la tendència *low cost* afavoreixen el consum de productes més econòmics, fet que està incentivant la reformulació d'aliments i begudes convencionals. En segon lloc, l'eix d'innovació en relació amb el plaer (sofisticació, exotisme, varietat de sensacions), com s'ha vist en el capítol anterior, premia els fabricants que ofereixen productes que es diferencien pel seu valor afegit: que canviïn l'estat d'ànim, productes energètics o relaxants, noves experiències, etc.

Finalment, continua destacant també l'eix de salut en la innovació en la formulació d'ingredients i, en aquest sentit, cal no descuidar la importància de la percepció a l'hora del consum de productes beneficiosos per a l'organisme. L'aroma i el gust contribueixen a reforçar l'estat d'ànim i els beneficis físics aportats per l'aliment (Decker, 2009). Per exemple, els aliments amb menys sal, sucres o greixos acostumen a ser deficitaris de sabor i, per tant, presenten oportunitats per al desenvolupament de noves tecnologies que ajudin a fer ressaltar aquest atribut. Igualment, l'envelliment de la població obre la possibilitat de noves solucions per preservar i restaurar el plaer de menjar entre la gent gran.

En la reformulació dels aliments, alguns autors assenyalen que no sempre és una bona solució replicar el sabor i aroma dels ingredients tradicionals, a causa de l'exposició dels últims temps a nous sabors (French, 2009). Tanmateix, la xocolata i la vainilla continuen sent, a nivell global, els principals gustos utilitzats en el llançament de nous productes i, entre els vint més populars es poden trobar altres clàssics de tota la vida com la maduixa, la taronja, la llimona, la crema i el caramel (Business Insights, 2009). A més, cal tenir en compte també que, concretament en relació amb l'eix de salut, aproximadament el 80% dels enquestats per Research and Market (2008) continua indicant els sabors derivats d'ingredients naturals com l'aspecte de la salut més valorat.

12. *Novel food* ('nous aliments') és qualsevol aliment o ingredient alimentari que no s'hagi utilitzat de manera important per al consum humà en la Comunitat Europea fins al 15 de maig de 1997.

13. Aliments funcionals són aquells aliments amb funcions específiques per millorar la salut i reduir el risc de contraure malalties, independentment del seu valor nutritiu.

Pel que fa a les tecnologies aplicades als sabors, un dels darrers avenços són els sistemes d'identificació que poden permetre obtenir aliments i begudes amb gust millorat. Aquestes tecnologies mesuren la resposta cel·lular a determinats estímuls i estudien les interaccions entre les cinc modalitats de sabors (dolç, salat, amarg, agre i umami)¹⁴ per descobrir productes que modifiquin el gust dels aliments, com ara edulcorants, bloquejadors del gust amarg, potenciadors de sabors com per exemple el salat, etc. A partir d'aquí, es podrien desenvolupar sistemes de sabors que continguin aquests productes en funció de les necessitats específiques de cada client (Hills, 2008).

A més dels sistemes d'identificació, en les tecnologies aplicades al sabor destaca també el potencial dels sistemes per millorar la retenció o alliberament de determinats sabors a través de l'encapsulació, així com les noves aplicacions de la nanotecnologia per tal de reduir les quantitats d'additius potenciadors del sabor (Robinson i Morrisson, 2009). D'aquestes tecnologies se'n parla novament en el capítol corresponent a les nanotecnologies en aquest paper.

2.2 Tendències i tecnologies associades a la texturització

La textura defineix la qualitat o harmonia entre les sensacions dels aliments. Per proporcionar textura, consistència i estabilitat es poden addicionar agents (espessidors i gelificants, emulsionants, fosfats...) que n'estabilitzin les característiques i els donin l'aparença d'acabats de preparar en el moment del consum. La qualitat i l'acceptabilitat dels aliments estan àmpliament influenciades per les característiques de textures que resultin familiars per als consumidors, ja siguin d'una gastronomia pròpiament local o internacional (Pszczola, 2009).

Els darrers anys la importància de la textura en el desenvolupament de productes queda reflectida en el creixent nombre d'empreses d'ingredients que han creat *centres de textures*. Tot i així, aquesta àrea continua sent un territori poc explorat en l'àmbit de la formulació d'aliments, amb potencial per a la recerca i el desenvolupament de nous productes i atributs que marquin la diferenciació en el mercat.

Les principals línies d'investigació en l'àmbit de la texturització han estat adreçades al desenvolupament d'additius o ingredients amb major funcionalitat, ja sigui a partir de no-

ves fonts (microorganismes i enzims) o mitjançant canvis en el processament. També es desenvolupen mesclades d'additius per tal d'aconseguir funcionalitats difícils d'assolir per un sol ingredient o per proporcionar diverses característiques (aroma, sabor, major valor nutritiu, millor textura, etc.). Una altra línia de recerca la constitueixen els texturitzants més naturals, a través d'additius orgànics que eviten els E.¹⁵

Cal destacar també les possibilitats que ofereixen els sistemes d'identificació de cadascun dels atributs que donen textura als productes alimentaris. D'aquesta forma, es podria seleccionar amb relativa rapidesa el nivell i la intensitat requerida per cada consumidor, amb la finalitat d'ajudar les empreses alimentàries a reformular els productes i aconseguir la textura més adequada. Els sistemes d'identificació, a la vegada, permetrien reduir la dependència dels ingredients cars i eliminar la presència dels que no són saludables (Halliday, 2009). Actualment, les principals aplicacions comercials existents d'aquesta tecnologia es troben en les línies de productes cremosos.

A banda d'aquestes tecnologies, també s'investiguen sistemes per controlar la textura en processos físics com poden ser l'escalfament o la mescla a partir de modificacions dels grups funcionals.

La combinació dels eixos de plaer i salut obre les portes a una nova formulació mitjançant els agents texturitzants, a través de la qual s'obtinguin productes més propers als tradicionals. Alguns exemples poden ser la millora dels aliments sense sucre, les formulacions sense gelatina per a vegetarians, el desenvolupament de *snacks* i postres més atractius per als nens, els productes derivats del formatge amb baix contingut de greixos i varietats d'altres productes reformulats per necessitats específiques, com serien els productes sense gluten (Pszczola, 2009).

En aquest mateix sentit, la tendència global a la reducció de sucres, greixos i sals impulsa la recerca orientada a mantenir la textura del producte. Alguns dels avenços en aquesta matèria podrien ser la substitució d'ingredients per components nanoestructurats obtinguts a partir de polímers sintètics, així com les proteïnes del sèrum de la llet que ofereixen algunes alternatives a partir de l'estudi de noves estructures químiques. Altres avenços en aquesta direcció es podrien trobar en les tecnologies de nanoemulsió per a la reducció de greixos en els aliments, com ara les nanoemulsions aigua-oli-

14. *Umami* és una paraula d'origen japonès per expressar un sabor entre el salat i el del glutamat monosòdic.

15. El sistema de nombres E és un codi per designar additius alimentaris. Està formulat per la Unió Europea i s'ha adoptat en la indústria alimentària mundial. El nombre E se sol utilitzar de forma negativa entre els consumidors quan fa referència als additius artificials, per això alguns productes es declaren *free of E numbers*. Tot i així, molts ingredients naturals contenen components que porten associats un nombre E, com per exemple la vitamina C.

aigua, les quals produeixen la mateixa sensació a la boca que les gotes de greix en la maionesa, però contenint menys quantitat de greixos (Robinson i Morrisson, 2009).

2.3 Tendències i tecnologies associades al color

El color és un atribut capaç de proporcionar informació sobre la composició, la qualitat i l'estat de conservació dels aliments, factors clau que determinen l'acceptació per part del consumidor. Tot i que l'aroma, la textura o la mida dels aliments són aspectes que també es tenen en compte quan s'adquireix un aliment, el color és el paràmetre que proporciona informació del seu estat més ràpidament. Entre les principals finalitats de la utilització de les tecnologies del color en el processament dels aliments destaquen la de conferir un aspecte més atractiu al producte, la substitució d'ingredients d'alt cost o la recuperació del color perdut durant el processament. Cal tenir en compte que no tots els colors presenten les mateixes propietats, ja que cadascun d'ells té diferent estructura química en funció del grup de color al qual pertany, i que fins i tot colors del mateix grup tenen comportaments diferents.

L'augment de la conscienciació en temes relacionats amb la salut i l'interès creixent pels productes *naturals* provoquen la substitució de colors sintètics per altres de naturals. Es calcula que aquests últims representen actualment el 31% del mercat mundial dels colors, enfront del 40% dels sintètics; tanmateix, es preveu que els colors naturals desbancaran els sintètics a mitjà termini (Searby, 2010). Així, un nombre creixent d'empreses estudia com reemplaçar els colors artificials per naturals, tot i les limitacions que presenten en relació amb la inestabilitat davant tractaments tèrmics, la llum, l'oxigen i els canvis de pH.

Una tecnologia en desenvolupament consisteix a atrapar els nanobetacarotens;¹⁶ així, a banda de guanyar solubilitat, aquesta tècnica també podria proporcionar millor estabilitat física i química (Daniells, 2009). Altres solucions als problemes plantejats pels colors naturals són els sistemes per resoldre la insolubilitat dels colors en aigua a través de l'emulsionament i l'encapsulació, així com les tecnologies per evitar l'oxidació i la formació de partícules de mides més petites, que donen colors més vibrants en maximitzar la reflexió de la llum (Searby, 2010).

Malgrat el creixent interès per part del consumidor pels colors naturals en els aliments, el cert és que Europa pre-

senta un entorn regulatori desfavorable donat que, per a la introducció dels colors naturals, aquests han d'haver estat aprovats com a additius i, per tant, tenir assignat un nombre E, amb connotacions negatives per al consumidor. Per contra, els colorants comestibles no han de seguir el mateix procediment: en aquest cas són classificats com a ingredients alimentaris (i no com a additius) i, per tant, la seva introducció al mercat és més senzilla. Aquest motiu fa que es tendeixi a utilitzar els colorants comestibles en lloc dels naturals en el mercat europeu i que el futur dels primers sigui més prometedor en aquest espai (Searby, 2010).

En un altre sentit, la relació entre el color i la composició ofereix informació sobre el valor biofuncional de l'aliment, factor determinant perquè els consumidors en puguin conèixer la càrrega nutritiva. De la importància d'aquesta relació neix la colorimetria, ciència que estudia la mesura del color, per així desenvolupar diferents mètodes que permetin quantificar-lo numèricament, amb l'objectiu de calibrar-ne les mesures idònies relacionades amb la qualitat i composició dels aliments de manera gairebé immediata. Els estudis duts a terme van dirigits a l'objectiu que, en un futur pròxim, mitjançant una mesura al moment, es pugui conèixer la qualitat d'un producte tot relacionant el valor biofuncional amb l'existència de determinats pigments (Cedecom, 2009).

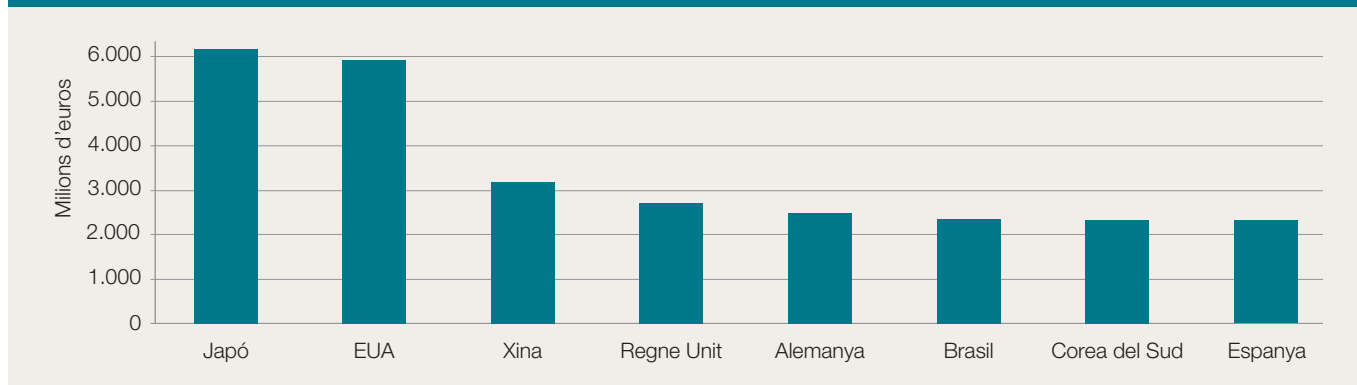
2.4 Tecnologies dels ingredients associades als aliments funcionals

Un aliment es pot considerar funcional si demostra de forma satisfactòria que afecta de forma beneficiosa una o més funcions concretes de l'organisme, més enllà dels seus efectes nutricionals, de manera que aquesta influència és rellevant per a una millora en la salut i el benestar, o bé per a una reducció del risc de patir una malaltia.

Segons el benefici funcional que aporta aquest tipus d'aliments, les categories més populars són les que estan relacionades amb la salut del cor, dels ossos o de l'intestí, i les begudes energètiques. A més, altres, com poden ser les que ajuden a millorar l'estat d'ànim o la memòria, estan guanyant popularitat. En general, doncs, s'estan desenvolupant aliments funcionals en pràcticament totes les categories, on la propietat funcional s'inclou en forma de productes fortificats, enriquits, alterats o millorats; per aquest motiu, en l'elaboració dels aliments funcionals és fonamental tenir especial cura dels ingredients que els componen.

16. És la combinació de les nanoestructures amb els betacarotens. El betacaroté és un compost químic que es troba en fruites i verdures. És el responsable del color groc i taronja de la majoria de les fruites i verdures, com per exemple les pastanagues.

Figura 16. Vendes d'aliments funcionals al món, milions d'euros (2009)



Font: Elaboració pròpia a partir de Datamonitor (2009).

L'obtenció d'un bon sabor continua sent un dels principals reptes per al desenvolupament de nous aliments i begudes funcionals (Nizo Vison, 2010). La relació entre l'aroma i el gust són determinants a l'hora de treure un producte al mercat, així com la influència en la percepció de la textura i la manera com les aromes es desprenen. Per això, a banda de les propietats beneficioses per a la salut, els aliments funcionals suposen una gran oportunitat en l'àmbit dels ingredients, additius i productes intermedis destinats a millorar les característiques sensorials d'aquests tipus d'aliments.

L'interès per aquests productes s'ha anat estenent a nivell internacional tant pel potencial de reducció de costos sanitaris com per la demanda del consumidor final. Al Japó, els aliments funcionals tradicionals són considerats com una tipologia d'aliment concreta, que considera més important la seva funcionalitat que el gust, clarament diferenciats amb el distintiu FOSHU¹⁷ a l'etiqueta. En canvi, als Estats Units i a Europa un aliment funcional en general tracta d'afegir funcionalitat a un producte existent, més que no pas crear un grup diferenciat d'aliments (Siró *et al.*, 2008).

El mercat europeu d'aquest tipus de producte està dominat actualment per les begudes, les quals ofereixen la possibilitat de combinar amb major facilitat plaer, conveniència, salut i la funcionalitat desitjada (New Zealand Trade & Enterprise, 2007), si bé és molt probable que els ingredients funcionals s'estenguin a altres tipus d'aliments els propers anys. D'altra banda, els productes funcionals que ajudin a controlar el pes es posicionen com uns dels que poden presentar més oportunitats en aquest mercat (Clarke, 2009).

Cal assenyalar especialment, en el cas europeu, la normativa estricta en relació amb els aliments funcionals. El Reglament 1924/2006 relatiu a les declaracions nutricionals i les propietats saludables dels aliments prohibeix publicar beneficis funcionals dels aliments i begudes si no estan demostrats. El que sembla, en principi, una limitació per al desenvolupament d'aquest tipus de productes és, al mateix temps, una oportunitat d'exclusivitat en el mercat per a aquelles empreses proveïdores de matèria primera que desenvolupen ingredients funcionals amb l'objectiu d'obtenir patents (Audivert, 2010).

En altres països avançats, com els Estats Units i el Canadà, la quota de mercat ja supera el 40% de la població, que acostuma a ser la gent gran. En els mercats asiàtics (el Japó i Corea del Sud) la salut digestiva continua sent la principal àrea d'aplicació dels aliments funcionals. Una altra àrea que s'espera que tingui un creixement interessant tant a l'Àsia com a l'Àfrica és la de la millora funcional en els productes làctics, en què el contingut de greix o lactosa es percep com un desavantatge (Clarke, 2009).

A banda de les tendències demogràfiques (envelliment) i la incidència de l'eix de salut, el desenvolupament de noves tecnologies que milloren la funcionalitat dels aliments també és un aspecte favorable a l'expansió del mercat dels aliments i begudes funcionals. Aquestes tecnologies es podrien classificar en dos grans grups: les que impliquen una modificació dels ingredients, i les destinades a protegir-los i controlar-ne l'alliberament (Hsieh i Oforis, 2007).

Entre les tecnologies implicades en la modificació dels ingredients, en primer lloc, pel que fa a la reducció de

17. L'acrònim per a *Food for Specified Health Uses*.

Taula 4. Classificació de les tecnologies aplicades als aliments funcionals segons la seva finalitat

Modificació d'ingredients	Protecció d'ingredients i alliberament controlat
Descafeïnitació	Encapsulació
Substitució de greixos	Nanotecnologia
Enzims	
Fermentació	

Font: Elaboració pròpia a partir de Hsieh i Oforis (2007).

la cafeïna, totes les tecnologies convencionals (descafeïnitació per aigua, extracció de dissolvents i extracció per diòxid de carboni) presenten algun defecte, d'aquí la importància de les noves tecnologies, entre les quals cal destacar la microbial, que utilitza bacteris i fongs per eliminar la cafeïna. La indústria de les begudes té especial interès en aquesta àrea, especialment per tal de desenvolupar noves tècniques que siguin més econòmiques.

Per la seva banda, les tecnologies que persegueixen reduir o reemplaçar el greix present en els aliments per ingredients menys greixosos o lliures de greix persegueixen l'objectiu de combatre algunes malalties associades al consum de grans quantitats de greixos (diabetis, càncer, hipertensió, malalties cardiovasculars, etc.). Alguns dels darrers avenços tecnològics en la substitució de greixos permeten, per exemple, eliminar els greixos *trans* i saturats de la llet, així com aconseguir quallada, formatge i altres productes làctics lliures de greixos; igualment, s'està estudiant l'aplicació en l'elaboració de paté, embotits i bombons, entre d'altres. No obstant això, aquestes tecnologies comporten encara alguns inconvenients a l'hora d'utilitzar substitutius sintètics, com podrien ser la inducció a problemes gastrointestinals, el risc d'interferència

en la biodisponibilitat dels micronutrients procedents dels greixos solubles o altres efectes secundaris.

Les tecnologies enzimàtiques en el processament d'aliments estan desplaçant les aplicacions tradicionals en l'elaboració de productes alimentaris amb beneficis per a la salut. A més, com a valor afegit, els enzims també poden utilitzar-se per millorar la qualitat nutricional dels aliments. La utilització de biocatalitzadors permet proporcionar aliments lliures dels efectes negatius associats al colesterol i, alhora, possibilita superar les tècniques actuals d'extracció del colesterol (mitjançant la destil·lació al vapor i l'extracció amb fluid supercrític), en general més costoses i complexes. Per la seva part, la fermentació produeix aliments amb aroma, sabor i textura millorats, a partir de microorganismes amb enzims que hidrolitzen els polisacàrids, proteïnes i lípids presents en els aliments. En relació amb els beneficis per a la salut i la nutrició, la fermentació s'utilitza per reduir els nivells de compostos no nutritius i augmentar la biodisponibilitat dels nutrients essencials. També s'utilitza per reduir la presència de toxines naturals i reduir els nivells de carbohidrats no digestibles.

Entre les tecnologies implicades en protegir els ingredients i controlar l'alliberament destaquen l'encapsulació i la nanotecnologia. L'encapsulació és una tècnica que introdueix ingredients, cèl·lules, enzims, nutrients i/o altres bioingredients en microcàpsules, permetent així la introducció dels agents actius en els productes alimentaris tot alliberant-los posteriorment en forma controlada en temps i velocitat. Per la seva banda, l'aplicació de la nanotecnologia als aliments funcionals i nutricèutics, tot i que actualment és limitada, presenta un potencial important donat que ha de permetre una millor encapsulació dels ingredients i una major eficàcia en el seu alliberament en comparació amb els agents utilitzats fins al moment.

Taula 5. Classificació dels ingredients substitutius de greixos

Producte substitutiu	Present en	Objectiu
Carbohidrats	Cereals Llavors Plantes	Proveir textures semblants a les dels greixos amb menys contingut energètic
Proteïnes	Ous Llet Sèrum de la llet Proteïnes Vegetals (soja)	Proveir aliments amb contingut energètic reduït
Altres greixos	Greixos modificats Greixos sintètics	Proveir qualitats funcionals i sensorials amb sabor i textura semblant als greixos originals

Font: Elaboració pròpia a partir Hsieh i Oforis (2007).

3. El futur de les tecnologies del processament

L'evolució tecnològica en el processament d'aliments els propers anys probablement haurà de tenir en compte dues grans orientacions que ja s'entreveuen en el present, i que es desenvolupen al llarg d'aquest capítol: d'una banda, un paper més rellevant de les tecnologies netes integrades en el procés de transformació d'aliments i begudes, i una gestió més eficient dels residus; d'altra banda, un desig creixent per part dels consumidors envers els aliments que mantinguin les propietats nutricionals i organolèptiques, cosa que conduirà en general a una evolució des de les tecnologies tèrmiques cap a les no tèrmiques, i a la combinació de tecnologies.

3.1 El paper de les tecnologies netes en la indústria alimentària de futur

La diversitat de matèries primeres processades i/o de productes elaborats motiva que no es disposi d'una base homogènia que permeti descriure de forma integrada la gestió ambiental en la indústria alimentària en el seu conjunt. El que sí que és cert és que aquesta indústria, en

general, consumeix una gran quantitat de recursos i genera una gran quantitat de residus. Per aquest motiu, el consum i l'estalvi energètic i hídric i, en menor mesura, les emissions atmosfèriques, han estat i són reptes de futur, especialment arran de l'escenari plantejat a la part inicial d'aquest paper.

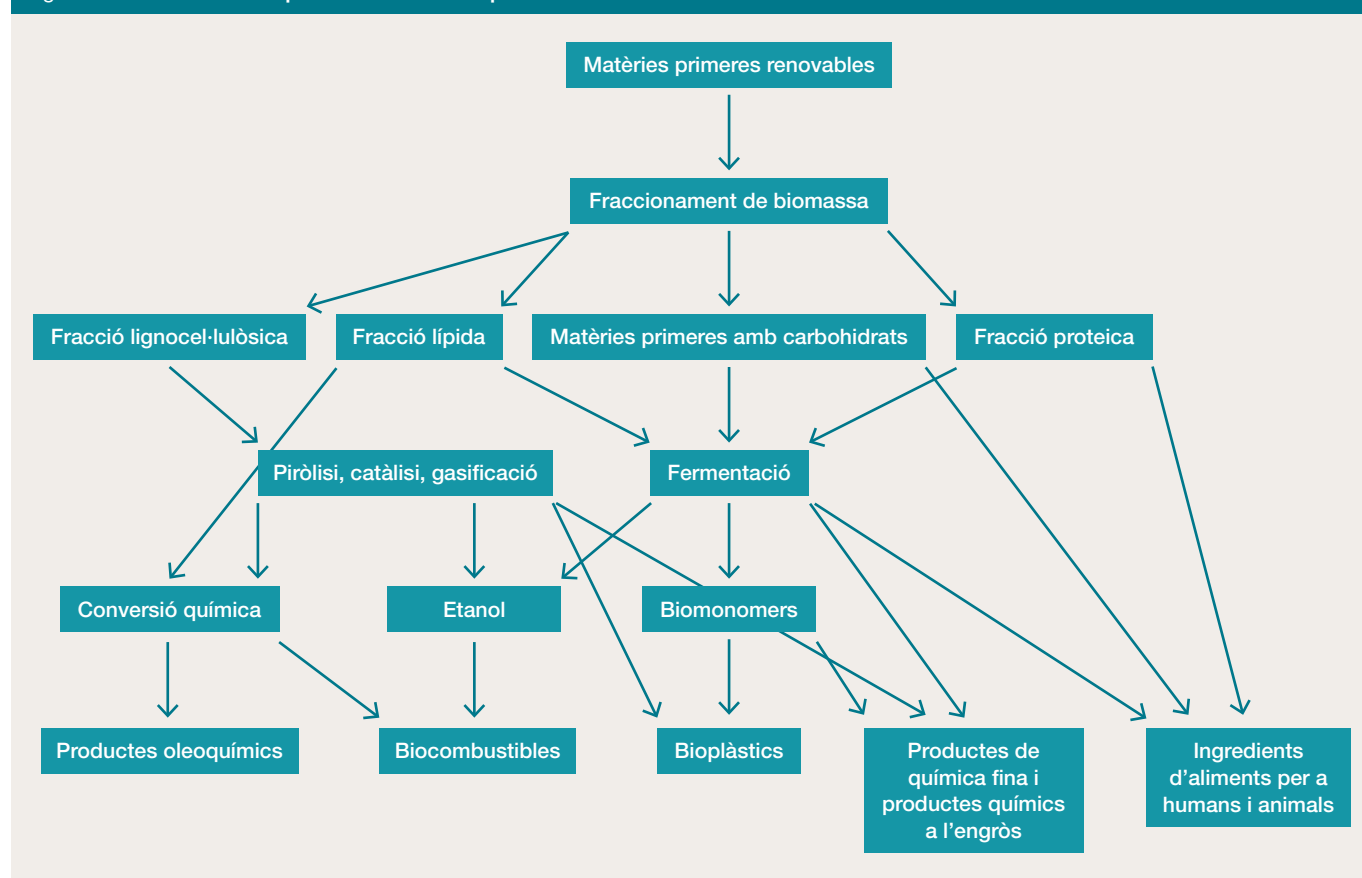
Com a resultat d'això, la indústria alimentària mostra un creixent interès en el disseny per al medi ambient o eco-disseny com a metodologia per al desenvolupament de productes i processos, que consisteix a quantificar l'impacte ambiental (petjada de carboni i altres) al llarg del cicle de vida per tal de minimitzar-lo. És així també com sorgeixen noves vies per a la valorització i aprofitament dels subproductes i, en aquest sentit, és a l'última dècada del segle xx quan han aparegut les primeres biorefineries a Europa. A més, pel que fa a la utilització d'energies renovables en la indústria alimentària, les alternatives de futur més interessants semblen ser, precisament, les que estan relacionades amb la utilització dels subproductes generats com a biomassa per a la producció d'energia, així com també la utilització de l'energia solar.

Taula 6. Aplicacions tecnològiques emergents en l'àmbit del processament d'aliments i begudes

Tecnologia	Aplicació	Potencial de negoci	Maduresa tecnològica
Altes pressions	Conservació Nous productes	ALT (Eix seguretat / qualitat + Eix plaer)	CURT TERMINI
Pulsacions elèctriques d'alta intensitat	Conservació Tractament de matèries primeres	MITJÀ – ALT (Eix seguretat / qualitat + Eix sostenibilitat)	MITJÀ - LLARG TERMINI
Radiacions electromagnètiques	Conservació	MITJÀ (Eix seguretat / qualitat)	MITJÀ – LLARG TERMINI
Pulsacions lumíniques	Conservació	MITJÀ (Eix seguretat / qualitat)	MITJÀ TERMINI
Ultrasons	Conservació Millora del processament Millora de productes	MITJÀ (Eix seguretat / qualitat + Eix plaer + Eix sostenibilitat)	MITJÀ TERMINI
Plasma fred	Conservació	MITJÀ – ALT (Eix seguretat / qualitat + Eix salut + Eix sostenibilitat)	LLARG TERMINI
Digestió anaeròbia de la biomassa	Valorització dels residus (biogàs)	ALT (Eix sostenibilitat)	CURT - MITJÀ TERMINI

Font: Elaboració pròpia.

Figura 17. Conversions i productes finals a partir de biomassa en biorefineries



Font: Luguel (2009).

Cap a un nou model de bioprocessos integrats: les biorefineries

El concepte de biorefineria és anàleg al de les refineries de petroli, que produeixen múltiples combustibles i productes a partir del petroli; en aquest cas, la matèria primera és la biomassa.¹⁸ Si bé són diverses les fonts d'alimentació i les tecnologies per a la conversió de biomassa, les biorefineries industrials es posicionen com una de les solucions més prometedores a través de la creació d'una nova indústria basada en la biomassa i en la biotecnologia que fa possible la integració i optimització de diversos processos biològics, químics o tèrmics en un únic concepte de biorefineria (Luguel, 2009).

El terme *bio-based products* fa referència a tres categories diferents de productes generats a partir de la conversió de la biomassa: els biocombustibles, la bioenergia i els biomaterials i productes químics amb base biològica, sent

aquesta última categoria d'importància per a la indústria alimentària, ja que aquests processos són capaços de generar ingredients i nous biomaterials per a l'envasament d'aliments i begudes (WEF, 2010).

Tot i que la indústria de la biorefineria és encara recent, segons l'informe del WEF diversos governs i les empreses de tota una gamma de sectors reconeixen el possible creixement econòmic que pot generar la biorefineria. Així, per a l'any 2020 s'espera que el mercat dels biocombustibles creixi més del triple respecte del present, amb vendes combinades de 95.000 milions de dòlars; que es dobli la demanda de biomassa per generar calor i energia; i que els productes químics de base biològica creixin significativament i augmentin la seva participació en la producció general de productes químics fins a assolir aproximadament el 9% de tots els productes químics.

Es preveu un ritme creixent per a la indústria de la bi-

18. Massa total de la matèria viva existent en una comunitat o en un ecosistema.

Taula 7. Iniciatives governamentals en les cinc principals regions mundials en industrialització de biorefineries

Estats Units	Brasil	Unió Europea	Xina	Índia
Reemplaçament gradual del combustible mitjançant la producció de 36 milers de milions de galons de biocombustibles per al 2022.	Objectiu anual de barreja d'etanol del 25%.	Objectiu de barreja de l'etanol del 5,75% el 2010 i del 10% el 2020.	Plans de substitució del 20% de les importacions de cru per al 2020.	Objectius de barreja: del 5% per al 2012, del 10% per a l'any 2017 i del 20% a llarg termini.
Deduccions fiscals per volum: - 0,51\$/galó d'etanol - 1\$/galó biodièsel	Objectiu de producció de biodièsel del 5% el 2013	Subvenció mitjana per als països integrats: - 1,90\$/galó d'etanol - 1,50\$/galó biodièsel	Objectiu de producció d'1,7 galons d'etanol per al 2010.	Objectiu de producció de biodièsel del 20% el 2020.
Deducció fiscal per productor de biocombustible cel·lulòsic: 1,01\$/galó.	Objectiu anual d'increment del 25% en la barreja d'etanol amb combustible, arribant a l'ús d'etanol 100%.	Debats sobre la crisi provocada pel preu dels aliments, però cap canvi de polítiques fins ara.	Inversions en països rics en Fonts biomàsiques.	Importacions de jatropha lliure d'impostos en suport a la generació de biodièsel.
Deducció fiscal per a petits productors: 0,1\$/galó.	Impostos menors per a l'etanol (E100, etanol 100%).	Establiment de multes en diversos països integrats pel no assoliment dels objectius en materia de biocombustibles.	Compromís de desenvolupament de biocombustibles no basats en aliments. Establiment de nombrosos projectes en tecnologies de 2a generació entre COFCO (National Food Corporation), PetroChina i Sinopec.	Les regions del país tenen la possibilitat d'establir mesures addicionals per promoure els biocarburants o restringir el transport de melassa sobre límits establerts pel govern central.
1.000\$ en suport dels avenços tecnològics per als biocombustibles de 2a generació.	Impostos del 14% per als vehicles flex-fuel davant el 16% dels vehicles de gasolina.			
Principal font biomàsica: Blat de moro / Lignocel·lulosa	Principal font biomàsica: Canya de sucre	Principal font biomàsica: Oli de colza / Lignocel·lulosa	Principal font biomàsica: Lignocel·lulosa / Diverses	Principal font biomàsica: Diverses

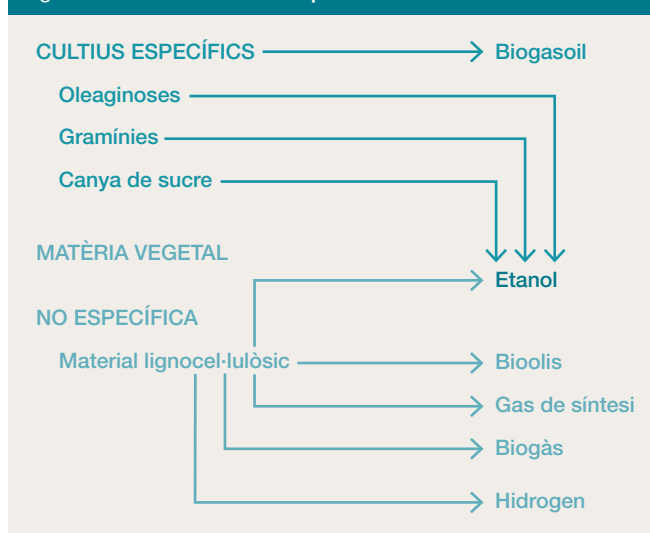
(*): 1 galó U.S. equival 3,78528 litres
Font: WEF (2010) i Coyle (2007).

orefineria a partir de les plantes de segona generació projectades per a la producció comercial a gran escala. Tanmateix, a hores d'ara, l'èxit d'aquestes plantes depèn sobretot del nombre de multinacionals disposades a invertir en models energètics sostenibles, així com de les polítiques públiques, que es diferencien de manera substancial entre països i regions. Així, generalment els països productors de biocombustibles compten amb una combinació de polítiques i subsidis de suport que assegurin el subministrament local de combustibles.

La biomassa residual, un repte per a la sostenibilitat de la indústria alimentària

Davant el creixent cost de gestió dels residus orgànics agroalimentaris, i les restriccions legislatives de caràcter sanitari aplicades al seu ús com a subproductes (pel seu grau elevat d'humitat i la facilitat de putrefacció), existeix un gran interès per desenvolupar noves alternatives per a la valorització d'aquests tipus de residus. La combustió convencional de residus procedents de la indústria agroalimentària per a l'ús en la calefacció domèstica o en la generació d'electricitat resulta poc eficient, ja que només

Figura 18. Carburants assequibles a través de la biomassa



Font: Mestres (2007).

Taula 8. Biodegradabilitat anaeròbia dels principals components dels residus agroindustrials

Component	Present a	Biodegradabilitat anaeròbia
Sucres	Remolatxa o canya de sucre. Subproductes d'una sucraera o fàbrica de llaminadures, etc.	Excel·lent
Midó	Excedents de cereals, patata, etc., subproductes de fàbriques de snacks o de midons, etc.	Excel·lent
Cel·lulosa	Palla triturada, herba, polpes i pells de fruites i verdures, etc.	Bona
Proteïnes	Subproductes animals, productes carnis, lactis o de la pesca, etc.	Excel·lent
Greixos	Subproductes d'origen animal o vegetal.	Bona (1)
Pesticides, antibiòtics, detergents	Restes de producció vegetal, fems i purins, subproductes de la indústria farmacèutica.	Regular
Sals	Salmorres o residus salins.	No biodegradable
Sorra, pedres	Fems, purins, restes vegetals, etc.	No biodegradable
Metalls	Residus d'envasos.	No biodegradable
Plàstics	Residus d'envasos.	No biodegradable

(1) Requereix més temps de tractament.
Font: FIAB (2009).

s'obté entre un 15 i un 20% d'energia generada en relació amb la consumida durant la seva producció (Huber *et al.*, 2006). En el sentit contrari, l'ús de la biomassa per a l'obtenció de biogasoil, etanol, biooli, biogàs, gas de síntesi o hidrogen podria permetre combustibles amb una major eficiència, tot i que l'estadi de desenvolupament d'aquestes tecnologies de conversió és encara, en general, insuficient (figura 18).

Per aquest motiu, es considera que la reutilització de la biomassa generada en els processos de la indústria agroalimentària representa encara un repte tecnològic per a les economies avançades, alhora que una important font d'oportunitats de negoci els propers anys. Alguns analistes consideren, per exemple, que almenys el 25% de la bioenergia generada en el futur podria ser de biogàs¹⁹ a partir de biomassa residual (Holm-Nielsen *et al.*, 2009), un fet que demostra el potencial d'aquesta alternativa, especialment si es desenvolupa un escenari més favorable envers les energies renovables.

La biometanització o digestió anaeròbia i el compostatge són tecnologies de valorització que poden aplicar-se a la majoria dels subproductes de la indústria agroalimentària pel seu alt contingut en matèria orgànica fàcilment biodegradable i la seva elevada humitat. En el cas de la digestió anaeròbia, aquesta permet aprofitar materials orgànics

residuals procedents de diverses activitats agroalimentàries, com els subproductes de fruites i vegetals, de la carn o del peix, les dejeccions ramaderes (fem, purins), llots de depuradores d'indústries alimentàries, etc., amb la generació d'un combustible renovable com és el biogàs.

En relació amb el potencial de producció total d'energia primària de biogàs des de la fase agrícola fins al processament industrial, actualment Espanya ocupa el sisè lloc europeu, darrere d'Alemanya, França, Suècia, Finlàndia i Polònia. Tanmateix, cal tenir en compte que en el present aproximadament el 75% del biogàs produït a Espanya s'extreu dels abocadors, mentre que el restant 25% procedeix de depuradores i de la fracció orgànica dels residus municipals. La producció de biogàs agroindustrial és, per tant, encara inapreciable, però ja existeix un creixent interès en el sector agroalimentari i energètic per desenvolupar aquest segment, per diverses raons (Pascual i Ruiz, 2008). A banda de l'evolució futura de les tarifes aplicables a la venda del kWh obtingut a partir del biogàs (sens dubte un dels factors més determinants), cal tenir present que en moltes de les indústries alimentàries en què existeixen demandes simultànies d'electricitat i calor, els sistemes de cogeneració poden ser eines molt útils per millorar l'eficiència energètica; no en va, es tracta del sector industrial amb major potència de cogeneració instal·lada després de la indústria química. La cogeneració té encara un potencial

19. El biogàs és un gas combustible compost principalment per metà (CH₄) i diòxid de carboni (CO₂), que s'obté com a resultat de la fermentació anaeròbia de materials orgànics.

de creixement important a la indústria alimentària, amb un increment esperat de la potència de calor útil al voltant del 50% en el període 2010-2020 (IDAE, 2008).

La diversitat d'usos del biogàs és un altre factor que situa aquesta alternativa en bona posició dins l'escenari energètic del futur. L'ús més habitual del biogàs és la producció d'electricitat i calor, però els nous usos depenen de la depuració completa i eliminació d'altres components gasosos fins a assolir una composició del 100% de metà (es tracta aleshores d'un gas pràcticament idèntic al gas natural que es denomina biometà). En països com Alemanya o Suècia, el biometà s'empra com a combustible en els cotxes, autobusos i camions que ja circulen amb motors de gas natural (Persson i Wllinger, 2006); també s'està expandint la injecció del biometà a la xarxa general de gas natural a Europa (Kristensson *et al.*, 2007).

Una altra raó destacada per la qual probablement es tendirà a apostar pel futur del biogàs és la creixent preocupació per la sostenibilitat ambiental. D'una banda, la disposició de residus agroindustrials en abocadors és cada dia més problemàtica i costosa a causa de la normativa europea (Directiva Europea 99/31/CE), que obliga a la reducció progressiva dels materials orgànics en aquest espai, la qual cosa implica alternatives de reciclatge sostenibles per a una gran quantitat i diversitat de residus. D'altra banda, el biogàs d'origen agroindustrial se situa en el centre de les polítiques públiques per a la reducció de gasos d'efecte hivernacle, tant per la disminució en l'ús d'energies fòssils equivalents com pel seu potencial per reduir les emissions de metà produïdes per alguns residus (principalment purins).

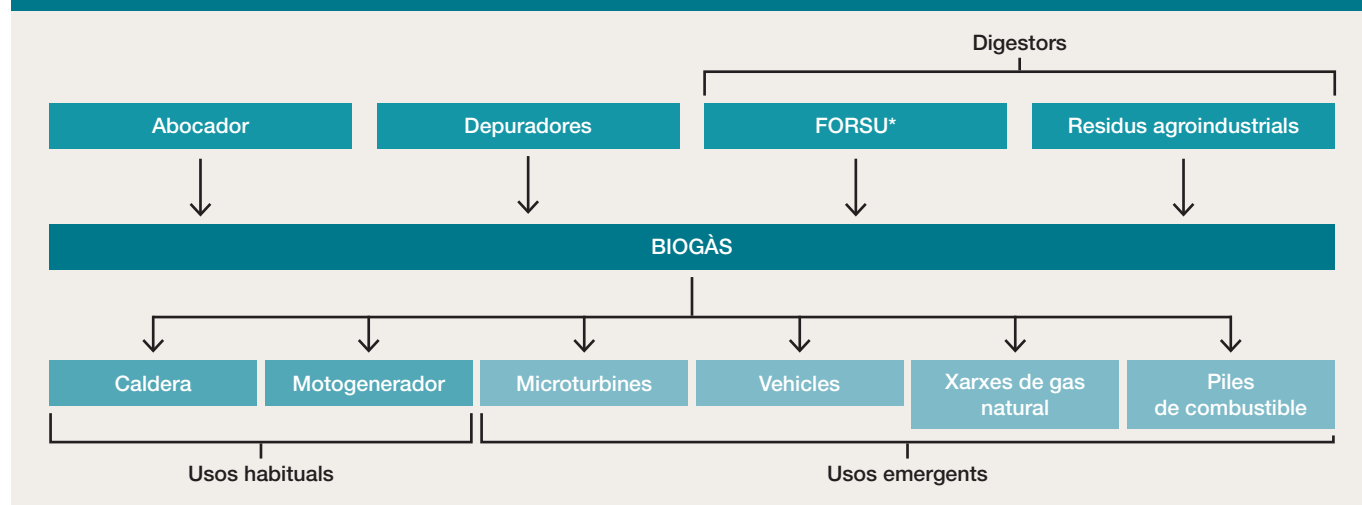
Des d'un punt de vista tecnològic, els avenços assolits en el desenvolupament de tècniques de digestió anaeròbia han proporcionat millores significatives en la viabilitat de les plantes de biogàs agroindustrial, però encara existeixen oportunitats en la necessitat d'adaptació de la tecnologia a cada tipus de substrat i clima, així com la necessitat de col·laboració de diferents agents implicats en la producció de biogàs per a l'obtenció d'un alt rendiment de producció en quantitat i qualitat, i en la implementació de sistemes de digestió que afavoreixin el tractament local. En el futur, les plantes de biogàs haurien de poder gestionar i valoritzar conjuntament una gran varietat de materials orgànics residuals de les activitats agroalimentàries (fem d'una granja de vaques, polpa d'una fàbrica de suc de taronja, llots d'una depuradora d'una indústria làctia, residus d'un escorxador, residus d'indústries fermentatives, etc.), fet que permetria abaratir els costos de gestió i tractament dels residus.

El GIRO estima, finalment, un potencial accessible de 1.658 kTEP per al biogàs procedent de dejeccions ramaderes i de residus de la indústria alimentària espanyola en l'horitzó del 2030 (SINC, 2008).

La necessitat d'adoptar una nova gestió dels recursos naturals

Com s'ha explicat anteriorment, la indústria de l'alimentació i begudes és una de les que consumeix més recursos hídrics i energia. Pel que fa en concret a l'accés a l'aigua, és un factor clau de l'activitat productiva en activitats diverses com són la neteja, els processos d'escalfament i

Figura 19. Usos habituals i emergents del biogàs



*FORSU: Fracció orgànica de residus sòlids urbans.
Font: AINIA (2009).

refredament o com a ingredient principal. En aquest sentit, en el sector d'aliments i begudes es presenten els següents reptes i oportunitats (CIAA, 2008):

- La reducció continuada de consum d'aigua en els processos mitjançant una millora de l'eficiència d'aquest recurs, sense comprometre els estàndards d'higiene.
- La promoció de l'ús responsable d'aigua i el subministrament sostenible al llarg de tota la cadena de valor.

La reducció del consum d'aigua en les diferents operacions que intervenen en la producció d'aliments i begudes s'orienta principalment a partir de dues iniciatives: des de la millora en els processos instal·lats (noves eines de monitoratge, minimització del temps de resposta davant punts de pèrdua d'aigua, sensors per al control de sortidors, disseny de processos de rentatge sostenibles...), així com des de la inversió en millores tecnològiques amb un ús més eficient de l'aigua.

Així mateix, les energies renovables també poden jugar un paper rellevant dins el procés de millora de la gestió ambiental. Probablement destacarà els propers anys l'energia solar tèrmica tant de baixa com d'alta temperatura. Respecte a la solar tèrmica de baixa temperatura, pot ser utilitzada en la indústria alimentària per al preescalfament de l'aigua del circuit de calderes o de l'aigua calenta utilitzada per a processos o neteges, i actualment es troben en procés de desenvolupament les aplicacions relacionades amb les operacions d'assecatge. Entre els sistemes d'energia solar tèrmica d'alta temperatura, destaquen la producció de fred, així com les seves possibles aplicacions als processos de la indústria alimentària (Fraunhofer - Gesellschaft, 2010). Un altre camp on les energies renovables tindran una incidència en el sector serà probablement el funcionament dels nous equips, contribuint a la reducció de la pol·lució (CIAA, 2010).

D'altra banda, un dels principals factors a tenir cada cop més en compte en relació amb la gestió sostenible de la producció consisteix en el perfeccionament de les tecnologies existents basades en el tractament tèrmic. L'energia tèrmica és utilitzada fonamentalment en forma de vapor d'aigua o aigua sobreescalfada mitjançant calderes alimentades amb combustibles fòssils tipus fuel, gas, propà o gasoil. Les etapes on el consum d'aigua és màxim són aquelles en què cal escalfar el producte per al seu tractament, com per exemple l'escaldada, l'esterilització i la pelada, així com les etapes de neteja de les instal·lacions. Finalment, l'estudi i el desenvolupament

de noves tecnologies basades en tractaments no tèrmics permetran una considerable disminució de l'ús d'aigua en la indústria alimentària, augmentant així l'estalvi hídric i energètic.

3.2 De les tecnologies tèrmiques a les no tèrmiques

La conservació dels aliments, juntament amb la seguretat i la qualitat, han estat, fins ara, els principals objectius per a les empreses processadores d'aliments. Per aquest motiu, l'ús de processos tèrmics, entre ells la pasteurització, l'esterilització, l'assecatge i l'evaporació, ha estat la pràctica més comuna per garantir la seguretat a nivell microbiològic en els productes. Les tecnologies del processament basades en tractaments tèrmics han estat àmpliament utilitzades pels seus costos avantatjosos i per la seva eficiència en termes de seguretat alimentària.

Tot i així, en la major part dels casos aquestes tecnologies estan limitades per les pèrdues de calor a través de les superfícies dels equipaments i les instal·lacions, la baixa eficiència en la transmissió de la calor i l'excessiu temps de tractament fins a arribar al centre del producte processat, així com per les reaccions químiques que provoquen una disminució de la qualitat nutricional i sensorial del producte (Pereira, 2009). Molts d'aquests efectes negatius han estat atenuats per les millores tecnològiques en els controls, els sistemes de monitoratge de les plantes de processament, la millora en els dissenys dels equipaments i instal·lacions i les mesures per a l'aprofitament de la calor generada a través d'aquests processos. No obstant això, aquestes millores representen costos addicionals per a les indústries.

La creixent demanda dels consumidors cap a productes amb qualitats organolèptiques i nutricionals inherents (a més de la consideració envers una major sostenibilitat ambiental) estimula la recerca d'avenços en el camp del processament. Per això, en les tecnologies per a la conservació cada cop s'aposta més per tractaments que afectin en el menor grau possible les característiques nutricionals i organolèptiques dels productes, destacant els tractaments alternatius a l'energia tèrmica i la combinació de tecnologies existents (OPTI, 2010).

Les tecnologies no tèrmiques es presenten com una bona alternativa, ja que aquests mètodes pretenen minimitzar i eliminar la degradació de la qualitat dels productes derivada dels tractaments tèrmics actuals. Amb el desenvolupament de tecnologies no tèrmiques s'espera una major

preservació de les vitamines, les aromes, els nutrients essencials i els atributs característics del producte, aconseguint una percepció similar a la d'un de producte fresc.

Existeixen diferents tecnologies no tèrmiques que centren el seu interès en la capacitat d'inactivació de microorganismes quasi a temperatures ambientals, en la preservació dels atributs i la qualitat de la matèria primera, en la seva capacitat potencial de produir nous productes i ingredients i, finalment, que es perfilen per les seves característiques com a futures eines per a l'estalvi energètic i hídric dintre de la indústria d'aliments i begudes. Entre aquestes tecnologies destaquen les altes pressions, les pulsacions elèctriques, els ultrasons i l'aplicació d'atmosferes modificades en l'envasament,²⁰ entre altres.

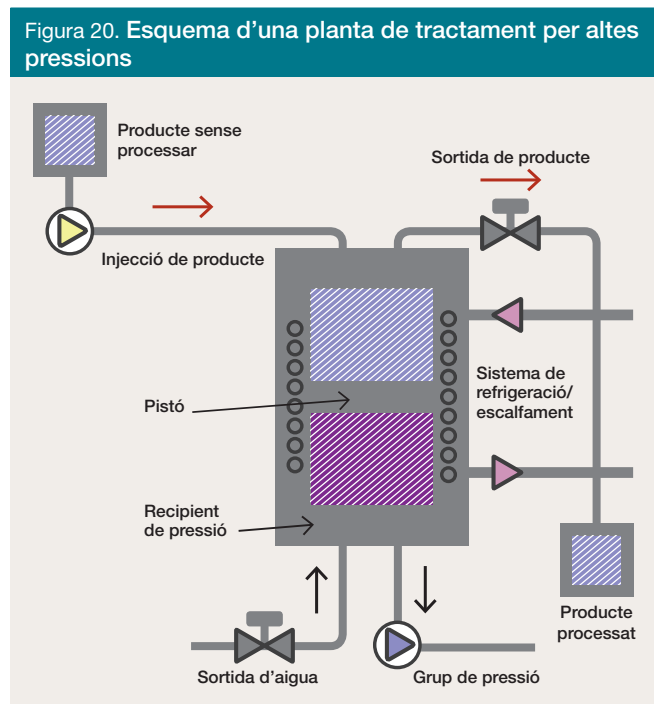
Cadascuna de les tecnologies emergents compta amb aplicacions específiques: per exemple, la tecnologia basada en altes pressions resulta efectiva tant en aliments líquids com sòlids, però la tecnologia basada en pulsacions elèctriques d'alta intensitat és especialment adient per a productes líquids. Per aquest motiu, l'optimització de l'ús d'aquests mètodes de conservació depèn del disseny de processos combinats. La utilització de mètodes combinats de tecnologies de conservació emfatitza l'ús de tecnologies que condueixen a la preservació d'aliments així com les característiques organolèptiques, com ara textura, sabor i color, similars a les dels productes frescos, sense comprometre'n la integritat. L'efecte additiu i sinèrgic de factors de conservació permet preservar l'aliment amb una major qualitat que si s'utilitza una sola tècnica. Els mètodes combinats redueixen el creixement microbià en aliments en combinar factors de conservació com ara la disminució del pH, la inclusió d'agents antimicrobians i l'escalfament moderat (Genina, 2002).

Tecnologia basada en altes pressions per a la transformació i conservació dels aliments i begudes

Els darrers temps, l'aplicació d'altres pressions ha adquirit rellevància com a tractament alternatiu per a alguns productes com les carns, les fruites, els sucus, la llet i les salses. A Espanya, diverses indústries càrnies i de productes enllaunats ja utilitzen aquesta tecnologia, que es creu que creixerà en el futur davant els reptes en matèria de sostenibilitat ambiental (Norton i Sun, 2007).

Actualment, existeixen dos procediments d'altres pres-

sions: la pressió dinàmica, encara no utilitzada a nivell industrial, i la pressió estàtica, que és la que avui té aplicació pràctica. A l'alta pressió dinàmica (*hydrodyne processing*, HDP), l'increment de pressió s'origina en un temps molt curt (mil·lèsimes de segon) com a conseqüència d'una explosió que genera una ona de xoc (> 100 MPa), denominada *ona de xoc hidrodinàmica*. Aquesta tecnologia aconsegueix la inactivació de microorganismes i l'estovament dels teixits per ruptura de l'estructura cel·lular. En el present, es continuen estudiant els seus efectes sobre diferents microorganismes, i caldrà veure l'acceptació per part dels consumidors dels atributs dels productes tractats amb aquesta tecnologia, així com també està pendent el desenvolupament a escala industrial dels primers equips amb aquesta tecnologia (Herrero i Romero, 2006).



Font: Raventós (2006).

L'aplicació d'alta pressió estàtica (*high pressure processing*, HPP), per la seva banda, es basa a sotmetre un producte a elevats nivells de pressió hidrostàtica (100 – 1.000 MPa) de forma contínua durant un cert temps (minuts). Aquest procés es regeix fonamentalment per dos principis: el de Le Chatelier²¹ i la llei de Pascal.²² La tecnologia pot aplicar-se directament a aliments líquids

20. Aquesta tecnologia es tracta més àmpliament en el capítol sobre l'envasament.

21. El principi de Le Chatelier enuncia que qualsevol fenomen (reaccions químiques, canvis moleculars, etc.), que està acompanyat d'una disminució de volum pateix un increment en augmentar la pressió, i viceversa.

22. La llei de Pascal enuncia que una pressió externa aplicada a un fluid confinat es transmet de forma uniforme i instantània en totes les direccions.

Taula 9. Aplicacions de les noves tecnologies del processament d'aliments

Tecnologia	Principals aplicacions
Altes pressions	Pasteurització.
	Modificació de textura a causa de canvis en la configuració proteica: estovament de teixidura en carns i peixos.
	Esterilització en combinació amb altres tecnologies.
	Altres aplicacions
	Inactivació/activació d'enzims per alentir o accelerar processos de maduració, fermentació o altre tipus de transformacions enzimàtiques desitjables en els aliments.
	Canvis en les transicions de fase: congelació a temperatures sota zero evitant la formació de cristalls de gel, disminució del punt de fusió de lípids, gelatinització a baixes temperatures.
	Extracció de components alimentaris tals com pectines, pigments i fins i tot aigua.
Agregació de sòlids o pols alimentaris per elaborar-los en forma de barres, cubs, tablettes, etc.	
Polsos elèctrics d'alta intensitat	Principals aplicacions
	Pasteurització.
	Altres aplicacions
	Optimització de processos de conservació: assecatge, deshidratació osmòtica, curació i maridatge de carns i peixos.
Radiacions electromagnètiques	Optimització de processos d'extracció: suc de fruites, sucre de remolatxa sucrera, pigments de plantes (antocians, betanines).
	Temperament i descongelació fins a temperatures de 2 °C.
	Assecatge d'aliments.
	Pasteurització i esterilització d'aliments sòlids i líquids, en continu i en discontinu.
	Precoïnada i cuinada
Polsos lumínics, ultrasons i plasma fred	Higienització i escaldada.
	Principals aplicacions
	Inactivació de microorganismes en la higienització de superfícies.
	Esterilització de materials d'envasament per als aliments.
	Desinfecció d'aigua.
Altres aplicacions	
L'aplicació sobre aliments encara es troba en fase d'estudi, existint casos d'èxit en la higienització de fruita trosjada i matrius càrniques.	
Envasament actiu	Principals aplicacions
	Sistemes absorbidors de: oxigen, humitat, exsudació, diòxid de carboni, etilè, olors (sempre que les substàncies no siguin indicadores de deterioració), vapor (gel superabsorbent hidratat...).
	Sistemes emissors de: inhibidors, generalment de creixement microbià (àcids orgànics, enzims, olis essencials, ions metàl·lics...), diòxid de carboni (carbonat càlcic, carbonat de ferro, bicarbonat sòdic/àcid ascòrbic...), additius (àcids orgànics, enzims, vi).
Sistemes que regulen entrada i sortida de compostos: films permeables microperforats (fruites i hortalisses), vàlvules (cafè, pasta, pasteurització a l'envàs, cuinada amb microones...), sistemes generadors d'escuma.	

Font: Elaboració pròpia a partir de diverses Fonts.

o a qualsevol producte envasat submergit en un fluid de pressurització, fent necessària la utilització d'envasos flexibles, deformables i que permetin l'evacuació dels gasos interns per tal d'evitar que la compressió redueixi l'eficàcia de la pressurització. La pressió aplicada al sistema permet un tractament uniforme independentment de la mida, forma i volum del material sotmès al processament.

L'efecte de la tecnologia HPP es basa en la disminució de la síntesi d'ADN, l'augment de la permeabilitat de les cèl·lules, la desnaturalització de biopolímers i proteïnes i la inactivació d'enzims. Aquests efectes poden afectar en major o menor grau el desenvolupament de microorganismes i agents alterants, així com la modificació dels components dels aliments i, així, variar les característiques organolèptiques d'aquests (Mathys *et al.*, 2009).

La tecnologia per altes pressions pot ser utilitzada per al processament tant de productes líquids com sòlids, sent els productes amb un alt contingut en components àcids els idonis. Per contra, per a aquells que tenen un baix contingut en components àcids (com ara els vegetals, els làctics o les sopes), no sembla ser una tecnologia suficientment eficaç per a l'eliminació de microorganismes esporulats sense haver d'utilitzar un tractament tèrmic addicional (Ohio State University, 2008).

De fet, la combinació d'HPP i elevades temperatures inicials (> 80 °C) per a la inactivació de bacteris i microorganismes esporulats podria suposar una millora respecte de l'esterilització tradicional, perquè permetria aconseguir productes amb baixes càrregues microbiològiques i alta preservació de les propietats del producte (Mathys *et al.*, 2009).

Efectivament, tot i que inicialment l'aplicació de les altes pressions hidrostàtiques s'adreçava fonamentalment a la conservació dels productes, les propietats físiques i sensorials úniques dels aliments processats amb altes pressions ofereixen oportunitats per al desenvolupament de productes nous, entre altres: aliments de llarga vida comercial, amb colors i sabors frescos i molt poc processats; carn i peix crus; nous tipus de gelatines a partir de la influència de la pressió sobre les propietats gelífiques de les proteïnes miofibril·lars;²³ i aliments congelats de més bona qualitat, amb una alta estabilitat microbiana i una alta preservació del sabor.

Taula 10. Principals efectes del tractament d'alta pressió en els aliments

Pressió	Efectes
> 200 MPa	- Influència sobre la cinètica enzimàtica
	- Modificació de les propietats físiques de les proteïnes
	- Alteració de la membrana dels microorganismes
> 300 MPa	- Inactivació enzimàtica irreversible
	- Mort dels microorganismes
> 400 MPa	- Gelificació de midons
	- Desnaturalització de proteïnes
> 500 MPa	- Mort de les espores bacterianes
	- Inactivació dels enzims

Font: Raventós (2006).

A més, aquesta tecnologia accelera la difusió de soluts en diversos aliments, la solubilització de gasos i els processos d'extracció. Finalment, es pot destacar la utilització d'altres pressions per mantenir aliments a temperatures inferiors a 0 °C en estat líquid²⁴ o per induir una congelació i descongelació ultraràpida, la qual cosa constitueix una nova i prometedora dimensió per a la indústria alimentària (Herrero i Romero, 2006). Tot i així, no es preveu que aquesta tècnica substitueixi els aliments enllaunats i/o congelats, si bé pot trobar aplicacions per als productes que tenen vida comercial curta, amb ingredients altament valorats pel gust, pel contingut vitamínic o per contenir biopolímers funcionals sensibles a la calor.

Una altra alternativa tecnològica basada en les altes pressions que pretén evitar les pèrdues nutritives i els canvis organolèptics dels productes alimentaris seria la ultraalta pressió d'homogeneïtzació (UHPH), que permetria substituir el tradicional procés de pasteurització. Aquesta tecnologia es basa en el mateix principi que l'homogeneïtzació convencional, amb la diferència que es poden aconseguir pressions entre 250 i 400 MPa, tot gràcies al disseny de les vàlvules i la utilització de nous materials.

Els estudis realitzats sobre la utilització d'aquesta nova tecnologia han mostrat que es podria utilitzar com una alternativa al tractament de pasteurització de la llet. Es

23. Estructura contràctil que travessa les cèl·lules del teixit muscular i els dóna la propietat de contracció i d'elasticitat, la qual permet realitzar els moviments característics del múscul.

24. A 207,5 MPa, l'aigua es manté líquida a temperatures de -22 °C.

va observar que la utilització de pressions de 300 MPa, amb una temperatura d'entrada de 30°C, presentava els mateixos resultats microbiològics, fisicoquímics i organolèptics que una llet pasteuritzada convencionalment, amb l'avantatge que la llet tractada per UHPH no presentava el característic sabor de bullit de la llet tractada tèrmicament, i al mateix temps s'evitava la tendència al descrematge durant l'emmagatzematge (Pereda *et al.*, 2007).

Igualment, es va observar que tractaments d'UHPH de 200 a 330 MPa de la llet modificaven les propietats de coagulació àcida per produir iogurts, disminuint el temps total de coagulació, i augmentant la fermesa d'aquests gels. Els iogurts elaborats a partir de llet UHPH mostraven millor textura i capacitat de retenció d'aigua, fent possible la utilització d'aquesta tecnologia per tal d'elaborar iogurts amb bones característiques sensorials sense haver d'incorporar sòlids no grassos (com la llet en pols) en la llet (Serra *et al.*, 2007).

No només existeixen estudis sobre la tecnologia UHPH aplicada a la llet, sinó també sobre els microorganismes inoculats en suc de taronja, llet de soia, etc... En tots els casos cal destacar l'extraordinària efectivitat que posseeix aquesta tecnologia sobre la inactivació microbiana, amb modificacions mínimes sobre les característiques sensorials i nutricionals dels aliments estudiats, on cal destacar també l'elevada resistència que presenten les espores (Briñez *et al.*, 2007).

Així doncs, pel que fa a les tecnologies basades en altes pressions caldrà veure'n la prometedora evolució en els propers anys per tal de solucionar els reptes que presenta l'evolució de la indústria d'aliments i begudes.

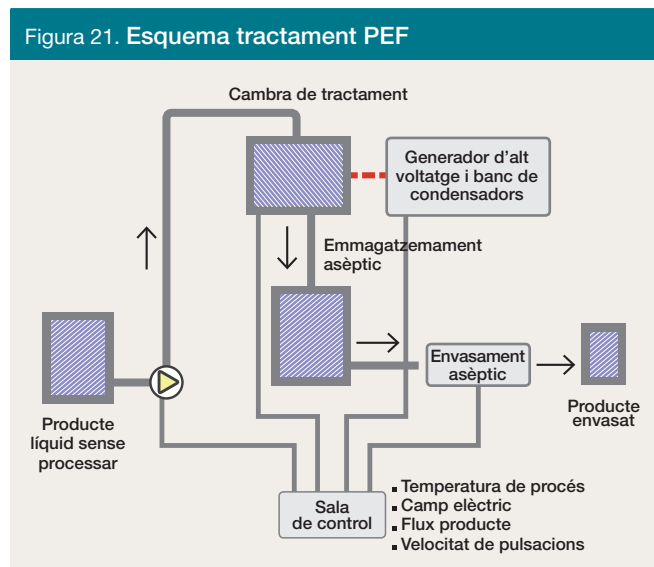
Tecnologia de pulsacions elèctriques d'alta intensitat de camp

Les pulsacions elèctriques d'alta intensitat de camp (*pulsed electric fields*, PEF) són una tecnologia no tèrmica i, tot i que encara es troba poc desenvolupada, ofereix moltes oportunitats per a la indústria del processament. Actualment els estudis que s'estan portant a terme pretenen aconseguir l'optimització d'aquesta tecnologia i la descripció detallada dels efectes d'aquest procés sobre les característiques sensorials i nutricionals dels productes alimentaris tractats.

Aquesta tècnica es basa en un senzill sistema elèctric que consisteix en una font d'alt voltatge (normalment de 20

a 80 kV/cm), un banc de condensadors, un interruptor i una cambra de tractament. El tractament consisteix en l'aplicació de pulsacions d'alt voltatge al producte, que es troba situat entre dos elèctrodes a temperatura ambient, o lleugerament per sobre, amb un temps d'exposició de menys d'un segon.

Un dels principals avantatges d'aquesta tecnologia es basa en la pèrdua mínima d'energia, ja que el sobreescalfament del producte tractat es redueix al mínim. L'optimització d'aquesta tecnologia possibilitarà en un futur l'aplicació de pulsacions d'alt voltatge com a alternativa als tractaments tèrmics i químics clàssics, per tal de millorar la qualitat i seguretat dels productes tractats i prolongar-ne la vida útil, alhora que permetrà una relació més respectuosa amb el medi ambient (Artíguez *et al.*, 2008).



Font: Raventós (2006).

Entre els principals avantatges que presenta aquesta tècnica podem esmentar els següents:

- Inactivació microbiana major, donat que les longituds d'ona produïdes per aquesta tecnologia són d'un espectre major que les utilitzades mitjançant els raigs UV aplicats en continu.
- Alt poder de penetració de la llum polsada.
- Menor temps de tractament (aspecte important per a les línies de processament en continu).
- Absència d'un augment de la temperatura superficial del producte tractat.

- Utilització de làmpades de xenó, evitant així riscos potencials a nivell mediambiental i de salut que poden derivar-se de la utilització de les làmpades de mercuri.

El principi d'actuació de les pulsacions elèctriques d'alta intensitat es basa en una exposició de les cèl·lules de manera que les membranes desenvolupin porus que poden ser permanents o temporals, depenent de la intensitat i les condicions de tractament. Amb la formació de porus augmenta la permeabilitat de la membrana, fet que produeix la pèrdua de contingut de la cèl·lula o la intrusió dels agents que l'envolten. Una perforació irreversible de la membrana de la cèl·lula redueix el seu efecte de barrera de manera permanent i causa la mort cel·lular. Aquesta pèrdua de vitalitat cel·lular causada per l'electroporació²⁵ produïda amb aquest mecanisme és, a més, una eina capaç per a la inactivació de microorganismes, permetent una pasteurització no tèrmica d'aliments líquids (IUFOST, 2010).

L'eficàcia d'aquest procés es preveu que sigui òptima en productes líquids transparents que permeten el pas de la llum, mentre que el grau d'inactivació microbiana podria ser menor en el cas dels líquids opacs o amb partícules en suspensió, per la dificultat de penetració de la llum polsada. Així mateix, la propietat dielèctrica d'un aliment està estretament relacionada amb la seva estructura física i composició química; per aquest motiu, els productes líquids homogenis amb una conductivitat elèctrica baixa presenten les condicions ideals per a un tractament en continu mitjançant aquesta tecnologia. Basant-se en aquest coneixement, els primers assajos es van realitzar en suc de fruita, on l'objectiu principal va ser conèixer les repercussions microbiològiques d'aquesta tecnologia. Aquests treballs han demostrat que els microorganismes són reduïts en major o menor grau depenent del tipus de suc, del tipus de microorganisme i de l'equip i paràmetres elèctrics utilitzats.

En el cas dels aliments sòlids, la inactivació dels microorganismes només seria eficaç pel que fa a la superfície, donat el baix grau de penetració de la llum polsada a l'interior del producte. Tot i aquesta limitació, aquesta tecnologia pot resultar una alternativa a la utilització de pesticides per tal d'aconseguir una descontaminació superficial en fruites, verdures i productes pesquers i/o carnis mínimament processats, així com en les superfícies dels grans de cereals. Cal destacar que el tractament mitjançant llum polsada és efectiu tant en el processament directe d'aliments com per al d'aliments prèviament

envasats, sempre que les propietats del material siguin adequades. Així mateix, aquesta tecnologia és aplicable a la descontaminació d'aquelles superfícies que estaran en contacte amb els aliments, reduint així el risc de contaminació creuada al llarg de la cadena de producció.

La destrucció de microorganismes provocada per les pulsacions elèctriques depèn de diferents factors, com la intensitat del camp elèctric, el temps de tractament, la temperatura de l'aliment i el tipus de microorganisme a eliminar. Tot i l'efectivitat d'aquest procés, sembla que els microorganismes esporulats i virus no serien afectats per l'aplicació d'aquesta tecnologia (Lelieveld *et al.*, 2007). Pel que fa als enzims, aquest tractament ofereix les mateixes garanties que els processos tèrmics tradicionals.

Per altra banda, l'aplicació d'aquesta tecnologia en matèries primeres d'origen animal i vegetal pot ser utilitzada per ablanir els teixits i millorar els processos d'extracció (Vorobiev i Lebovka, 2008). En contrast amb els tractaments tèrmics aplicats per a la pasteurització, les pulsacions elèctriques d'alta intensitat no causen la coagulació de les proteïnes o la gelatinització del midó. Els enllaços covalents químics no es veuen afectats, de manera que els nutrients es mantenen intactes.

Pel que fa als aspectes mediambientals, l'aplicació de la tecnologia per pulsacions elèctriques d'alta intensitat en tractaments de curt temps en continu probablement possibilitarà una millora en la sostenibilitat dels aliments processats, atesa la reducció d'exigència energètica, mantenint o millorant la qualitat i seguretat alimentària. Encara que les pulsacions elèctriques d'alta intensitat requereixin una aportació addicional d'energia elèctrica, aquesta té avantatges sobre el consum total d'energia requerida en processos com l'extracció, el premsatge o l'assecatge. Així mateix, els temps de tractament es redueixen, com també les necessitats de recursos hídrics durant el tractament (Toepfl *et al.*, 2006).

Tot i els avenços realitzats en el camp de la tecnologia PEF, són diverses les àrees que cal reforçar per a la seva comercialització, com per exemple la identificació dels patògens més resistents a pulsacions d'alt voltatge, el desenvolupament de mecanismes de validació per assegurar la seguretat microbiològica, el desenvolupament i avaluació dels models cinètics tenint en compte els factors crítics que intervenen en la inactivació de microorganismes, o la identificació i aplicació de nous materials dels elèctrodes per

25. L'electroporació és el fenomen segons el qual una cèl·lula exposada a pulsacions d'alta tensió de camp elèctric temporalment, desestabilitza la bicapa lipídica i les proteïnes de les membranes cel·lulars que la constitueixen.

tal d'aconseguir temps més llargs de tractament reduint la migració de metalls d'aquests, entre altres (FDA, 2009).

Tecnologia d'esterilització per plasma fred

La tecnologia d'esterilització per plasma es troba encara en estat de desenvolupament i es dirigeix fonamentalment a la desactivació i/o l'eliminació de microorganismes presents en les superfícies dels materials emprats en la indústria agroalimentària, així com en productes amb nutrients termolàbils,²⁶ ja que aquesta descontaminació es pot portar a terme en rangs de temperatura entre els 20 i els 50 °C (Critzler *et al.*, 2007).

La tecnologia d'esterilització per plasma es fonamenta en la generació de l'estat de plasma d'un gas (aire, oxigen...), ja sigui en una cambra de buit o a pressió atmosfèrica, i fer-lo incidir sobre una superfície contaminada per microorganismes. Aquest estat de plasma està format per una sèrie d'ions, radicals i molècules del gas en estat excitat que, per diferents mecanismes (per dispersió forçada d'un càtode, deposició d'ions o radiació UV), provoquen la desactivació i/o l'eliminació del microorganisme causant de la contaminació (Perni *et al.*, 2008).

L'esterilització per plasma enfront de les tecnologies existents (com l'esterilització amb vapor o l'esterilització química) presenta alguns trets diferencials. D'una banda, no resulta necessari l'ús de productes químics agressius i contaminants. D'altra banda, és una tecnologia seca, de manera que no necessita dissolvents. Finalment, les temperatures assolides durant el tractament no són gaire elevades (és en general un estat fred de plasma), de manera que es pot utilitzar en el tractament de materials termolàbils.

Els productes on es presenta un major potencial d'utilització d'aquesta tecnologia serien els aliments frescos, com els vegetals i les fruites, així com els productes que incorporin aquests aliments a la seva composició com a ingredients principals i amb major proporció respecte d'altres ingredients (en especial els plats preparats o menjar de conveniència). Això és així perquè, en general, en l'elaboració d'aquests productes es porta a terme un procés de manipulació de les matèries primeres que comporta el risc que els microorganismes presents a les superfícies (ja sigui la de matèria primera o la dels instruments utilitzats per a la manipulació) siguin traslladats i dipositats a l'interior. Convencionalment, els vegetals i les fruites s'han tractat amb hipoclorit, però

aquest tipus de tractament presenta limitacions quant a l'eficàcia i per la generació de residus derivats d'aquesta tècnica potencialment perjudicials per a la salut.

Pel que fa a l'estat de desenvolupament de les tecnologies de plasma en l'elaboració d'aliments, els esforços en recerca realitzats al llarg de la darrera dècada han estat encaminats a entendre i aplicar situacions de pressió atmosfèrica en plasmes com a mètode d'esterilització (Ehlbeck *et al.*, 2008). No obstant això, són necessàries noves investigacions per identificar les espècies de plasma que esdevindran més letals per als microorganismes, les condicions d'aplicació que permetin maximitzar els resultats i minimitzar l'impacte en les propietats nutricionals i organolèptiques de les matèries primeres en què s'aplica (Perni *et al.*, 2007), i per comprendre millor les interaccions de les espècies reactives de plasma amb les superfícies orgàniques vitals i els biosistemes (Mastwijk i Nierop Groot, 2010). En definitiva, aquesta recerca permetria controlar els efectes del plasma i dissenyar aquests processos de forma més específica i eficient.

En diversos estudis s'ha demostrat la capacitat del plasma atmosfèric per a la inactivació de cèl·lules vegetatives, incloent bacteris, llevats, fongs formadors de biopel·lícules i endòspores (Moreau, 2008). L'interès recent se centra principalment en una inactivació efectiva a través de plasma fred en els pericarpis contaminats, per exemple, dels mangos i melons (Perni *et al.*, 2008a), pebre vermell (Meugels *et al.*, 2005), superfícies de fruita fresca tallada (Perni *et al.*, 2008b) o ametlles (Deng *et al.*, 2007). No obstant això, com s'ha dit abans, els mecanismes d'inactivació dels diferents plasmes utilitzats no s'entenen encara completament. En funció de la font de plasma, els paràmetres del procés i els gasos generats de les espècies reactives varien, fet que dificulta les comparacions entre els diferents mecanismes d'inactivació.

Així mateix, el treball focalitzat en la inactivació dels microorganismes a les superfícies dels aliments, com també dels al·lèrgens presents en els materials de superfície utilitzats a la indústria, ha permès entreveure altres aplicacions. Un exemple destacat és la potencial inactivació de proteïnes en contacte amb acer inoxidable (Deng *et al.*, 2007), fet que presenta implicacions positives en l'eliminació de prions.²⁷ Aquesta possible aplicació no només presenta conseqüències positives per a l'agroindústria, en especial en termes de seguretat alimentària, sinó també per al sector de la salut (Shama *et al.*, 2009) i la indústria d'empaquetament. En aquest últim àmbit, el tractament de components

26. Substàncies que modifiquen o perden certes propietats en variar la temperatura.

27. Proteïnes animals relacionades amb la presentació d'encefalopaties transmissibles, com, per exemple, la de Crewfeld Jacob.

amb geometria complexa exigeix el desenvolupament de fonts de plasma capaces de penetrar en cavitats. A més, donat que la transferència d'energia d'un plasma a baixa temperatura a una superfície és petita, el tractament de materials sensibles a la calor és factible.

Des del punt de vista de la sostenibilitat ambiental, les tecnologies de plasma es poden aplicar a les activitats de neteja, fet que permet la substitució de processos amb agents químics (*wet-chemical*) que generen les aigües residuals i així aconseguir processos secs ambientalment desitjables (Weltmann *et al.*, 2008).

Tecnologia per microones: alternatives a les tecnologies tèrmiques convencionals

Entre les tecnologies tèrmiques emergents en fase d'estudi, també es pot destacar l'emissió d'ones electromagnètiques, com ara les microones. El potencial d'aquesta tecnologia es basa en les diverses aplicacions en l'àmbit de l'alimentació, com serien la pasteurització i esterilització de productes envasats, crus o preparats, la descongelació o la deshidratació de productes com alternativa a la liofilització.

Les microones són ones electromagnètiques definides en el rang de freqüències situat entre els 300 MHz i els 300 GHz, que corresponen a longituds d'ona des d'1 mm fins a 30 cm. Aquestes ones constitueixen una forma d'energia que es manifesta com a calor quan interacciona amb un material al qual transfereixen aquesta energia. Dins l'espectre electromagnètic, les més utilitzades són les de 2.450 MHz²⁸ i 915 MHz, la longitud d'ona de les quals és de 12 a 34 cm.

Taula 11. Rang de freqüència anomenada microones

Rang de freqüència d'ona	Nomenclatura
0.3-3 GHz	Ultra-high frequency (UHF)
3-30 GHz	Super-high frequency (SHF)
30-300 GHz	Extremely high frequency (EHF)

Font: Alimentatec (2009b).

El tractament amb microones es basa en dos mecanismes: el dielèctric i l'iónic. El primer mecanisme origina una oscil·lació de les molècules d'aigua, fet que provoca xocs entre aquestes i les del seu entorn, amb la consegüent

transmissió d'energia per generar, així, un augment de temperatura en l'aliment. Aquest primer mecanisme es dona com a resposta a la naturalesa bipolar de l'aigua, on les molècules tracten de seguir el camp elèctric associat a la radiació electromagnètica aplicada. El segon mecanisme es dona a través de la migració oscil·latòria d'ions en l'aliment, fet que genera calor sota la influència del camp elèctric oscil·lant aplicat durant el tractament.

Així doncs, l'escalfament mitjançant aquest tipus d'energia es basa en l'habilitat dels aliments d'absorbir la radiació electromagnètica i convertir-la en calor. Aquesta habilitat depèn, entre altres factors, del tipus d'aliment (productes sòlids o líquids), de l'estat en què es trobi (congelat o descongelat), de les seves característiques geomètriques, dimensions, propietats dielèctriques,²⁹ densitat, calor específica i conductivitat tèrmica.

Els avantatges de la tecnologia per microones en el sector alimentari respecte a les tecnologies tèrmiques tradicionals es basa en la velocitat d'escalfament, que redueix els efectes negatius sobre les propietats físiques del producte, com ara la reacció de Maillard³⁰ o la desnaturalització de proteïnes i vitamines. A més, l'escalfament es produeix en tot el volum del producte, evitant que els productes es cremin per l'excés en l'ús dels tractaments tèrmics, necessaris per arribar a les parts més internes de l'aliment (Coronel *et al.*, 2007).

La tecnologia per microones podria presentar-se com un tractament molt versàtil dins la indústria del processament, ja que permet el tractament sobre el producte, tant sense envasat com envasat, cosa que, en aquest últim cas, fa que no sigui necessària una manipulació del producte després del tractament i que, per tant, tingui majors garanties de seguretat.

Tot i els avenços en el seu estudi, l'efectivitat d'aquesta tecnologia per a la indústria alimentària encara està per definir, ja que els avantatges del tractament per ones electromagnètiques estan definits per a productes individuals i no en el conjunt d'una matriu alimentària complexa, que conté diferents components amb les seves peculiaritats quant a formes, composició, etc. (Alimentatec, 2009b).

Tecnologia d'ultrasons

Els ultrasons es poden definir com a ones acústiques, d'una freqüència superior als 20 kHz, que no són perceptibles pel

28. Freqüència utilitzada per als equips domèstics.

29. Donada la naturalesa bipolar de l'aigua, aquesta resulta un gran medi dissolvent de compostos iònics, com són les sals minerals o el glúcids.

30. La reacció de Maillard (tècnicament, *glicosilació o glicació no enzimàtica de proteïnes*) és un conjunt complex de reaccions químiques que es produeixen entre les proteïnes i els sucres reductors que es donen en escalfar (no necessàriament a temperatures gaire altes) els aliments.

sistema auditiu humà. Es diferencia entre ultrasons de baixa intensitat (situen la seva freqüència entre 0,1-20 MHz) i els d'alta intensitat (situen la seva freqüència en $< 0,1$ MHz). Els primers poden ser utilitzats per obtenir informació sobre les propietats fisicoquímiques dels aliments, com la maduresa, el contingut de sucres, l'acidesa, etc. (Demirdöven *et al.*, 2009). Els d'alta intensitat, al contrari, poden provocar canvis tant físics com químics en les propietats dels aliments. Durant el tractament amb ultrasons, els efectes són principalment mecànics i es produeixen cicles d'expansió i compressió de forma alterna (Mason *et al.*, 2005). El resultat és la formació ininterrompuda de microbombolles (Patist i Bates, 2008). En els cicles d'expansió, els ultrasons provoquen el creixement d'aquestes o la formació de noves. Quan aquestes microbombolles aconseguen un volum on no poden absorbir més energia, implosionen provocant microcorrents, fet que origina el col·lapse de les molècules presents en el medi i, en conseqüència, la inactivació microbiològica. Aquest fenomen és el que es coneix com a cavitació gasosa.

Durant el fenomen de la cavitació es poden arribar a aconseguir, durant períodes de temps curts, temperatures al voltant de $5.500\text{ }^{\circ}\text{C}$ i pressions de 50 MPa (Clark, 2008). Diferents autors indiquen que els microorganismes poden sobreviure sota aquestes condicions, ja que els temps d'exposició són curts, però que no serien capaços de sobreviure als canvis de pressió que origina el fenomen de la cavitació (Villamiel i Jong, 2000). Altres hipòtesis consideren que la formació de radicals lliures³¹ durant la cavitació podria afectar l'ADN dels microorganismes (Hiraoka *et al.*, 2006).

És difícil establir els límits entre aquestes hipòtesis, i probablement la inactivació microbiana es produeix com a conseqüència dels mecanismes anteriorment descrits. El que sí que s'ha demostrat és que les formes esporulades són altament resistents al tractament amb ultrasons; per això, resulta necessari l'estudi de processos combinats amb les variables de temperatura (termosonicació) i pressió (manosonicació) o ambdues (manotermosonicació) (IFT, 2006).

Així mateix, els tractaments amb ultrasons podrien presentar una millora potencial en una gran gamma de processos clau del processament d'aliments, pels canvis que generen en la viscositat del producte, com ara l'emulsionament, l'homogeneïtzació, l'extrusió, la cristallització i els processos de transferència de massa i transferència de calor. A més, l'estructura de l'aliment pot ser alterada per la modificació de proteïnes, produint canvis en la textura (Patist i Bats, 2008).

Més enllà dels aspectes ja esmentats, la utilització d'aquesta tecnologia pot contribuir a augmentar els estàndards higiènics en la producció alimentària. La cavitació i els fenòmens associats podrien facilitar l'eliminació d'impureses i millorar els processos de neteja amb temps curts d'aplicació d'aquesta tecnologia, amb la consegüent reducció de l'ús de productes químics. Aquests fets, alhora, permeten demostrar el potencial dels ultrasons en la millora de la sostenibilitat en la producció alimentària, amb la contribució a l'estalvi energètic i la disminució del consum de recursos hídrics (IUFOST, 2010).

Tot i els avenços en l'estudi d'aquesta tecnologia no tèrmica, sembla que caldrien més estudis per determinar la viabilitat i utilitat dels ultrasons com a mètode de conservació o com a tractament complementari d'altres d'existents. Les principals àrees on caldria un major desenvolupament serien la determinació dels efectes de l'ultrasò en l'eficiència d'inactivació microbiana quan s'utilitza amb altres tecnologies de processament, la identificació dels mecanismes d'inactivació microbiana quan s'utilitza en combinació amb altres tecnologies, la identificació dels factors crítics del procés quan els ultrasons s'utilitzen com a tecnologia de barrera i, finalment, l'avaluació de la influència sobre les propietats dels aliments, tals com la viscositat i la grandària de les partícules, en la inactivació microbiana (FDA, 2009).

Tecnologia per pulsacions lumíniques

Aquesta tecnologia no tèrmica consisteix en l'aplicació de successives pulsacions de llum d'alta intensitat en què l'espectre de llum emesa s'estén de 200 nm (ultraviolada) a 1.000 nm (pròxima a infraroja), on cada pulsació de llum té una durada de $325\text{ }\mu\text{segons}$ aproximadament. Aquest mètode inactiva microorganismes mitjançant una combinació de reaccions fototèrmiques i fotoquímiques (Demirci i Panico, 2008).

La curta durada de cada pulsació permet la localització específica dels efectes letals en els microorganismes en la superfície del producte. El nombre de pulsacions, la intensitat i la velocitat d'aquestes durant el tractament dependran de la tipologia de producte. Tot i així, l'aplicació excessiva d'alguna d'aquestes variables pot produir un increment de la temperatura del producte major que la desitjada. La intensitat de la llum ha de ser suficient per escalfar la capa superficial del producte (una capa d'espessor de menys de 10 nm), almenys fins a $50\text{-}100\text{ }^{\circ}\text{C}$, assolint així valors suficients com per afectar les cèl·lules

31. Els radicals lliures són àtoms altament inestables a causa de la pèrdua d'un electró, i amb capacitat d'iniciar reaccions químiques en cadena en què cada molècula reacciona amb la següent per intentar estabilitzar-se.

vegetatives alterants presents a la superfície tractada. Alguns segons després de l'exposició a les pulsacions lumíniques, la calor que es genera en el producte és molt inferior comparada amb la quantitat de calor necessària per processar-lo tèrmicament de forma adequada.

Pel que fa a l'esterilització d'envasos per a l'envasament asèptic, normalment es porta a terme mitjançant productes químics com el peròxid d'hidrogen, el qual pot alliberar residus indesitjats tant en el material com en el producte contingut. Amb l'ús de la tecnologia per pulsacions lumíniques s'aconsegueix disminuir o eliminar la necessitat d'utilitzar productes químics desinfectants, afavorint així la relació amb el medi ambient. Aquesta tecnologia no tèrmica pot ser aplicada tant a la superfície dels aliments com sobre els materials d'envasament. En conseqüència, els productes alimentaris poden ser desinfectats per pulsacions lumíniques després de l'envasament, sempre que el material de l'envàs sigui suficientment transparent a l'espectre de tractament, essent els materials opacs no aptes per a aquesta tecnologia. El material d'envasament ha de ser capaç de transmetre almenys el 10-50% de l'energia lluminosa d'un tractament amb una longitud d'ona de menys de 320 nm (Ragaert *et al.*, 2007). Així mateix, les característiques de les pulsacions lumíniques (longitud d'ona, intensitat, durada i nombre de pulsacions), de l'envàs i dels atributs del producte són considerats factors crítics del procés mateix. En el cas de productes líquids, són la transparència i la densitat els factors a tenir en compte a l'hora de definir l'èxit d'aquesta tecnologia (FDA, 2009).

Una de les característiques més interessants d'aquesta tecnologia és la capacitat d'ajustar el procés en funció de l'efecte antimicrobià que es desitgi, és a dir, els aliments poden ser desinfectats mitjançant la utilització d'un espectre complet o amb la selecció de distribucions espectrals per a microorganismes particulars. Així mateix, la filtració de l'espectre elimina les longituds d'ona indesitjables que afecten de forma adversa els atributs i la qualitat de l'aliment. En aquest sentit, la majoria de l'energia absorbida prové de les regions visibles i infraroja de l'espectre.

El repte més important que existeix sobre aquesta tecnologia se centra en la comercialització a nivell industrial un cop es donin respostes a diferents qüestions, com ara la identificació dels factors crítics del procés i com aquests afecten la inactivació microbiana, la idoneïtat de la tecnologia per a productes sòlids i líquids opacs on la profunditat de penetració de les pulsacions és crítica, la formació potencial de subproductes tòxics, la resistència de patògens comuns al tractament i els diferents mecanismes d'inactivació microbiològica respecte als tractaments lumínics convencionals (llum ultraviolada) (FDA, 2009).

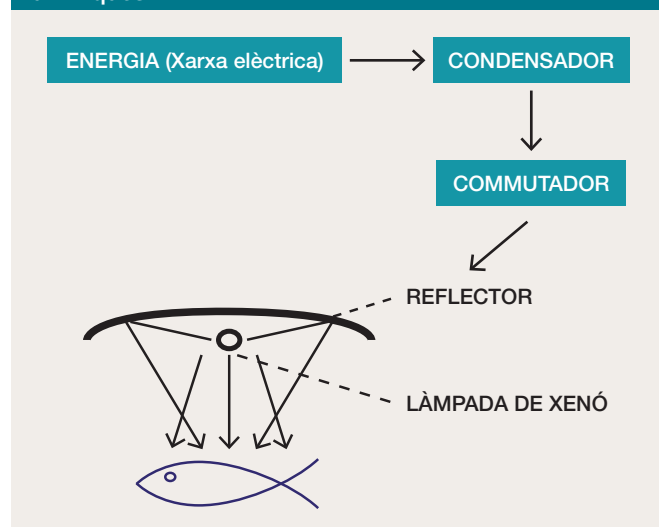
Altres tecnologies emergents

Al llarg d'aquest capítol s'han assenyalat les diferents variables que promouen l'avenç tecnològic en el camp del processament i conservació d'aliments i begudes, així com els nous mètodes no tèrmics i tèrmics objecte d'investigació per tal d'avaluar-ne el potencial com a processos alternatius o complementaris als mètodes més tradicionals. Així mateix, existeixen altres tecnologies en què les referències són limitades, per trobar-se en fase inicial d'estudi, o altres àmpliament estudiades però sobre les quals no existeix un consens internacional sobre les aplicacions. Entre aquestes destaquen especialment la crioconcentració o el tractament amb rajos ionitzants.

Crioconcentració

La crioconcentració consisteix en la concentració d'aliments líquids i begudes mitjançant congelació, fet que implica una reducció de la temperatura del producte de forma controlada per aconseguir una congelació parcial. Això permet d'obtenir una barreja de cristalls de gel en un fluid concentrat de forma homogènia i uniforme, a diferència dels mètodes tradicionals, en què els cristalls de gel es formen preferentment a la superfície del producte, en ser

Figura 22. Esquema del tractament basat en pulsacions lumíniques



Font: Alimentatec (2009c).

aquesta la zona de contacte amb els intercanviadors de calor (CSIC, 2010). Amb la separació d'aquests cristalls de gel, ja sigui per mètodes de centrifugació o filtració, s'aconsegueix un producte cada cop més concentrat.

Aquesta tecnologia emergent podria comptar amb els següents avantatges principals:

- Estalvi energètic per la possibilitat de treballar amb temperatures majors a les del punt de congelació del producte.
- Generació dels cristalls de gel de forma pràcticament immediata.
- Control eficaç de la quantitat de gel generat i, per tant, de la concentració del producte, mitjançant la combinació de pressió i temperatura. És possible obtenir entre el 25 i el 30% de contingut total d'aigua del producte.
- Distribució uniforme i homogènia dels cristalls de gel.
- En relació amb altres mètodes, com els intercanviadors de calor de superfície raspada, no es requereix raspament després de l'etapa de cristallització, cosa que resulta beneficiosa per l'estalvi energètic i de manteniment de l'equipament.
- La combinació amb la tecnologia d'altres pressions pot conferir major estabilitat al producte final pel que fa a inactivació microbiològica i enzimàtica.

Aquesta separació a baixa temperatura permet la concentració d'aliments tèrmicament sensibles, sense que es produeixi pèrdua de qualitat, aromes o components volàtils com succeeix en els processos d'evaporació tradicionals. Tanmateix, encara s'està treballant per tal d'obtenir equipaments que resultin totalment viables des del punt de vista industrial i dels seus volums de producció.

Radiacions ionitzants per a la conservació d'aliments

L'aplicació de radiacions ionitzants, també anomenada *irradiació* o *radioesterilització*, és una tècnica no tèrmica, amb possible combinació amb altres mètodes de conservació, i que pot ser comparable a altres tècniques d'ús quotidià que utilitzen la calor (com la pasteurització i l'esterilització) o el fred (refrigeració, congelació, liofilització). En aquest cas, però, no es dona un increment de temperatura substancial sobre el producte, la qual cosa suposa una pèrdua de nutrients i qualitats molt menor respecte als processos de conservació tradicionals.

La irradiació consisteix a exposar els productes a l'acció de les radiacions ionitzants en una dosi màxima de 10 kGy³² durant un lapse de temps. Aquest mètode utilitza bàsicament dos tipus de llamps ionitzants: la irradiació gamma, que és obtinguda a partir de la desintegració radioactiva d'isòtops de cobalt i cesi, i els feixos d'electrons accelerats.

Taula 12. Causes i efectes de les radiacions ionitzants sobre diferents aliments

Dosis baixes	Dosi (kGy)	Aliment	Efectes
Patates, cebes i alls	0,05-0,15	Inhibició de brots.	Extensió del temps d'emmagatzematge.
Fruites i verdures	0,25-1	Llag temps fins a la maduració.	Millora de les propietats d'emmagatzematge.
Fruites i verdures	0,2-0,7	Mort i esterilització sexual d'insectes.	Propagació de malalties.
Carns	0,3-0,5	Destrucció de paràsits com la <i>Trichinella spiralis</i> o la <i>Taenia saginata</i> .	Prevenició de malalties per paràsits en càrnics.
Dosis mitjanes			
Fruites i verdures	1-3	Reducció de poblacions de bacteris, floridures i llevats.	Millora de les propietats d'emmagatzematge.
Carn de boví, pollastre i peix	1-5	Reducció de poblacions de microorganismes capaços de créixer a temperatures baixes.	Millora de les propietats d'emmagatzematge en fred.
Espècies i productes deshidratats	10 mitjana	Descontaminació microbiològica de bacteris i fongs, eliminació d'insectes i larves.	Millora de les propietats d'emmagatzematge. Prevenició de la difusió de malalties.

Font: Ionisios Iberica (2010).

32. Kilogray.

Taula 13. Llista d'aliments o ingredients alimentaris que els estats membres autoritzen a tractar amb radiació ionitzant

Producte	Autoritzat amb la dosi total mitjana màxima de radiació absorbida indicada (kGy)						
	Bèlgica	Rep.Txeca	França	Itàlia	Holanda	Polònia	Regne Unit
Herbes aromàtiques congelades	10	10	10				
Patata	0,15	0,2		0,15		0,1	0,2
Nyam		0,2					0,2
Ceba	0,15	0,2	0,075	0,15		0,06	0,2
All	0,15	0,2	0,075	0,15		0,15	0,2
Escalunya	0,15	0,2	0,075				0,2
Hortalisses, inclosos llegums	1	1					1
Llegums		1			1		
Fruïtes (inclosos els fongs, el tomàquet i el ruibarbre)	2	2					2
Maduixes	2	2					
Hortalisses i fruita seca	1	1	1		1		
Cereals	1	1					1
Flocs i gèrmens de cereals per a productes làctics	10	10	10				
Flocs de cereals		1			1		
Farina d'arròs	4	4	4				
Goma aràbiga	3	3	3		3		
Carn de pollastre		7			7		
Aus de corral	5	5	5				
Aus domèstiques, oques, ànecs, pintades, coloms, codornius i gall dindi	7	7					7
Carns d'aus de corral recuperades mecànicament	5	5	5				
Menuts d'aus de corral	5	5	5				
Cuixes de granota congelades	5	5	5		5		
Sang, plasma i coagulacions deshidratades	10	10	10				
Peixos i mariscs (incloses anguilles, crustacis i mol·luscs)	3	3					3
Gambes congelades, ja siguin pelades o decapitades	5	5	5				
Gambes					3		
Clara d'ou	3	3	3		3		
Caseïna i caseïnats	6	6	6				

Font: Diari Oficial de la Unió Europea (2009).

Aquest mètode de conservació és capaç d'evitar que brollin els bulbs, tubercles i arrels; eliminar insectes per evitar-ne la propagació en productes hortofructícoles i cereals; eliminar paràsits com la *Trichinella spiralis* de la carn de porc; alentir la maduració de les fruites i demorar l'envelliment de productes com xampinyons i espàrrecs; perllongar el temps de comercialització de carns i peixos frescos en reduir-ne la contaminació microbiana; eliminar microorganismes patògens no esporulats causants de malalties en l'home (com per exemple la salmonel·la en pollastre i ous); i conservar aliments sense desenvolupament microbià a temperatura ambient durant anys (per exemple en les espècies i plantes aromàtiques).

Aquesta tecnologia no es conceptualitza pròpiament com a emergent, com les esmentades al llarg del capítol, donat que les primeres patents per a irradiació alimentària es van atorgar als Estats Units i al Regne Unit ja el 1905. Des d'aleshores, el govern dels Estats Units i altres governs del món sencer han revisat centenars d'estudis sobre els efectes que té la irradiació en els aliments. Tot i que es tracta d'una tecnologia àmpliament coneguda, sí que resulten emergents els seus usos per a la indústria alimentària espanyola, atès que actualment s'apliquen únicament a herbes aromàtiques seques, espècies i condiments vegetals.

Malgrat que la normativa europea pretén harmonitzar-ne la legislació a escala comunitària,³³ aquesta és posterior a

moltes lleis nacionals relatives al tractament amb radiacions ionitzants dels aliments. Per això, a la pràctica, existeixen diferències representatives pel que fa a l'aplicació d'aquesta tecnologia entre els diferents països de la UE, essent més tolerants que la mateixa directiva marc europea França, Holanda, Bèlgica, Hongria i el Regne Unit. Per contra, a Àustria i Alemanya existeix una sensibilitat social que s'ha traslladat a la prohibició de la irradiació expressament en la producció i conservació d'aliments ecològics.

D'altra banda, als EUA la legislació permet irradiar carns vermelles, d'aus i de porc, a més de fruites i verdures, espècies aromàtiques, llavors, herbes i condiments, enzims, ous, cereals, alguns tipus de marisc i plats precuinats. Actualment, les autoritats sanitàries s'estan plantejant incloure a la llista embotits i carn processada.

El negoci de la irradiació d'aliments està creixent cada vegada més en altres països d'arreu del món. No obstant això, a Espanya està permès únicament el tractament d'herbes aromàtiques seques, espècies i condiments vegetals, i cal que consti expressament el text «Irradiat» o «Tractat amb radiacions ionitzants» en l'etiquetatge. És per això que a Espanya únicament existeix un parell de plantes industrials autoritzades per a l'aplicació de radiacions ionitzants als aliments.

33. La Directiva 1999/3/CE del Parlament Europeu i del Consell de 22 de febrer de 1999 inclou en el seu annex una llista comunitària inicial d'aliments i ingredients alimentaris que poden tractar-se amb radiacions ionitzants, a banda d'herbes aromàtiques seques, espècies i condiments vegetals, i fixa en 10 kGy la dosi màxima autoritzada.

4. El futur de les tecnologies de l'envasament i distribució d'aliments i begudes

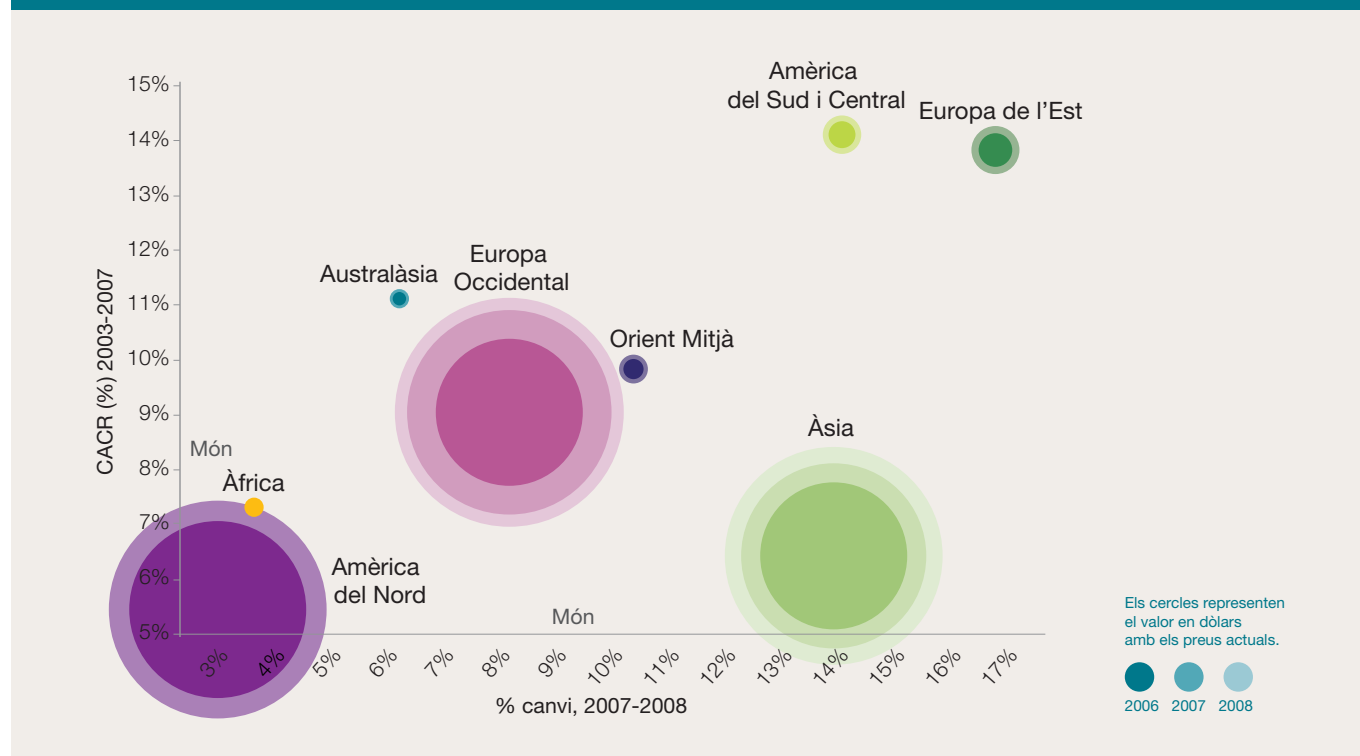
4.1 L'embalatge per a l'alimentació i les begudes en el context global

La indústria global de l'embalatge³⁴ supera els 500.000 milions de dòlars anuals, i ha crescut de mitjana anual el 7% en preus corrents en el període 2003-2007 (2,6% en euros), segons Pira (2009a); un ritme que probablement caldria revisar lleugerament a la baixa a curt termini arran de la crisi econòmica internacional, i que Pira situa entorn del 3% per al període 2009-2014.

La figura 23 mostra com en preus corrents els mercats regi-

onals amb major creixement de la indústria de l'embalatge en el període 2003-2008 van ser l'Europa de l'Est i l'Amèrica Central i Sud, en part per la importància de Rússia i el Brasil, respectivament, com també per l'apreciació de les monedes locals en relació amb el dòlar. En termes constants, però, els mercats més dinàmics van ser els asiàtics (incloent la Xina i l'Índia). De tota manera, cal tenir en compte que aquest dinamisme asiàtic es deu tant a l'impuls exportador de la regió en productes industrials i de consum en sectors diferents als de l'alimentari, com a l'embalatge orientat a la mateixa indústria local de l'alimentació i les begudes com a conseqüència de l'augment de la renda.

Figura 23. Mercat global de l'embalatge per regions (2003-2008) (milers de milions d'US\$, preus corrents)

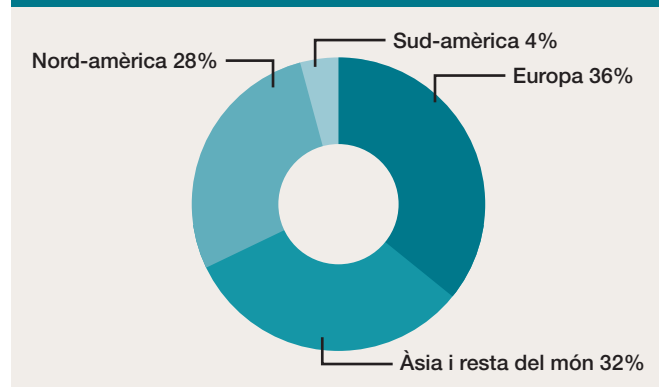


Font: PIRA (2009a).

34. En aquest paper es fa esment dels termes *embalatge*, *envàs* i *packaging* alternativament. L'envàs és el recipient que conté l'aliment o beguda, mentre que l'embalatge inclou tant el concepte d'envàs com també altres materials i objectes que tenen a veure amb l'emmagatzematge, el transport i la conservació dels aliments i begudes (capsa, caixa, embolcall, etc.). El terme *packaging* engloba ambdós conceptes.

Les taxes de creixement de l'embalatge són majors que el creixement del PIB en els mercats emergents, en general per la millora del nivell de renda, que es tradueix en un increment en el consum d'aliments i begudes envasats, a més d'altres productes i béns de consum. Per exemple, mentre que el 2002 el consum d'envasos de begudes als països BRIC representava el 22% del consum global, aquesta quota ha assolit el 30% el 2010. Per contra, en mercats madurs, el creixement de l'embalatge se situa a nivells similars o inferiors al del PIB com a conseqüència de destinar una part significativa de la renda al consum de serveis (WPO, 2008). En definitiva, és d'esperar que els mercats més dinàmics en el sector de l'embalatge per a l'aliment i begudes corresponguin als mercats emergents amb millors perspectives de creixement econòmic. De tota manera, continuaran existint oportunitats de major creixement en l'embalatge també en els mercats madurs, principalment on aquest embalatge pugui oferir serveis relacionats, com ara el menjar de conveniència, la traçabilitat, etc. (WPO, 2008). La indústria de l'embalatge representa aproximadament el 2% del PIB dels països avançats (Robertson, 2006).³⁵

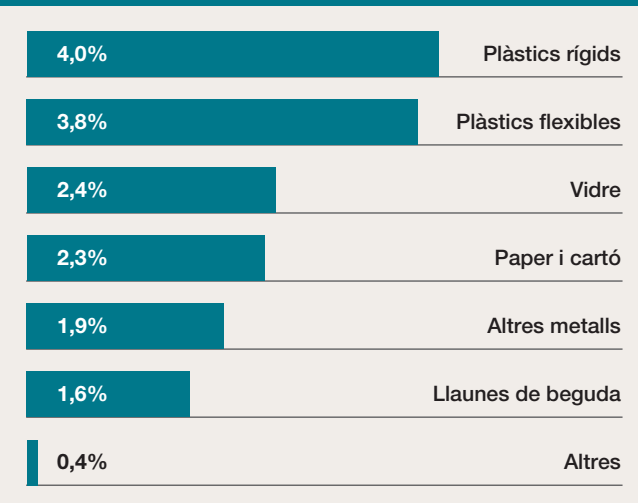
Figura 24. Mercat d'embalatge de consum per regió (2009)³⁵



Font: Pira (2009).

Per materials, l'embalatge de plàstic suposa el 37% de la facturació mundial, i les perspectives de creixement anual (4% per als rígids i 3,8% per als flexibles) se situen clarament per sobre dels altres materials en el període 2009-2014 (Rexam, 2009). El creixement superior d'aquest es deuria principalment als avenços en les propietats dels materials plàstics, que generaran la substitució d'altres tipus de materials d'embalatge, així com també pel desenvolupament de noves aplicacions (Rexam, 2007).

Figura 25. Creixement anual compost 2009-2014 del mercat d'embalatge de consum, per tipus de material³⁶



Font: Pira (2009).

La indústria de l'embalatge per a l'alimentació i les begudes no es veu, en general, afectada per la crisi econòmica internacional, tot i que les limitacions al finançament podrien haver afectat a curt termini la inversió en maquinària i la innovació (substitució de materials en algun cas) i, especialment en els mercats emergents més exposats,³⁷ la demanda d'embalatge per a productes de major valor i de consum discrecional (Pira, 2009a).

Alimentació i begudes representen en conjunt, actualment, el segment més ampli del mercat global de l'embalatge, amb quotes aproximades del 51% en els envasos per a aliments i del 19% per a begudes, i les previsions són que augmenti encara més la seva participació d'aquí al 2012, en ser el de l'alimentació un dels sectors menys afectats per la crisi. En el cas concret de l'embalatge per a les begudes, contribuiran a aquest creixement especialment els segments d'aigua embotellada, els sucres de fruita i les begudes funcionals i saludables en els mercats avançats (en part a causa de canvis demogràfics associats amb l'envel·liment de la població), mentre que en els mercats emergents els segments de begudes carbonatades i cerveses.

Pel que fa a l'embalatge específicament per a aliments, el plàstic flexible lidera el mercat mundial pel seu ús en pràcticament totes les categories d'aliments. Suposa prop de la meitat del mercat europeu, una proporció encara major en el cas dels països de l'est europeu (Packaging Europe, 2009).

35. Exclou l'embalatge industrial i secundari.

36. Exclou l'embalatge industrial i secundari.

37. L'Europa de l'Est ha estat la regió més afectada per la crisi internacional, cosa que ha repercutit també en la demanda de menjar envasat i begudes alcohòliques i carbonatades.

En els països emergents i en desenvolupament la proporció és més àmplia pel seu baix cost i les seves característiques de flexibilitat, mentre que en els avançats el seu domini es manté ferm gràcies al ritme constant d'innovacions (Rexam, 2007). Per la seva banda, els plàstics rígids representen una quarta part del total de l'embalatge per a aliments, tot i que en ràpid creixement donat que es beneficien tant del seu pes lleuger com de la seva adequació a formes més recents de consum (consum *sobre la marxa*, menjar preparat, etc.). Pel que fa als envasos de metall, mantindran un fort dinamisme sobretot pel que fa a les begudes, però el fet que no puguin ser utilitzats pels microones significa actualment una restricció en el cas dels aliments. Finalment, el vidre consolidarà el seu lideratge dins del segment *premium*, mentre que continuarà patint la competència d'altres materials amb menys risc de trencament (Packaging Europe, 2009).

4.2 Noves orientacions de l'embalatge

Més enllà de la protecció del contingut, l'envasament en la indústria alimentària i de begudes és una part important del producte en si mateix que aconsegueix un seguit de funcions destacades, entre les quals, les relacionades amb el procés de decisió de la compra: informa sobre el contingut, transmet la imatge de marca i activa l'estimulació visual (BASF, 2009). A més d'aquestes, l'envasament aconsegueix també altres funcionalitats: operativa a través del seu ús més o menys convenient, de seguretat alimentària i ètica (segons els valors emergents, com ara la major sostenibilitat), fet que incideix sobre les decisions de recurrència en la compra. Finalment, des del punt de vista de l'empresa, l'embalatge afegeix un valor a través de la seva contribució a l'estalvi en costos i l'eficiència en la cadena de subministrament (Packaging-Gateway, 2005).

Solucions de conveniència

Com ja s'ha dit, la creixent fragmentació del consumidor segons els diferents estils de vida i el canvi constant dels hàbits es tradueixen en el desenvolupament de solucions de conveniència (dissenyades per consumir d'una manera senzilla i ràpida) orientades a cada ocasió de consum i a cada consumidor. En aquest sentit, la innovació en la funcionalitat i presentació de l'envasament de productes de conveniència encara té molt de recorregut i serà un dels principals impulsors del sector de l'embalatge per a alimentació (Felicity, 2008); per exemple, a través del desenvolupament d'envasos més ergonòmics que facilitin la manipulació intuïtiva o de formats més propicis per a ser emportats i que incloguin tot el necessari per al seu con-

sum *on-the-go* ('sobre la marxa') en qualsevol moment i lloc. També amb la possibilitat de combinar diversos ingredients o menús entre els diferents subpaquets.

Igualment, es millorarà el ventall de tecnologies *heat and eat* ('escalfar i menjar'), que permeten escalfar l'envàs al forn o al microones, per exemple, incloent-hi punts freds que permetin agafar el producte sense cremar-se, distribuint l'escalfor per tot l'aliment homogèniament (en una crema) o concentrant-la més en uns punts que en altres (en un producte cruixent per fora), o permetent d'escalfar algunes parts del conjunt mentre que altres restin fora (pollastre amb amanida) (Alimentatec, 2009a).

Si la facilitat en l'ús és una de les característiques del menjar de conveniència, també es pot estendre a solucions que facilitin el procés de decisió de compra, com ara la utilització de codis de colors (Intel, 2009). Un exemple el trobem en l'elecció del vi: recentment ha aparegut una nova gamma de vi numerat i amb codi de colors en lloc de la classificació clàssica amb les dades del fabricant i l'any de la collita o la regió (Trendhunter.com, 2009); o un exemple similar en el cas de les pastilles de cafè per a màquina. Es tracta que el consumidor recordi d'una forma més senzilla quin és el tipus de sabor preferit, i que es puguin suggerir productes similars addicionals en funció del perfil del consumidor.

Personalització a través de l'envasament

Aquest últim aspecte, a més, fa esment de la possibilitat que en el futur s'intensifiqui la personalització del producte i, en això l'envàs en combinació amb les TIC podrà jugar un paper rellevant. Un exemple en aquest sentit consisteix, en el cas d'un vi que es comercialitza per Internet, en la possibilitat d'entrar mitjançant un codi a l'espai personal de la botiga *on-line*. Des d'allà, el comprador pot seleccionar el codi de barres que s'imprimirà a l'etiqueta de l'ampolla que s'enviarà al consumidor i que podrà escanejar amb la càmera del seu telèfon mòbil per tal de poder visualitzar el missatge personalitzat (Trendhunter.com, 2009). Una altra aplicació que combina envasament i TIC és la que permet obtenir una garantia per al consumidor que el producte adquirit és original, no una còpia fraudulenta, especialment en productes d'alta gamma (Ghisolfi, 2010).

Altres possibilitats emergents en relació amb l'ús del telèfon mòbil sobre els envasos dels productes alimentaris es poden associar amb el *mobile Internet* (que possibilita l'accés a Internet a través del telèfon mòbil), per exemple possibilitant l'accés al seguiment de programes de punts (fidelització) o a informació de traçabilitat del producte, o les possibilitats que

ofereix la realitat augmentada (*augmented reality*)³⁸ tant per tenir accés a informació nutricional com promocional, etc.

Contribució de l'embalatge a la salut i la seguretat alimentària

Juntament amb la conveniència o la personalització (eix plaer), l'altre element principal que s'associa a l'alimentació en els inicis del segle XXI és el de la contribució a la salut. Malgrat que aquesta es relacioni de forma més directa amb l'aliment en si mateix, l'envasament també hi contribueix amb el manteniment de les condicions òptimes nutricionals i la seva frescor i, en conseqüència, està relacionat amb el concepte de seguretat alimentària. En aquest sentit, cal destacar l'emergència de les nanotecnologies i dels envasos intel·ligents, que permetran comunicar al consumidor, d'una banda, si el producte és apte per ser consumit (ha patit una manipulació indeguda, ha assolit una temperatura adequada de cuinada, etc.) i, d'altra banda, les dades reals sobre les aportacions nutricionals del producte, que fins i tot es podrien traslladar a aplicacions TIC per ajudar a realitzar el seguiment del comportament alimentari del consumidor (VTT, 2009).

No obstant això, alguns estudis i prediccions recents assenyalen que el consumidor podria estar saturat de la simbologia sobre els aspectes nutricionals que apareix en els envasos (Mintel, 2009), en referència als Estats Units, o que, tot i que saben interpretar en general la informació nutricional, només un percentatge reduït (16,8%) la té en compte a l'hora de seleccionar i comprar un producte (Grunet *et al.*, 2010), en el cas europeu. És probable, per tant, que es tendeixi a simplificar la manera com s'informa sobre els aspectes de salut. L'envasament intel·ligent pot esdevenir, en aquest sentit, una eina de comunicació visual, senzilla i fiable dels aspectes relacionats amb la seguretat i la salut.

Envelliment i ampliació del mercat global

Els canvis sociodemogràfics generaran demandes futures per a la indústria de l'embalatge. En primer lloc, la tendència a l'envelliment és comuna a Europa, els Estats Units, el Japó, la Xina i Rússia, la qual cosa impulsarà una demanda de productes més adequats als consumidors de les franges d'edat superiors, que poden tenir alguna disminució de la capacitat visual, auditiva, de mobilitat o de memòria, fet que pot comportar canvis substancials en l'embalatge, en especial en el disseny, com ara envasos

més fàcils de subjectar i d'obrir, o porcions més petites orientades a satisfer la menor gana d'aquest segment de població (Felicity, 2008).

En segon lloc, les perspectives demogràfiques i l'evolució de la renda fan que als països en desenvolupament sigui on s'espera un major increment del consum en alimentació. Aquest fet és rellevant de cara al disseny dels envasos per adaptar-se als requeriments del segment de població de renda més baixa (base de la piràmide), amb la necessitat d'assolir preus assequibles i amb un menor impacte sobre el medi ambient en relació amb la generació d'embolcalls, que en molts d'aquests països no es poden tractar adequadament.

L'oportunitat empresarial d'internacionalització va, però, més enllà de la base de la piràmide. A mesura que les empreses s'expandeixen a nous mercats, augmenten les necessitats d'adaptació del *packaging* a la regulació i a la demanda específiques de cada mercat; però al mateix temps també les possibilitats d'augmentar la capacitat d'innovació a través de *partnerships* amb empreses locals (Fraser, 2010), cosa que al seu torn pot incrementar la competitivitat de l'empresa en el seu conjunt.

Per altra banda, i en relació amb l'anterior, l'ampliació de la base global de consumidors pot augmentar els terminis en el transport i distribució, la qual cosa continuarà generant necessitats perquè els aliments puguin mantenir-se en bones condicions un major temps, així com en el control de la seguretat i qualitat alimentàries (VTT, 2009). L'aplicació de les nanotecnologies es considera, en aquest sentit, que possibilitarà la millora d'aquestes condicions (iRAP, 2009), tal com s'explica més endavant.

Embalatge i sostenibilitat ambiental

A escala internacional, l'increment de la població i del nombre de llars (amb menys membres), l'augment del poder adquisitiu dels darrers anys, la incorporació de la dona al mercat laboral i l'augment de l'esperança de vida, amb els canvis en els hàbits d'alimentació i compra, poden determinar la generació d'un nombre major de residus d'envasos, que contrasten amb la revalorització social de la sostenibilitat.

Aquesta tensió de llarga durada es tradueix, en el cas de l'embalatge, en la innovació i la incorporació de materials sostenibles (com ara els derivats de polímers naturals), així

38. La realitat augmentada permet visualitzar la realitat a través de la pantalla del telèfon mòbil juntament amb informació addicional del producte que prèviament s'ha generat per ordinador.

com també en la innovació mitjançant l'embalatge més lleuger o el que optimitza la relació continent/contingut, de manera que es minimitzen els residus de materials i millora l'eficiència energètica en la cadena de subministrament (VTT, 2009; Felicity, 2008; Alimentatec, 2009a). Per tal de donar resposta als reptes ambientals i, alhora, a la segmentació del consumidor basada en els estils de vida, és possible també que cada cop sigui més evident l'oportunitat d'estendre la varietat d'envasos i mides en funció de les necessitats de consum específiques de cada llar, molt determinada per l'etapa de la vida en què es trobin els consumidors (Ecoembes, 2009). Finalment, altres estratègies corresponen a la possibilitat de reutilitzar els envasos un cop finalitzat el consum del producte, ja sigui per a un ús similar (reomplir el producte) o diferenciat.

Repercussions de la crisi econòmica sobre l'embalatge

La crisi econòmica de finals de la dècada també ha comportat un canvi en l'escala de valors del consumidor d'aliments i begudes. En primer lloc, la crisi suposa que el consumidor es prengui un temps relativament superior en el moment de la compra, fet que possibilita repensar el missatge del *packaging* cap a una forma més clara i menys impulsiva. Respecte del contingut, un dels missatges a potenciar en temps de crisi és el de la confiança: ja sigui a través de dissenys divertits o acolorits que reflecteixin optimisme, de potenciar una major proximitat en la font d'aprovisionament i una millor cura en el tractament de l'aliment, o de remarcar l'autenticitat i la tradició de la marca. Pel que fa al format, podria suposar una simplificació fins a mostrar el producte tant com es pugui (major transparència), de manera que es transmeti un missatge d'honestedat i, novament, de revalorització de la proximitat en l'aprovisionament (Packaging Europe, 2009; FoodProcessing, 2009).

En segon lloc, la crisi econòmica ha accelerat la substitució de compra de productes de marca per marques blanques. A banda de l'atractiu en preus i la seva vinculació amb la crisi econòmica, cal destacar també la millora en la percepció dels productes de marca blanca per part dels consumidors els darrers anys (Flexible Packaging, 2009), així com una major segmentació del consumidor a qui s'adreça la marca blanca; per la qual cosa és d'esperar la consolidació d'aquesta quota de mercat també respecte de l'embalatge.

D'altra banda, un concepte que adquireix major rellevància sobretot a partir de la crisi econòmica i la seva convergència en el temps amb la crisi mediambiental³⁹ és el que té a veure amb la reducció de costos en l'embalatge. En aquest sentit, la disminució de la dependència de la indústria de l'embalatge respecte del petroli és un element desitjable tant des del punt de vista econòmic com de sostenibilitat (es calcula que la matèria primera representa el 60% del cost total de l'envàs flexible).⁴⁰ Com es veurà més endavant, això es tradueix en els esforços tecnològics per a la producció de biopolímers i plàstics reciclats. Finalment, en el sentit que ja s'ha apuntat anteriorment, el *packaging* lleuger (en gran part facilitat pel plàstic flexible) o l'«eficient en espai» són altres alternatives perquè optimitzen la càrrega i l'espai que ocupa l'envàs i l'embalatge, permetent la reducció de costos fixos en els processos de logística i distribució (Hardware Marketplace, 2009).

4.3 Tecnològiques disruptives de l'embalatge

El desenvolupament en processos i productes en el sector del plàstic en general s'adreça, els darrers temps, principalment cap a alguns dels següents àmbits: la reducció en la utilització de material i energia, la reducció del pes de l'envàs, la millora en la seguretat i la qualitat alimentària (millora de les prestacions en una major diversitat d'entorns i major funcionalitat), i el reciclatge i la biodegradació, tenint en compte que 2/3 dels residus d'embalatge corresponen al dels aliments.

Atenent al tipus de tecnologies per adreçar a aquests àmbits, els darrers anys es planteja una sèrie de tecnologies disruptives amb capacitat de desplaçar la tecnologia existent i canviar el perfil de la indústria del *packaging* de consum a mitjà termini i, en particular, la que s'adreça a l'alimentació i les begudes pels seus requeriments tècnics i volum de producció, superiors als d'altres sectors (Pira, 2009b). En concret, es consideren tecnologies disruptives, entre d'altres, les relacionades amb els nous materials, l'envasament actiu i intel·ligent, l'aplicació de la RFID i les nanotecnologies.⁴¹

Tecnologies de nous materials

Actualment, els materials més utilitzats per a l'elaboració d'envasos i embalatge continuen sent els polímers a partir

39. Il·lustrada aquesta última especialment per l'alça històrica dels preus del petroli i dels aliments bàsics el 2008.

40. Packaging, 2009.

41. L'aplicació de les nanotecnologies a l'envasament es desenvolupa en el capítol «Perspectives i oportunitats de les nanotecnologies en l'alimentació i les begudes» en aquest mateix paper.

42. El polipropilè i el polietilè suposen prop del 60% de la demanda mundial de materials per a envasos i embalatge.

del petroli,⁴² per la qual cosa se'n disposa en abundància i a un cost més favorable que les opcions alternatives, i per les seves bones propietats funcionals. Tanmateix, aquests materials no són ni biodegradables ni compostables.

La conscienciació mediambiental, la regulació i l'augment de preus de matèries primeres i petroli estan impulsant el desenvolupament de les tecnologies dels materials, que repercutirà especialment en l'ús creixent de polímers naturals biodegradables i de materials d'emballatge de plàstic més lleuger amb propietats millorades de protecció (Pira, 2009a). La cerca de solucions basades en nous materials que siguin comparables als polímers derivats del petroli (que permetin la seva transformació en processos industrials convencionals), al mateix temps que siguin respectuosos amb el medi ambient, és un dels principals focus actuals de recerca i desenvolupament en el sector de l'envasament.

Dins de la categoria dels polímers biodegradables, destacarà el desenvolupament dels biopolímers, produïts per sistemes biològics (com microorganismes, plantes i animals) o sintetitzats químicament a partir de materials biològics (sucres, midó o olis) (Cluster Envasa, 2010):

■ El grup dels biopolímers que es troba més disponible actualment correspon als polímers extrets de biomassa (d'animals i plantes), entre els quals els majoritaris són els polisacàrids (cel·lulosa, midó i la quitina present en els crustacis) i les proteïnes (caseïna, col·lagen i soja). Tots aquests polímers derivats de la biomassa tenen l'inconvenient que tendeixen a absorbir la humitat i, per tant, no són gaire convenients per produir envasos per a productes amb un alt grau d'humitat. En concret, el midó és una font renovable, amb una disponibilitat elevada, un preu similar al dels materials derivats del petroli i amb una gran diversitat d'usos industrials. Per la seva banda, quant a la cel·lulosa, tot i ser el polímer més abundant i el seu preu econòmic, encara cal desenvolupar la recerca per ampliar-ne el nombre d'aplicacions en l'envasament. El quitosan, derivat de la quitina, té l'avantatge que es pot utilitzar en forma de pel·lícula i té aplicacions com a espesidor, clarificant i agent antimicrobià. Pel que fa a les proteïnes, treballs recents demostren com la caseïna de la llet mostra una bona capacitat d'adhesió i és una barrera excel·lent contra l'oxigen, el diòxid de carboni i les aromes. La caseïna i el sèrum de la llet obren, a més, una línia de recerca cap a l'obtenció d'envasos comestibles (Tomasula, 2009).

- Entre els polímers produïts per microorganismes destaquen els polihidroxicanoats, que s'obtenen per fermentació bacteriana a partir dels sucres o lípids. Presenten moltes aplicacions i són un dels materials amb major potencial si en disminueix el preu. Un altre polímer amb potencial elevat és la cel·lulosa gairebé pura que es produeix a partir de soques bacterianes, tot i que el seu cost és encara elevat.
- Dins dels polímers obtinguts per síntesi química, els polièsters són els materials més desenvolupats i, especialment, l'àcid polilàctic (PLA) a partir de la fermentació de carbohidrats de l'agricultura (blat de moro, blat, restes). El principal inconvenient d'aquests polímers, però, és la seva elevada permeabilitat a l'oxigen.

En conclusió, en comparació amb els materials provinents del petroli, els materials de polímers biodegradables encara presenten limitacions. Per això, és probable que la innovació en aquests materials vingui tant de la mà del desenvolupament de nous polímers a partir de recursos renovables, com del desenvolupament de noves mesclades i de sistemes de processament que puguin millorar les propietats dels materials (nanotecnologies, nous additius, etc.).

En aquest últim sentit, la utilització de materials de reforç que permetin superar les carències mecàniques, tèrmiques i de permeabilitat a gasos, és un àmbit de recerca que presenta un important recorregut. Per això, ja s'està treballant amb plàstics reforçats amb la dispersió de nanocompostos⁴³ formats per diferents materials, entre els quals destaquen les làmines d'argila modificada i, en el futur, les fibres de cel·lulosa. També l'enginyeria de polímers amb mesclades, additius, laminats, etc., que permetin propietats diverses com ara la baixa permeabilitat, la resistència a la calor o als ultraviolats, l'augment de la conductivitat tèrmica o elèctrica, la disminució de l'estàtica, la millora de la biodegradació, etc., continuaran oferint bones perspectives de desenvolupament i comercialització (Pira, 2009).

Independentment dels materials que puguin competir amb els polímers derivats del petroli i la millora d'aquests, l'aplicació de noves tecnologies en el processament també pot comportar el desenvolupament de nous materials. Així, per exemple, la demanda de productes amb un mínim de processament que es poden associar a l'aplicació de tecnologies emergents, com ara les altes pressions o les pulsacions de llum, comportarà probablement l'estudi de materials d'envasament que es pu-

43. La dispersió de materials de reforç d'escala nanomètrica.

guin adaptar a aquestes tecnologies de processament (Alimentatec, 2009a).

Tecnologies d'envasament actiu

A diferència de l'envàs tradicional, que serveix de barrera protectora contra els elements que poden deteriorar l'aliment, els envasos actius són els que tenen com a principal característica la d'allargar la vida útil dels aliments a través de la interacció de l'envàs amb el producte o l'ambient que l'envolta. Segons el cas, aquesta tecnologia pot substituir o ser complementària a les altres tecnologies de conservació existents.⁴⁴ L'envàs actiu aconsegueix aquesta major conservació, a més, sense la necessitat de recórrer als conservants o altres additius que s'afegeixen directament sobre l'aliment i que el consumidor tendeix a rebutjar. Els envasos actius també poden ser beneficiosos per a la distribució donat que allarguen el temps que el producte es troba en bon estat.

Tot i que la tecnologia d'envàs actiu es comercialitza des dels anys vuitanta al Japó i Austràlia i també es troba estesa als Estats Units, a Europa la seva utilització ha estat molt limitada fins al present a causa de la manca d'una normativa específica que la regulés i a la possible reacció desfavorable del consumidor. El Reglament (CE) n° 450/2009 de la Comissió Europea de maig de 2009 sobre materials i objectes actius i intel·ligents que entren en contacte amb aliments facilitarà la introducció d'aquests envasos amb èxit els propers anys. El reglament inclou dins d'aquests tipus d'envasos els sistemes que alliberen substàncies als aliments envasats o al seu entorn (antimicrobians, antioxidants, aromatitzants, etc.) i els que absorbeixen substàncies dels aliments envasats o del seu entorn que són no desitjades o perjudicials (oxigen, humitat, olors desagradables, etc.).

Així, algunes empreses europees han començat a treballar en la incorporació de substàncies actives que s'alliberen a l'aliment o que, fins i tot, s'incorporen al material de l'envàs (com ara els segrestadors d'oxigen). Els sistemes que alliberen antioxidants i antimicrobians naturals es troben entre els que generen un major interès, especialment pels inconvenients que pot tenir afegir additius o conservants directament sobre els aliments (Galet i Fernández, 2010). Aquests sistemes (mecanismes d'alliberament controlat) cal que alliberin la substància activa a mesura que l'aliment la necessita, i que ho facin en la quantitat suficient

perquè sigui efectiu però sense que aquesta sigui excessiva, i no cal dir que aquest àmbit requereix encara un esforç de recerca i desenvolupament. Igualment, alguns autors posen en dubte com es traduirà aquest esforç en la comercialització final d'aquest tipus d'envasats. Efectivament, algunes resistències podrien aparèixer pel seu cost elevat, per l'actitud del consumidor que considera que el producte fresc es relaciona amb una durada curta a la botiga, o perquè la tendència a un aprovisionament dels aliments més proper al consumidor no justificaria els sistemes que allarguin la vida del producte (Dainelli *et al.*, 2008).

Per la seva banda, en el cas de l'envasament actiu que no allibera intencionadament agents a l'aliment, destaquen els absorbents d'aigua amb zeolita o cel·lulosa, i la tendència és que cada cop s'introdueixin més aquestes substàncies en el mateix material de l'envàs per tal que no siguin perceptibles per al consumidor (per exemple, safates absorbents per a carn o peix fresc).

Tecnologies d'envasament intel·ligent

Es preveu que l'envasament intel·ligent evolucioni força els propers anys gràcies a l'avanç en els seus components: l'aplicació dels sensors, dels indicadors (de temperatura, d'humitat, de deteriorament o frescor...) i de la combinació d'aquests amb la traçabilitat que permetrà la RFID,⁴⁵ que en conjunt jugaran un paper destacat en la comunicació de la frescor i seguretat de l'aliment en la cadena logística i al consumidor.

Una de les aplicacions intel·ligents que pot trobar sortida en el mercat els propers anys consisteix, per exemple, en la introducció d'un sensor, amb circuits electrònics impresos (per tant, més econòmic i ràpid de fabricar que amb el silici), capaç de detectar l'obertura i manipulació de l'envàs i, en conseqüència, d'ajudar també a assegurar una major qualitat del producte.

S'obre així la possibilitat d'obtenir una data de caducitat dinàmica en funció de les condicions a què està sotmès l'aliment en cada moment de la cadena de distribució; alhora que aquesta funcionalitat pot ser útil també per a la detecció de patògens (*Listeria*, salmonel·la, campilobàcter...) o de quantitats minúscules de pesticida en aliments (Abc-Pack, 2009; Canadian Packaging, 2009).

44. Envasament en atmosferes modificades o al buit, materials d'alta barrera, tractaments tèrmics, etc.

45. L'acrònim RFID correspon a *Radio Frequency IDentification*.

Aquestes aplicacions es poden combinar amb la creació d'indicadors visuals de canvis de color, novament a partir de les tecnologies d'impressió (formulacions específiques de les tintes) aplicades directament sobre l'envàs, de manera que el client pot visualitzar l'estat del producte d'un cop d'ull, segons el color de l'indicador.

Més enllà de les aplicacions en l'àmbit de la seguretat alimentària, els envasos intel·ligents també poden resultar atractius dels del punt de vista del màrqueting perquè podran permetre introduir novetats que diferenciïn el seu *packaging* del de la competència, més enllà de les limitacions que imposen la forma i el color en l'envàs actual. Així, un envàs podrà incorporar pantalles que permetin visualitzar imatges en moviment, a partir de les tecnologies OLED⁴⁶ o LEC,⁴⁷ que es poden imprimir sobre l'etiqueta o l'envàs (amb costos raonables quan es produeix en escala, però encara amb la necessitat de facilitar el procés de reciclatge). I en el moment de ser consumit, un envàs intel·ligent podria informar de si el producte ha assolit la temperatura adequada mentre es cuina al forn o al microones (Alimentatec, 2009a).

Finalment, altres aplicacions d'envasos intel·ligents que podrien presentar millores en el futur pròxim són les que permeten refredar (per exemple, amb aplicació en cerveses) o escalfar (aplicació en cafè) el contenidor per si mateixos, a través de tecnologies basades en zeolita o en una reacció exotèrmica, respectivament (Nambiar i Mahalik, 2010).

Aplicació de tecnologia RFID

Tot i que l'aplicació de la tecnologia RFID és relativament nova en el cas dels aliments, es troba molt estesa en altres sectors. Com ja s'ha explicat, una de les aplicacions més interessants de la RFID a la indústria alimentària es preveu que es doni simultàniament amb l'ús de sensors de temperatura, en el que es coneix com a *targetes intel·ligents temps-temperatura* (TTI). Els avantatges principals d'aquest tipus de targeta és que, a diferència dels codis de barres, permet obtenir informació del producte individual i transmetre la informació mitjançant ones d'alta freqüència al lector sense necessitat que hi estigui en contacte directe.

Aquests tipus de targetes o *tags* intel·ligents poden guardar tota la informació de l'aliment (producció, data de recollida, categoria...) i recollir les dades de temps i temperatura de l'aliment durant el transport i fins al consumidor final.

D'aquesta forma, el client pot conèixer les característiques de qualitat del producte en qualsevol moment de la cadena de distribució (per exemple, pot veure si en algun moment s'ha trencat la cadena de fred).⁴⁸ A més, les targetes poden tenir associat un programa informàtic que calculi la predicció de la vida útil de l'aliment, cosa que facilita la presa de decisions en temps real als agents de la cadena de distribució.

A banda de la temperatura, existeixen també sensors d'humiditat, llum, etc. Actualment s'estan desenvolupant targetes que incorporin dos o més d'aquests sensors, de manera que es pugui combinar la informació de diverses variables. També s'estan desenvolupant sensors de pH, de gasos, etc. En un altre sentit, s'estan desenvolupant aplicacions que combinen la RFID amb l'ús del telèfon mòbil, de manera que es pugui utilitzar la informació que proveeix la targeta en temps real per part del comprador, fet que atorga una revalorització a la RFID com a eina de màrqueting (Ghisolfi, 2010). Tot plegat fa pensar en la possibilitat que en el futur es puguin donar nous usos a les targetes intel·ligents.

Per tot l'anterior, la tecnologia RFID es constitueix en un element de gran rellevància per a la millora de la traçabilitat del producte, amb un gran potencial d'incidència en la seguretat i qualitat alimentària. Tot i així, aquesta tecnologia encara ha de superar algunes limitacions perquè la seva implementació esdevingui massiva. Així, el preu i la mida de les targetes han de continuar disminuint (com sembla que succeirà a mitjà termini) perquè aquesta tecnologia s'apliqui unitàriament en cada producte. Un element per abaratir el preu actual depèn de l'electrònica flexible o impresa (*printed electronics*), que podria permetre substituir les targetes amb xips de silici per dispositius impresos directament a l'envàs amb tintes funcionals,⁴⁹ que evitarien, a més, l'ús de bateries (Pira, 2009b; Abc-Pack, 2009). Igualment, també es podria abaratir el cost amb l'ús de nanotubs de carboni per realitzar les funcions d'antena (Robinson i Morrison, 2009).

Altres limitacions actuals són la multiplicitat de formats existents i les interferències en la transmissió de les ones. Però potser l'inconvenient més rellevant per desplegar tot el potencial d'aquesta tecnologia es troba en el desenvolupament del marc legal (que asseguri la privacitat de les dades) i en posar en relació tots els participants de la cadena de producció i distribució (Alimentatec, 2009a).

46. Diode orgànic d'emissió de llum.

47. Cèl·lula electroquímica d'emissió de llum, a partir del grafè.

48. Aquesta tecnologia permetria també gestionar futures alimentàries amb major eficiència en cas que fos necessari.

49. Tintes amb funcions que superen la tradicional d'acolorir.

5. Perspectives i oportunitats de les nanotecnologies en l'alimentació i les begudes

Una de les tecnologies disruptives que apareix amb major potencial a la indústria agroalimentària és la que té a veure amb les nanotecnologies, que podrien conduir a canvis importants en breu en els àmbits dels ingredients, els additius i els suplementes, així com en els materials que entren en contacte amb els aliments i en aplicacions de sensors per al seguiment de l'estat de l'aliment. L'aplicació de les nanotecnologies a l'alimentació podria oferir noves possibilitats a la indústria pel que fa a la millora del valor nutricional i del gust, així com allargar la vida del producte i millorar-ne la traçabilitat o la sostenibilitat.

Actualment, hi ha força incertesa entorn del mercat potencial global de les nanotecnologies aplicades a l'alimentació, en part a causa de la reserva que implica sempre el desenvolupament d'una tecnologia nova, com també el creixement exponencial que podria experimentar la seva comercialització en el futur. Alguns analistes opinen que, malgrat que el desenvolupament de les nanotecnologies en l'alimentació avança, la seva comercialització segueix sent incerta tant pel moment econòmic actual (que limita les fonts de finançament

i demana aplicacions d'èxit en el mercat), com pels costos (que presumiblement disminuiran els propers temps), com per les reserves en termes de salut i seguretat (Montague-Jones, 2010; Byrne, 2010).

Precisament, una de les barreres principals en la comercialització de les nanotecnologies per a l'alimentació es troba en el fet que els seus efectes sobre el cos humà o el medi ambient encara no han estat comprovats en tota la seva extensió, especialment en el cas de les *nanopartícules persistents*⁵⁰ (*Nano Magazine*, 2009). A això s'uneix la manca de coneixement i resistència per part del consumidor en aquest àmbit (Alex Renton, 2010), cosa que significa, d'altra banda, una oportunitat per millorar la informació al consumidor en l'etiquetatge en aquest tema. De tota manera, l'European Food Information Council (EUFIC) constata que hi ha una creixent acceptació de les nanotecnologies per part dels ciutadans europeus, especialment en l'àmbit del *packaging*, tot i que es mantenen escèptics sobre la necessitat de desenvolupar nous aliments mitjançant nanotecnologies (Wills i Rollin, 2010).

Taula 14. Nombroses i diverses aplicacions de les nanotecnologies a la indústria de l'alimentació i les begudes

Àmbit d'aplicació	Benefici potencial
Nanocompostos en l'àrea d'envasament d'aliments	Noves propietats per a l'emalatge. Per exemple, nous tipus de materials per envasar plats preparats amb propietats tèrmiques i biodegradables millorades.
Nanosensors en el camp de la seguretat alimentària	Asseguren la qualitat i la seguretat alimentària amb l'ús de biosensors que possibiliten: - L'anàlisi de la composició, l'estimació de vida útil i la frescor del producte. - La detecció i neutralització de microorganismes alterants i patògens, additius, fàrmacs i toxines, entre altres contaminants.
Formació de nanoemulsions i nanocàpsules	Aliments interactius, aliments funcionals, aliments més saludables i nutritius. Millora de les característiques organolèptiques i reològiques. Millora de l'absorció en el cos, de manera que la biodisponibilitat i la dispersió dels nutrients d'interès augmenti. Augment de la productivitat i reducció de costos. Contribució a la millora en el control de qualitat d'escumes i emulsions.
Nanotubs per a maquinària i sensors	Material de gran resistència per al disseny de maquinària industrial o sensors en empreses agroalimentàries.

Font: Elaboració pròpia.

50. Nanopartícules que són difícils de descompondre en l'organisme, com, per exemple, la plata o el sílice.

Mentrestant, l'European Food Safety Authority (EFSA) i la nord-americana Environmental Protection Agency (EPA) han començat l'estudi cas per cas de tots els materials utilitzats en aquesta nova ciència, donada la seva creixent aplicació. Producte d'aquest estudi, l'EFSA ja ha aprovat l'hidrosol, que pot ser utilitzat en els complementos alimentaris, i el nitrur de titani, un material en constant contacte amb els aliments.

Ara per ara, els principals actors en la recerca i desenvolupament dels nanoaliments a nivell mundial són els Estats Units i el Japó, seguits d'Europa i la Xina. Pel que fa al mercat, a causa de les perspectives de creixement demogràfic i les necessitats alimentàries, sembla que el principal mercat en el futur serà l'Àsia i, especialment, la Xina.

5.1 Nanotecnologies aplicades als ingredients i el processament

En l'àmbit dels ingredients i el seu processament, la nanotecnologia pot oferir oportunitats per alterar la textura dels components dels aliments, desenvolupar nous gustos i sensacions, controlar l'alliberament de sabors i nutrients, i augmentar la disponibilitat dels components nutricionals i bioactius. Destaquen, així, les tecnologies d'encapsulació, que permeten la millora de la disponibilitat de nutricèutics, la potenciació del sabor o la infusió de nanocàpsules, basades en esteroides per a la substitució del colesterol procedent de les carns; les tecnologies de nanotubs i nanopartícules com a agents gelificants; les tecnologies de nanoemulsions i nanopartícules per millorar la disponibilitat i dispersió dels nutrients; i les tecnologies de nanopartícules per a l'eliminació selectiva de patògens (Nanowerk, 2007).

Un dels principals àmbits d'aplicació de les nanotecnologies són els aliments funcionals, donant a les molècules biològiques funcions molt diferents de les que tenen en el seu estat natural. Així, per exemple, s'estan desenvolupant nanocàpsules que permeten millorar els sabors en els aliments de base greixosa (com els gelats i les xocolates), amb la finalitat de reduir la quantitat de sals i greixos utilitzats en el processament d'aliments (ATCA, 2010).

En un altre sentit, les nanotecnologies podrien oferir, en un futur, la possibilitat de personalitzar el sabor, color o aroma del producte, o el contingut de nutrients, en funció de les preferències i necessitats del consumidor. Un

exemple és el fet que algunes companyies ja estan desenvolupant begudes que contenen sabors emmagatzemats en centenars de nanocàpsules que, en introduir-les en un microones convencional, alliberen el color, sabor, aroma i textura desitjats segons la intensitat i temps d'escalfament.

Per tant, sembla que la nanotecnologia aplicada a l'encapsulació és el camp més destacat per a la millora i la creació de noves tècniques que protegeixin la funcionalitat dels ingredients, possibilitin la personalització de l'experiència o controlin l'alliberament dels ingredients en el moment desitjat. L'encapsulació és un procés físic en el qual s'aplica un aïllament fi de film o polímer a partícules sòlides, líquides o gasoses. Entre les tècniques d'encapsulació més comunes que es poden aplicar a escala *nano*, es troben l'emulsionament, la coacervació, la refrigeració i l'assecatge per polvorització, la congelació d'assecatge, el recobriments per lliat fluiditzat i les tecnologies d'extrusió, encara que altres de més cares, com l'encapsulació en liposomes i ciclodextrines, també s'utilitzen.

Per tal d'escollir el sistema més adient i garantir una bona encapsulació, és crucial que aquest permeti la incorporació a l'aliment de manera senzilla i no interfereixi en la seva textura o gust i, a la vegada, sigui capaç d'alliberar l'element funcional en el lloc determinat. Així doncs, els mecanismes de lliurament han de ser capaços de protegir els nutrients de factors externs com la temperatura, el pH, la llum, l'oxigen o l'aigua, a la vegada que els alliberen en la zona objectiu (ja sigui en el processament o en la digestió) i sense afectar la percepció sensorial del consumidor. A més a més, han de tenir una certa qualitat alimentària i ser acceptats com a segurs o enumerats per la regulació europea (Vos *et al.*, 2009).

Entre les tècniques d'alliberament dels ingredients encapsulats, trobem les forces mecàniques compressives, la dissolució en líquid, la fusió durant la cocció, el trencament i obertura per la força tallant d'una liquidadora, i la difusió lenta a causa de l'aigua o de l'augment de la temperatura. Un dels darrers enfocaments de la distribució selectiva es basa a utilitzar les diferències entre la bioactivitat i la concentració de l'enzim en les diferents parts del cos a les quals s'ha de lliurar. Sembla que aquest enfocament té més èxit que els dissenys previs basats en el pH o en els mecanismes d'alliberament en funció del temps i, a la vegada, presenta molts avantatges, donat que no només és eficient sinó més barat, segur i versàtil (Vos *et al.*, 2009).

Taula 15. Principals tècniques d'encapsulació

Tècnica	Característiques	Producte encapsulat	Finalitat	Recobriment / Matriu	Cost utilització	Mecanismes idonis d'alliberament
Emulsionament	És un procés de dispersió d'un líquid en un altre d'immiscible. En incloure el nucli del material en el primer, es pot encapsular el component bioactiu. Entre aquest i les molècules a encapsular, acostumen a aplicar-se interaccions electrostàtiques, hidrofòbiques o ponts d'hidrogen i, en la majoria dels casos, l'agent de l'encapsulament és una molècula ja present en l'aliment.					
Coacervació	Modificació de l'emulsionament que consisteix en la formació d'un complex a partir de la barreja d'una solució d'un component bioactiu amb una matriu de molècules de càrrega oposada. La tècnica està principalment dirigida per interaccions electrostàtiques, però també n'invocla d'hidrofòbiques. Principalment s'aplica a aromes, olis i també a algunes molècules bioactives solubles en aigua.	Drogues Sabors / Fragàncies Nutrients Vitamines Enzims	Controlar l'alliberament Emmascarar el sabor amarg Millorar la protecció Gran capacitat de càrrega	Biopolímers	Alt	Tèrmic Temps Digestió Mecànics
Assecatge per polvorització	És un mètode ràpid i relativament barat. El seu principi consisteix a dissoldre el nucli en una dispersió d'una matriu del material escollit. La dispersió és atomitzada en aire calent, eliminant ràpidament el solvent (aigua). A continuació, les partícules de pols se separen de l'aire d'assecatge a una temperatura més baixa. Tot i ser una tecnologia fàcil de realitzar i econòmica, el principal problema que presenta és que l'alta temperatura requerida en part del procés no és compatible amb alguns probiòtics, ja que aquests moren a altes temperatures.	Emulsions Sabors Olis	Protegir contra degradació / oxidació Convertir líquids en pols	Biopolímers	Baix	Hidratació
Refrigeració per polvorització	També utilitza la dispersió d'una matriu i el producte bioactiu, però en lloc d'evaporar-se, es refreda per tal d'immobilitzar-la. Fins ara, només s'ha utilitzat per assecar productes i conservar enzims, aromes, minerals i proteïnes.	Sals orgàniques / inorgàniques Enzims Sabors Ingredients funcionals	Millorar l'estabilitat a la temperatura Retardar l'alliberament Convertir ingredients líquids hidrofòbics en pols	Greixos / Ceres	Molt baix	Tèrmic Temps Digestió Hidratació
Congelació d'assecatge amb la combinació de matrius de molècules	És una alternativa a l'assecatge per polvorització en els bacteris sensibles a la temperatura. Tot i així, no es considera una tecnologia gaire eficaç.					
Recobriment per lit fluiditzat	Variació de la metodologia d'assecatge, que presenta un ventall més ampli d'aplicacions. Els components bioactius dels aliments estan suspesos en l'aire i les molècules de la matriu són ruixades sobre components bioactius formant una càpsula.	Qualsevol ingredient en pols (pre-/probiòtics, enzims, pèptids, minerals, vitamines)	Presenta bones propietats per a l'alliberament (en qualsevol tipus de càpsula) Millorar la protecció Allargar la vida	Greixos / Ceres Biopolímer Multicapa	Mitjà	Tèrmic Temps Digestió Hidratació
Extrusió	Consisteix a produir una petita gota d'un material encapsulat fent passar la solució a través de broquetes o petites obertures en dispositius de generació de gotes. Com més petits siguin aquests orificis, més petita serà la càpsula. Aquesta tecnologia és molt avantatjosa quan es volen encapsular microbis i també s'aplica en aromes, enzims i proteïnes.	Volàtils Sabors Microorganismes (probiòtics) Enzims Compostos sensibles a la temperatura	Allargar la vida Protegir de l'oxigen / aigua	Greixos / Ceres Biopolímers	Baix	Tèrmic Temps Digestió Hidratació
Llit de raigs		Sistemes secs i humits Partícules irregulars Probiòtics Greixos	Suavitzar el procés Creació in situ de partícules esfèriques	Biopolímers	Mitjà	Tèrmic Temps Digestió Hidratació

Font: Elaboració pròpia a partir de Vos *et al.* (2009) i NIZO (2010).

Taula 16. Compostos més comuns utilitzats per a l'encapsulació i alliberament de nutrients addicionals

Material	Descripció	Aplicacions potencials
Nanoemulsions	Fabricades a partir d'una varietat de lípids o altres polímers, amb una mida de gota de l'ordre de 10 nm. Sistemes relativament estables.	Alliberament de compostos hidrofòbics i hidròfils. Possibilitat de fases múltiples i entrega simultània o seqüencial de compostos múltiples.
Nanopartícules sòlides lípides	Estabilitzants cristal·lins o semicristal·lins amb un recobriment <i>surfactant</i> . Fabricat a partir de tecnologies d'emulsió. Sistema estable.	Alliberament de materials hidrofòbics.
Liposomes	Càpsules consistents en lípids de doble cara amb interior aquós. Generalment fosfolípids.	Alliberament de compostos hidròfils.
Micel·les	Gotes de <i>surfactants</i> (lípids o biopolímers) en un líquid.	Alliberament de components hidrofòbics (normalment).
Caseïna	Proteïnes de llet que s'autoassemblen en estructures de micel·la.	Alliberament de minerals, proteïnes i vitamines.
Proteïnes de sèrum	Pot formar fibril·les, hidrogels i nanopartícules en funció de les condicions de processament. Resistent als enzims i als àcids de l'estómac.	Alliberament de diversos compostos hidròfils a la mucosa intestinal. També pot utilitzar-se per proveir nanoestructures als aliments (pot afectar-ne la textura).
Quitosan	Hidrats de carboni aïllats de crustacis. Mucoadhesius, biocompatibles i no tòxics. Forma nanocàpsules i hidrogels.	Alliberament de diferents compostos per via oral (per exemple per al gust) o a la mucosa intestinal, com a part d'un sistema de capes multicomponent.
Silica	Biocompatible i degradable. Pot fer nanoporus.	Alliberament de diversos nutrients hidrofòbics a l'estómac.

Font: Robinson i Morisson (2009).

A banda de les possibilitats de desenvolupament de nous productes i de diferenciació competitiva que aporten les nanotecnologies aplicades als ingredients, s'espera que la preservació de la funcionalitat dels aliments a través de l'encapsulació sigui un tema d'especial importància en un futur proper i, fins i tot, que aquesta preservació arribi a ser obligatòria quan un producte declari els efectes saludables sobre la salut (Vos *et al.*, 2009).

Pel que fa a l'àmbit del processament, a més del que ja hem esmentat en relació amb el tractament dels ingredients, destaquen sobretot les possibilitats de la nanotecnologia per al monitoratge dels estàndards de qualitat i seguretat dins la cadena de producció. Alguns dels aspectes clau són la identificació de la presència de productes agroquímics (pesticides, fertilitzants, antibiòtics), productes químics contaminants (metalls pesants), patògens i/o les seves toxines que poden suposar un perill per a la salut dels consumidors, frauds alimentaris i conservació de les característiques organolèptiques desitjades. En aquest sentit, l'aplicació de les nanotecnologies pot servir per quantificar i reduir la incidència negativa de certs aspectes o la detecció ràpida d'aquests amb menys quantitats de mostra (Robinson i Morisson, 2009).

Els biosensors són els nanodispositius compactes d'anàlisi que s'utilitzen principalment per analitzar la composició, estimar la vida útil i frescor dels aliments, detectar i neutralitzar els microorganismes alterants i patògens, additius, fàrmacs, toxines, metalls pesants, plaguicides, factors antinutricionals i al·lèrgens, etc. Els biosensors estan integrats per un element de reconeixement biològic (enzims, teixits, cèl·lules, àcids nucleics...) o biomimètic⁵¹ associat a un sistema de transducció,⁵² i per un programari amb els seus algorismes, que permeten processar el senyal (elèctric, òptic, piezoelèctric, tèrmic o nanomecànic) produït per la interacció entre l'element de reconeixement i la substància o organisme que es pretén detectar.

Les característiques dels biosensors (alta especificitat, sensibilitat i fiabilitat, capacitat per treballar en temps real i rapidesa d'anàlisi, capacitat de multianàlisi i per ser inclosos en sistemes integrats, facilitat d'automatització, versatilitat, portabilitat, miniaturització, facilitat de maneig, durabilitat i baix cost de producció i manteniment) els situen en una bona posició perquè el seu ús s'estengui els propers anys (Robinson i Morisson, 2009). Alguns dels biosensors disponibles basats en la nanotecnologia amb major potencial per a la indústria alimentària són:

51. Simulació de les condicions fisicoquímiques presents a les cèl·lules vives, per tal de reproduir la química de la matèria viva i aconseguir així de sintetitzar, artificialment, composts bioquímics.

52. Mecanisme de transferència de material genètic d'un bacteri donador a un de receptor en què l'agent intermediari és un paràsit víric.

- Els bioxips (nanoxips) o *microarrays*, consistents en petits dispositius que contenen una col·lecció de molècules biològiques (àcids nucleics, proteïnes, anticossos o teixits), ordenades en dues dimensions i immobilitzades sobre un suport sòlid. En els bioxips d'ADN s'immobilitzen fragments de material genètic monocatenaris. Els àcids nucleics de les mostres a analitzar es marquen a través de diversos mètodes (enzimàtics, fluorescents, radioactius, etc.) i s'incuben sobre el bioxip amb l'objecte que tingui lloc el reconeixement entre molècules complementàries (hibridació), que es detecten mitjançant escàners, fluorímetres, etc.
- El nas electrònic, un instrument olfactivu artificial que és capaç de realitzar anàlisis qualitatives i/o quantitatives d'una barreja de gasos, vapors i olors, fins i tot quan estan presents en concentracions molt baixes. De forma general, un nas electrònic consta d'un sistema d'exposició a l'aroma (que conté la mostra a analitzar), una càmera de mesura (que conté la matriu amb els sensors) i un sistema informàtic (que registra i processa els resultats). Dels cinc sentits, l'olfacte sempre ha estat el més difícil de definir i objectivar. No obstant això, els nassos electrònics són capaços de crear petjades olfactives digitals objectives, reproduïbles i fiables.
- La llengua electrònica, un dispositiu amb un funcionament similar al del nas electrònic, encara que en aquest cas la mostra a analitzar és un mitjà líquid, del qual es detecta artificialment el sabor mitjançant sensors capaços de reconèixer i quantificar els quatre sabors bàsics. Les llengües electròniques permeten analitzar un aliment i simultàniament determinar-ne la composició global amb la finalitat de classificar els productes en funció del seu origen, comprovar que les característiques establertes per al producte es mantenen constants i detectar productes que alteren la qualitat dels aliments. Com a exemple, a la indústria vinícola, la llengua electrònica permet distingir els vins en funció de la varietat de raïm, la DO i l'any de collita.

Més enllà del monitoratge però encara relacionat amb l'àmbit de la seguretat alimentària, els propers temps es podria generalitzar l'ús de nanorecobriments sobre la maquinària i instal·lacions de processament per inhibir el desenvolupament de bacteris, principalment a través de l'aplicació de líquid antimicrobià (per exemple amb contingut de diòxid de silici) sobre les superfícies. Aquesta tecnologia, que ja s'aplica en empreses de processament principalment alemanyes, austríaques i britàniques (i es troba més estesa en el segment del *packaging*), permetria reduir els temps i els

costos de manteniment de forma significativa. És probable que les incerteses actuals sobre els efectes del nanorecobriments en la maquinària i la seguretat alimentària es dissipin a mesura que s'estenguin els beneficis de la seva aplicació entre les empreses del sector (Harrington, 2010).

5.2 Nanotecnologies aplicades a l'envasament

El mercat de *nanopackaging* per a l'alimentació i begudes equival aproximadament a l'1,3% de la facturació total de l'embalatge d'aquesta indústria en l'actualitat. Tanmateix, aquest mercat creixerà més de l'11% anual fins al 2014 segons la consultora Innovative Research and Products (IRAP, 2009), amb un valor equivalent a 7.300 milions US\$ aquell any. Probablement, és en l'àmbit de l'embalatge on les nanotecnologies poden experimentar una més ràpida acceptació pel consumidor europeu (Wills i Rollin, 2010), per la seva contribució a la sostenibilitat a través del manteniment de la frescor dels aliments i la reducció dels residus (*Nano Magazine*, 2009). De tota manera, alguns analistes assenyalen que cal que els seus beneficis es mostrin en forma més aparent perquè se'n generalitzi l'ús (Byrne, 2010).

Les aplicacions avui en dia en desenvolupament es poden classificar en tres categories: en primer lloc, les que es relacionen amb la millora de les barreres de materials plàstics; en segon lloc, les que incorporen components actius que poden oferir atributs funcionals addicionals als que ofereixen els embalatges actius convencionals; i, finalment, les que detecten informació rellevant sobre l'estat del producte i la comuniquen.

La categoria on es preveu que hi hagi una major aplicació de les nanotecnologies de l'envasament són els materials. Fins ara l'afegit de nanopartícules —encara incipient— s'ha adreçat a oferir als envasos lleugeres, major resistència ignífuga, tèrmica i mecànica, i menor permeabilitat als gasos. Les aplicacions de les tecnologies de materials molt petits a l'embalatge poden tenir un important impacte els propers anys, donat que un nivell relativament baix de nanopartícules és suficient per canviar les propietats dels materials d'embalatge sense que això suposi canvis apreciables en la densitat, transparència i característiques del processament de l'embalatge.

Els nanocompostos a partir d'argila són un dels camps amb major potencial a curt termini pel seu cost reduït, resistència i propietats de barrera, així com per les seves possibilitats de dispersió en els termoplàstics més comuns, com ara polipropilè (PP), poliolefines termoplàstiques (TPO), PET,

polietilè (PE), poliestirè (PS) i niló. Igualment, la polpa i la fibra modelades també presenten un cert potencial per les seves característiques de respecte al medi ambient, baix pes i cost, en comparació amb els materials de polímers. Pira (2009b) preveu el desenvolupament futur d'aquests productes que permetin el modelatge en formes complexes, especialment per al seu ús en safates d'aliments.

Segons iRAP, els propers anys es podria veure l'expansió de les nanotecnologies de l'envasament cap a àrees relacionades amb la seguretat alimentària i, en segon lloc, cap a la conveniència. En concret, en l'àmbit de la seguretat alimentària s'espera el desenvolupament de millores en relació amb el control del creixement microbià, l'alentiment de l'oxidació i la detecció de manipulacions fraudulentas. Les nanopartícules d'argent, d'òxid de zinc i de composts biològics naturals com el quitosan són les que, ara per ara, presenten més perspectives en aquest camp. Mentre que, en relació amb possibles aplicacions de les nanotecnologies al menjar de conveniència, una de les més atractives s'adreçaria cap als envasos autorefrigerables (Robinson i Morrison, 2009).

Actualment, dels 4.210 milions US\$ de facturació (2009) del mercat d'embalatge amb nanotecnologies per a la indústria de l'alimentació i les begudes, les aplicacions actives representen el 66%, les intel·ligents el 25% i la resta (9%) correspon a l'embalatge amb sistemes d'alliberament controlat de components actius (*controlled release packaging*). El 2014 les projeccions de les quotes respectives són del 59% (4.350 milions US\$) per als embalatges actius, el 34% (2.470 milions) en el cas dels intel·ligents i el 7% en tecnologies d'alliberament controlat (iRAP, 2009). Les nanotecnologies associades a l'embalatge actiu i intel·ligent pràcticament doblaran el seu valor els propers cinc anys.

Taula 17. Valor de l'embalatge amb nanotecnologies a la indústria de l'alimentació i les begudes, segmentat per tecnologies (2009 i 2014) (milers de milions US\$)

	2009	2014	CAGR (%) 2009-2014
Embalatge actiu	2,79	4,35	9,29
Embalatge intel·ligent	1,05	2,47	18,7
Embalatge amb sistemes d'alliberament controlat	0,37	0,48	5,23
Mercat total	4,21	7,30	11,65

Font: iRAP (2009).

Entre les tecnologies actives, els segrestadors d'oxigen, els absorbents d'humitat i les propietats de barrera⁵³ representen més del 80% del mercat en l'actualitat. Per la seva banda, a la categoria d'envasament intel·ligent, els indicadors de temps-temperatura són els que compten amb major quota, tot i que es preveu que la RFID sigui la que experimentarà un major creixement els propers anys, mentre que els antioxidants i els antimicrobians representen el 60% i 40% dels components d'alliberament controlat, respectivament.

Pel que fa als productes, els de fleca-pastisseria i els carnis són els més atractius per a les aplicacions de *nanopackaging* en alimentació, mentre que les begudes carbonatades i l'aigua embotellada ho són en el cas de les begudes. Existeix també una demanda relativament gran de segrestadors d'oxigen per a ampolles de plàstic destinades a begudes no carbonatades, com ara sucres i begudes funcionals i esportives (iRAP, 2009).

El Japó és el líder mundial en nanotecnologies actives aplicades a l'embalatge d'aliments i begudes (va facturar 1.860 milions de dòlars el 2008), amb una quota que correspon gairebé a la meitat del mercat global i un creixement anual mitjà superior al 12% projectat fins al 2014. A banda del Japó, els Estats Units i Austràlia són altres mercats destacats en aquest segment de l'embalatge actiu, tots ells amb solucions que ja es comercialitzen en l'àmbit d'allargar la vida del producte tot conservant-ne la qualitat nutritiva i la seguretat microbiològica (iRAP, 2009). Entre aquestes aplicacions comercials trobem l'ús de segrestadors d'oxigen per a la carn processada i per al menjar preparat, l'ús d'absorbents d'humitat per a la carn fresca, l'aviram i el peix fresc, i bosses per a la fruita i verdura amb segrestadors d'etilè.

A Europa, però, el desenvolupament i comercialització d'aquests sistemes és molt menys present (mercat valorat en 830 milions de dòlars el 2008), per la regulació restrictiva, els dubtes sobre l'acceptació del consumidor i el coneixement encara limitat sobre l'eficàcia i l'impacte econòmic i ambiental que puguin tenir.

53. Es refereix a la propietat del material per la qual un objecte permeable específic (gasos comuns, vapor d'aigua, líquids, substàncies orgàniques, etc.) es transfereix d'un costat a l'altre. Les propietats es poden classificar, segons la naturalesa dels objectes, com a propietats de barrera per a gasos inorgànics (oxigen, nitrogen i diòxid de carboni), vapor de aigua i barrera per a orgànics (com per exemple les aromes, que són compostos volàtils).

6. Biotecnologies en l'alimentació i les begudes

6.1 Més enllà dels productes OGM

La biotecnologia possibilita solucions tecnològiques per a un bon grapat de reptes de futur, principalment en temes relacionats amb la salut i l'escassetat de recursos naturals. No obstant això, la probabilitat d'explotar tot el seu potencial és petita si no es transmeten els coneixements i beneficis de les noves tecnologies amb transparència cap al consumidor, i que acaben repercutint finalment en un marc institucional més o menys favorable al seu desenvolupament i acceptació. En aquest sentit, Europa és un espai en general poc propens a l'aplicació de les biotecnologies modernes⁵⁴ en els aliments.

En concret, els aliments i ingredients (incloent-hi additius) que consisteixen, continguin o s'hagin obtingut a partir d'organismes modificats genèticament (OGM) (animals, vegetals o microorganismes) no es poden comercialitzar a la UE, excepte en els casos autoritzats per la Comissió Europea a partir de l'avaluació de l'European Food Safety Authority (EFSA).⁵⁵ Actualment, existeix en el mercat europeu un nombre important d'aliments processats derivats sobretot de la soja, el blat de moro, la colza oleaginosa i, en menor mesura, de l'oli de llavors de cotó, que han estat tractats genèticament, mentre que una varietat de la patata també ha estat acceptada el 2010. A més, els estats membres⁵⁶ poden aplicar clàusules de salvaguarda que restringeixen o prohibeixen l'ús i/o comercialització en el seu territori d'algun dels productes OGM autoritzats (Comissió Europea, 2010).

Això no impedeix, però, que els animals i plantes destinats a la indústria de l'alimentació en una gran part hagin estat seleccionats i millorats a través de les tècniques genètiques d'encreuament i selecció d'individus amb caràcters d'interès, perquè siguin més adequats a les necessitats de producció i per millorar-ne les propietats nutritives o canviar-ne les qualitats sensorials. A més, un cop les matèries primeres

animals o vegetals arriben a la indústria de l'alimentació, sovint es transformen mitjançant microorganismes (bacteris, fongs o llevats) seleccionats i millorats; així com també s'utilitzen enzims i additius en el processament que han estat produïts industrialment a partir de microorganismes.

Per tant, la biotecnologia dels aliments va més enllà dels aliments transgènics i presenta oportunitats orientades a proveir productes nous i augmentar la sostenibilitat dels aliments, perfeccionar els processos en què les matèries primeres es transformen en productes acabats (millora dels processos microbians, utilització de nous enzims i emulsi-onants, etc.), reduir els costos en el processament, obtenir aromes i sabors naturals, disminuir el risc d'intoxicació o frau, augmentar les opcions per tractar i donar noves aplicacions als residus, i crear nous materials per a l'envasament.⁵⁷

A més, és molt probable que, en un futur no gaire llunyà, la percepció del consumidor europeu i dels reguladors sigui més favorable respecte dels aliments transgènics, per diverses raons (Ramón, 2007). En primer lloc, perquè cada cop resulta més difícil atendre la demanda mundial d'aliments.⁵⁸ Això comportarà la necessitat de desenvolupar noves formes més eficaçes de produir (i distribuir) aliments, entre les quals la biotecnologia moderna. En segon lloc, perquè existeixen possibilitats reals de millorar algunes malalties (Alzheimer, cel·liaquia, cardiovasculars, etc.) i de reduir la despesa sanitària, que és un element que els governs europeus hauran de considerar seriosament. Finalment, perquè Europa pot quedar endarrerida en la recerca tecnològica en aquest àmbit respecte d'altres regions emergents (OME, 2010). Tot plegat, situa l'enginyeria genètica com una tecnologia de futur en què els centres de recerca europeus convindria que seguissin treballant malgrat que, en general, les empreses alimentàries no vulguin prendre-hi part de moment per motius de reputació i de limitacions de comercialització en el mercat europeu.

54. El que diferencia avui la biotecnologia moderna respecte de la convencional és essencialment l'enginyeria genètica, que permet modificar els gens propis de l'organisme o incorporar-ne d'altres organismes. Les tècniques genètiques tradicionals, aplicades des de fa milers d'anys, són les d'encreuament i selecció d'individus.

55. El registre comunitari d'aliments i ingredients autoritzats es pot veure a: http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm.

56. Actualment, Àustria, França, Grècia, Hongria, Alemanya i Luxemburg apliquen alguna clàusula de salvaguarda.

57. L'àmbit dels biomaterials per a l'envasament es tracta en el capítol sobre el futur de les tecnologies de l'envasament en aquest mateix paper.

58. Com ja s'ha explicat en el capítol «Escenari futur i requeriments tecnològics en el sector alimentari».

6.2 El processament amb microorganismes

El procés de fermentació és la principal aplicació biotecnològica de la indústria del processament d'aliments i begudes. La fermentació fa ús de la inoculació microbiana per millorar les propietats dels aliments en relació amb el gust, aroma, duració, seguretat, textura i valor nutricional. En l'àmbit de la fermentació, el desenvolupament i la millora dels iniciadors de cultius microbians és un dels camps de recerca més destacats tant en les economies avançades com en les emergents i de països en desenvolupament. Les biotecnologies convencionals de fermentació centren l'atenció de la indústria, donat que, tot i que s'utilitzen als laboratoris, relativament pocs microorganismes modificats genèticament (GM) estan permesos en la indústria de l'alimentació i les begudes a nivell global, la qual cosa atenua el seu potencial de negoci (FAO, 2010).

En l'àmbit dels ingredients alimentaris, els microorganismes són en si mateixos una molt bona font d'enzims, additius i altres substàncies utilitzades en la producció d'aliments i begudes.

Els enzims, en concret, són catalitzadors biològics que es produeixen naturalment a partir de microorganismes (bacte-

ris, fongs i llevats) i, en menor mesura, d'animals i plantes,⁵⁹ i que permeten modificar selectivament un component d'un aliment. En la producció d'aliments, els enzims presenten força avantatges com a alternatives als productes químics sintètics: consumeixen menys energia i són més biodegradables; són més específics en la seva acció, de manera que generen productes de major qualitat i menys residus o possibilitats de contaminació i, finalment, permeten l'obtenció d'alguns resultats que d'altra forma no serien possibles.

Quan els enzims es produeixen per síntesi natural a partir de microorganismes, s'aconsegueixen a partir de la fermentació en grans tines, amb la necessitat d'ajustar temperatura, nutrients i aire adequadament, i de seguir les normes d'higiene. Posteriorment, el brou resultant conté enzims, nutrients i microbis; cal que es purifiquin i que se separin els enzims mitjançant filtres.

La gran contribució de la biotecnologia als enzims és la capacitat de producció de nous cultius per a la comercialització, a partir de la millora en les tècniques i la comprensió de les relacions d'estructura-funció que han de possibilitar en el futur la identificació, rastreig i aïllament dels enzims encara de forma més ràpida (ETEPS, 2007). A més, gràcies a la biotecnologia, els enzims es poden obtenir en forma

Taula 18. Exemples d'enzims, additius alimentaris i altres substàncies produïdes amb microorganismes GM

Additiu/coadjuvant tecnològic	Producte	Ús
Enzims	Amilasa, isomerasa	Xarop de glucosa ric en fructosa
	Quall	Fabricació de formatge
	Proteases	Ablanidor de carn
	Pul·lulanasa	Cervesa light
Àcids orgànics	Àcid cítric	Acidulant
	Àcid benzoic, àcid propiònic	Conservant
Aminoàcids	Metionina, lisina, triptòfan	Suplement nutritiu
	Àcid aspartic, fenilalanina	Producció d'edulcorants
Productes baixos en calories	Aspartam, taumatina, monelina	Edulcorants no nutritius
	Àcids grassos modificats, triglicèrids	Additiu nutritiu Oli de cuinar
Polisacàrids microbians	Goma de xantè	Estabilitzadors, espessidors i gelificants
Aromes i pigments	Vanil·lina, monascina	Aromatitzants i colorants
Proteïnes monocel·lulars		Suplement alimentari per a animals i humans

Font: Olempska-Beer *et al.* (2006).

59. Per exemple, l'amilasa provinent de la germinació de l'ordi.

més pura i en grans quantitats i a menor cost. Per això, des de principis dels anys vuitanta, les empreses de producció d'enzims han estat innovant, d'una banda, en desenvolupar mesclades d'enzims destinades a aplicacions específiques i, d'altra banda, en la utilització de tècniques d'enginyeria genètica per millorar les espècies microbianes que intervenen en el procés. En aquest últim sentit, l'obtenció d'enzims a partir de microorganismes GM pot millorar la productivitat i l'eficiència en costos del processament gràcies a la reducció de matèria primera, energia o aigua emprades;⁶⁰ permet adequar els enzims de manera que compleixin els requeriments necessaris per produir aliments amb característiques específiques;⁶¹ i possibilita l'obtenció de grans quantitats d'enzims que possibiliten al seu torn la producció de certs aliments que d'altra manera no seria possible de produir.⁶² La taula 19 mostra un llistat d'enzims obtinguts a partir de la modificació genètica de microorganismes.

Taula 19. Enzims a partir de microorganismes GM	
Microorganisme d'origen	Enzim
<i>Aspergillus niger</i>	Fitasa Quimosina Lipasa
<i>Aspergillus oryzae</i>	Esterasa-lipasa Proteasa aspàrtica Glucosa oxidasa Lacasa Lipasa
<i>Bacillus licheniformis</i>	α -amilasa Pul·lulanasa
<i>Bacillus subtilis</i>	α -acetolactat descarboxilasa α -amilasa Amilasa maltogènica Pul·lulanasa
<i>Escherichia coli</i> K-12	Quimosina
<i>Fusarium venenatum</i>	Xilanasa
<i>Kluyveromyces marxianus</i> var. <i>lactis</i>	Quimosina
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	α -amilasa
<i>Trichoderma reesei</i>	Pectolasa

Font: Olempska-Beer *et al.* (2006).

A banda dels enzims, altres productes intermedis com ara els aminoàcids, els àcids orgànics i els àcids nucleics també són produïts per microorganismes sintetitzats naturalment o

a partir de la modificació genètica. Tanmateix, les espècies microbianes GM per a la producció de molècules en general per a la indústria de l'alimentació estan encara poc diversificades, donat que es tracta sovint de microorganismes modelats que necessiten molt temps d'estudi i per als quals les tecnologies de l'ADN recombinant⁶³ són complexes. A més, en el cas de la UE, cal que es passi un procediment d'avaluació dels riscos per a la salut pública i el medi ambient. En general, els microorganismes GM són bacteris (per exemple, *Escherichia coli* o *Bacillus subtilis*) i llevats (sobretot *Saccharomyces cerevisiae*) (Gautier, 2007).

En general, en l'àmbit dels additius alimentaris alguns compostos útils presenten actualment una oferta escassa o es troben en microorganismes o plantes que són difícils de mantenir en els sistemes de fermentació, cosa que dificulta la producció econòmicament viable de compostos naturals (per exemple, la producció dels edulcorants naturals coneguts com a *fructants*). Els avenços biotecnològics aplicats als microorganismes podrien solucionar aquests problemes i permetre en un futur proper que es pugui disposar d'una oferta més àmplia de productes. Així, segons Berger (2009) més de cent aromes químiques comercials són derivades de la biotecnologia a través de les tècniques de rastreig de microorganismes sobreproductors, l'elucidació de les vies i precursors metabòlics o la bioenginyeria convencional. Les tecnologies d'ADN recombinant també fan possible la producció més eficient d'edulcorants com ara l'aspartam i la taumatina, mentre que el glutamat (potenciador del sabor) ha tingut un augment destacat en el mercat a partir de la fermentació que emprava cultius de *Corynebacterium glutamicum* i *Escherichia coli* d'alt rendiment. Els aminoàcids produïts per processos biotecnològics també destaquen en la construcció d'ingredients actius en diversos processos industrials.

A més de la producció d'ingredients i additius, els microorganismes també poden intervenir com a agent principal en la producció de nombrosos aliments fermentats. La possibilitat que aquests fossin GM podria permetre la inclusió de microorganismes provinents de flora «salvatge», normalment més rics des d'un punt de vista organolèptic però més inestables i propensos a desenvolupar elements patògens (Gautier, 2007). No obstant això, la presència de microorganismes vius en la ingestió dels aliments fermentats (i la possibilitat que aquests microorganismes puguin

60. Així, per exemple, s'ha desenvolupat una soca microbiana per a la producció d'enzims que incrementa el rendiment de l'enzim, mitjançant l'eliminació dels gens que codifiquen les proteases extracel·lulars (FAO, 2010).

61. Per exemple, l'alfa-amilasa, amb major estabilitat amb la calor, ha estat dissenyada per a l'ús en la producció de xarops d'alta fructosa, mitjançant canvis en les seqüències genètiques corresponents als seus aminoàcids (FAO, 2010).

62. Com és el cas de l'amilasa, que permet allargar la vida del pa (EUFIC, 2006).

63. Les tècniques de l'ADN recombinant permeten combinacions artificials de molècules d'ADN provinents, en general, de diferents organismes.

pertorbar els ecosistemes naturals) suposa una barrera a la utilització d'aquests quan són GM i es troba altament reglamentada en el cas europeu, fet que limita en la pràctica que els cultius de microorganismes GM es trobin únicament destinats a la producció de molècules en fermentadors.⁶⁴ En el cas dels Estats Units, la utilització en la producció d'aliments fermentats és més permissiva.

Dins l'àrea dels aliments funcionals, la biotecnologia possibilita la millora dels beneficis aportats per aquests, que generalment contenen nivells significatius de components biològicament actius. Així, per exemple, l'ús de tècniques de bioprocessament, que inclouen la combinació d'enzims que degraden la paret cel·lular amb la fermentació, permeten millorar les possibilitats d'explotació del segó del blat, un ingredient actualment poc utilitzat en els aliments processats a base de cereals, però que conté qualitats nutritives i sensorials superiors (VTT, 2010). A banda d'això, les biotecnologies també permeten identificar i validar els principis actius que realment contenen els aliments funcionals, de manera que possibiliten la detecció de frau, un àmbit d'oportunitat que podria tenir molt de recorregut si continua l'augment d'aquest tipus de productes.

Finalment, pel que fa a l'aplicació de l'enginyeria genètica als aliments funcionals, cal esmentar que existeixen les mateixes precaucions que en altres camps, la qual cosa no impedeix que al laboratori continuïn desenvolupant-se millores a partir de la GM.⁶⁵ Tanmateix, molt probablement el consumidor europeu podria acabar canviant la seva opinió negativa enfront dels transgènics precisament pels beneficis a la salut que es poden aconseguir gràcies als OGM en determinats casos, com és, per exemple, la possibilitat per al celiac de consumir un pa lliure del pèptid de degradació de la gliadina responsable d'aquesta patologia (Ramón, 2007).

6.3 Aplicació de les biotecnologies a la seguretat alimentària

En temes de seguretat alimentària, una de les principals preocupacions a què s'ha de fer front és la contaminació causada pels microbis, que es pot produir en qualsevol punt de la cadena alimentària. Les biotecnologies presenten un important potencial per millorar la seguretat alimentària. En primer lloc, la caracterització genètica de microorganismes ha avançat ràpidament els darrers anys amb el creixement

exponencial en la recollida d'informació de seqüències de genoma i amb el potencial de la bioinformàtica per realitzar comparatives genòmiques. L'ús de noves tècniques de seqüenciació basades en nanomaterials (la piroseqüenciació) permet seqüenciar de manera massiva amb menys temps i cost. La seqüenciació de genomes, unida al desenvolupament de tècniques moleculars avançades, està permetent aprendre els mecanismes pels quals determinats bacteris patògens desencadenen infeccions tòxiques, identificar gens i molècules responsables d'aquestes i dissenyar estratègies terapèutiques (per exemple a través d'aliments funcionals o de l'optimització dels efectes de bacteris probiòtics) o d'oposició als elements patògens (FAO, 2010). Aquestes últimes consistirien en la millora del disseny de cultius de bacteris, per exemple eliminant determinats bacteris utilitzats en la fermentació causants de deteriorament o intoxicació alimentària amb la finalitat de millorar els mecanismes d'autodefensa dels fermentadors microbians (Biotechnology Industry Organization, 2008).

En segon lloc, la detecció de patògens s'ha desenvolupat força els darrers temps gràcies a la tecnologia PCR,⁶⁶ que permet amplificar milions de molècules d'un fragment determinat d'ADN a partir d'unes poques molècules d'aquest fragment. L'aplicació del PCR en l'alimentació permet detectar i quantificar unes poques cèl·lules d'un bacteri, fong o virus patògen presents en l'aliment, i en un temps inferior a una hora. A més, la tecnologia PCR també està resultant útil per a la detecció de frau i la identificació d'ingredients, com ara la detecció d'espècies de baix interès comercial o nutricional en conserves de peix, o la identificació de polimorfismes únics en la traçabilitat de vins o formatges d'origen (Ramón, 2007; FAO, 2010). Avui en dia, les tècniques moleculars de PCR se simplifiquen i abarateixen, la qual cosa possibilita que ja s'utilitzi per part de la indústria; el que queda pendent és poder transferir aquest tipus de tecnologies cap a les pimes i els països en desenvolupament.

Finalment, una altra forma de millorar la seguretat alimentària de les matèries primeres que permet la biologia molecular és el descobriment de la identitat exacta de les proteïnes al·lèrgèniques presents en determinats aliments. Així, una vegada identificades, es podran bloquejar o eliminar els gens causants de les al·lèrgies i també disminuir la quantitat de toxines naturals que hi són presents (Biotechnology Industry Organization, 2008).

64. Per exemple, a Europa es consumeixen formatges fabricats amb quimosina recombinant sense cap inconvenient.

65. Per exemple, ja s'ha creat una varietat de tomàquet que conté tres vegades més d'un determinat antioxidant que la varietat no modificada; igualment, s'està treballant per augmentar la quantitat d'àcid el·làgic (agent de protecció contra el càncer) present en les maduixes (Biotechnology Industry Organization, 2008).

66. *Polymerase chain reaction*.

6.4 Oportunitats de les biotecnologies dels aliments en els mercats internacionals

Fora de l'espai europeu, l'enginyeria genètica obre importants possibilitats per abastir la demanda alimentària creixent, tant per l'augment de la població, la urbanització i la classe mitjana a escala global, com per la pressió sobre els recursos naturals, entre altres raons. La combinació d'aquestes tendències de fons pot indicar el creixement conjunt de l'enginyeria genètica amb finalitats alimentàries els propers anys. Igualment, aquestes tendències poden estimular el creixement tant de la primera generació de conreus modificats genèticament, centrada en la millora de les característiques agronòmiques que beneficien l'agricultor (tolerància a herbicides, resistència a les plagues, etc.), com de la segona generació d'OGM, adreçada a millorar els atributs dels aliments (valor nutricional, aspectes sensorials i propietats de processament) per tal de beneficiar el consumidor (COFISA, 2009). Tot plegat genera noves possibilitats de recerca i comercialització també per als centres tecnològics i empreses europeus, amb orientació cap als mercats internacionals.

Els Estats Units són la seu de les principals companyies de biotecnologies per a la indústria de l'alimentació. L'activitat d'aquestes s'orienta en gran mesura a aplicar microbis naturals o produïts per l'enginyeria als productes alimentaris que permeten preservar, ampliar la vida útil o millorar les característiques nutricionals d'aquests. L'aplicació de biotecnologies als microorganismes és una àrea de la disciplina relativament recent a la qual altres economies avançades, com ara el Canadà, Alemanya i el Japó, també estan dedicant una atenció major.

A nivell internacional, les oportunitats que presenten les biotecnologies aplicades als microorganismes es poden trobar en la transformació del procés de fermentació de productes tradicionals, alguns dels quals amb potencial d'estendre's a altres mercats internacionals, com ha succeït en el cas del *kimchi* (Corea), el miso (Japó) i el quefir (Europa de l'Est) (Hutkins, 2006). Igualment, les oportunitats també poden aparèixer en relació amb la millora de la indústria local en països en què la producció de productes d'alt valor, com ara enzims, cultius microbians i ingredients per a aliments funcionals, encara presenta dèficits (amb especial interès en països africans i llatinoamericans), tant pel que fa al desenvolupament i millora dels iniciadors de cultius com a la innovació en el disseny de l'equipament de control del procés (bioreactors) (FAO, 2010).

De fet, el disseny dels bioreactors per a la indústria de l'alimentació presenta oportunitats a nivell global, i es pre-

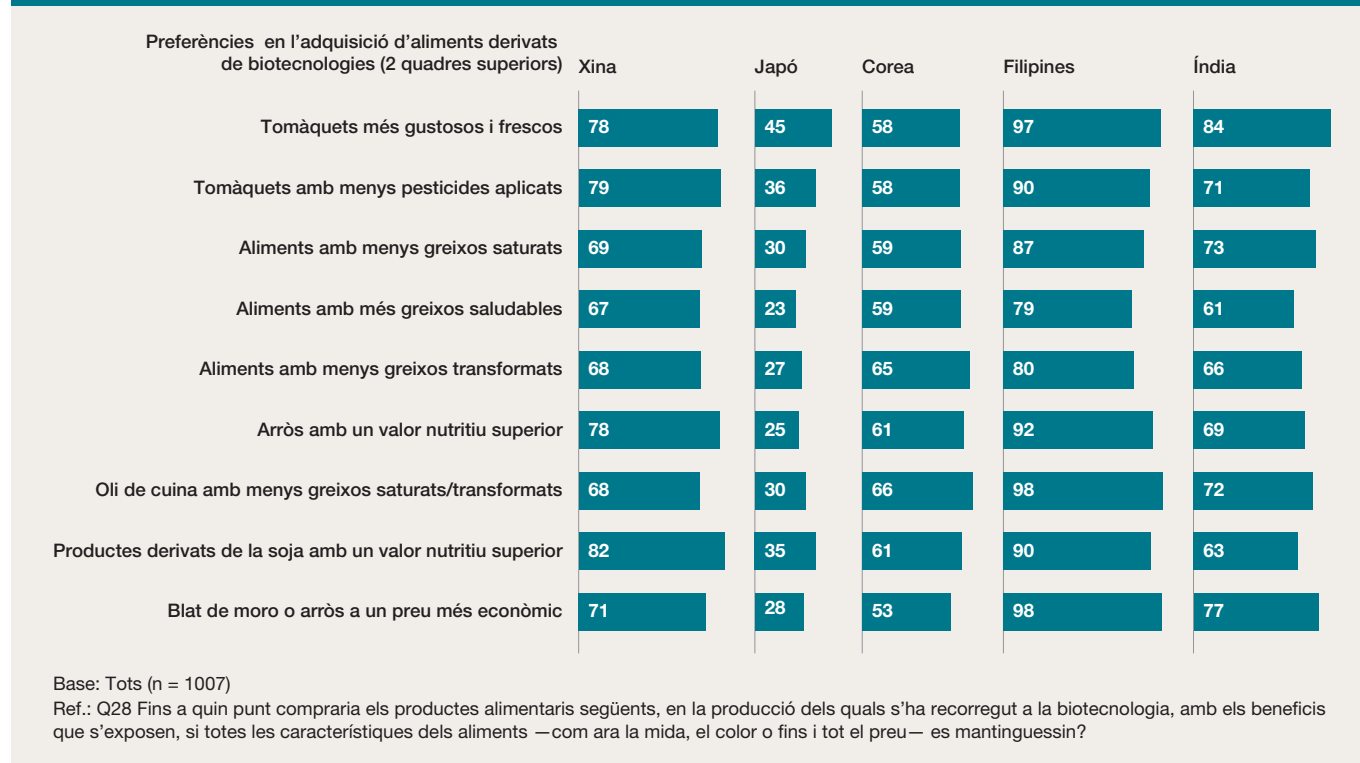
veuen noves tecnologies per a la fermentació contínua que, en ser més eficients i sostenibles, podrien substituir els processos en seqüència, així com nous dissenys de bioreactors orientats als nous aliments a partir d'algues, llevats i altres microorganismes que previsiblement sorgiran tant per satisfer les necessitats alimentàries de la població mundial creixent, com per a la presa de consciència dels efectes beneficiosos dels aliments fermentats sobre la salut (Singh, 2008; Hutkins, 2006).

Finalment, un àmbit d'oportunitat internacional a tenir present és el de l'aplicació de les biotecnologies a la seguretat i qualitat dels aliments, que tindrà una incidència major en el cas dels països emergents i en desenvolupament, tant per l'augment de la seva classe mitjana, com per l'augment previsible de les exportacions d'aliments d'aquests països per satisfer la demanda derivada de la diàspora i de la cerca de noves experiències en els mercats internacionals. La necessitat d'assegurar la seguretat i qualitat dels productes en compliment dels requeriments dels mercats d'importació esdevé un impuls a la millora dels cultius iniciadors, així com de les metodologies de diagnòstic per a la validació de la qualitat i seguretat (FAO, 2010).

Per mercats, cal destacar que els països emergents amb una elevada població estan especialment interessats en el desenvolupament de la biotecnologia aplicada a l'alimentació, per la possibilitat que aquesta ofereix de solucionar les crisis d'aliments (escassetat d'aliments i augment dels preus) i, en menor mesura, per reduir l'ús de pesticides en l'activitat agrícola (AFIC, 2008). Els consumidors dels països asiàtics amb una activitat agrícola important (la Xina, Filipines, l'Índia) són més favorables a l'aplicació de biotecnologies en l'alimentació que els dels països importadors d'aliments (el Japó, Corea del Sud); a més, els consumidors del primer grup de països estarien més disposats a adquirir aliments derivats de les biotecnologies.

En concret, a l'Índia, el segment *bioagro* s'espera que sigui el que més creixi en termes relatius, en gran part per l'aposta del govern per la biotecnologia agroalimentària com a instrument per abastir les necessitats futures de la població (OME, 2008). Des de fa una dècada, l'Índia ha estat duent a terme assajos reals en conreus d'arròs, mostassa, coliflor i pèsols modificats genèticament. Tanmateix, l'únic conreu aprovat fins ara no ha estat per a ús alimentari (cotó híbrid), i tot just el 2010 s'ha posposat l'aprovació per a la comercialització d'una varietat d'albergínia (Ernst & Young, 2010). Tot i així, a l'Índia existeix una activitat significativa de recerca en biotecnologia per als aliments que inclou el desenvolupament d'eines

Figura 26. Preferències en l'adquisició d'aliments derivats de biotecnologies a l'Àsia, segons països



Font: Benson (2009).

d'avaluació de la seguretat alimentària; equips de diagnòstic ràpid per a la detecció de patògens; mètodes analògics per a la detecció d'aliments genèticament modificats i de productes derivats; nutricèutics, suplementos i aliments funcionals; aliments precurinats, preparats per al consum i fortificats per a nens escolaritzats; probiòtics amb finalitats terapèutiques; i bioadditius (COFISA, 2009).

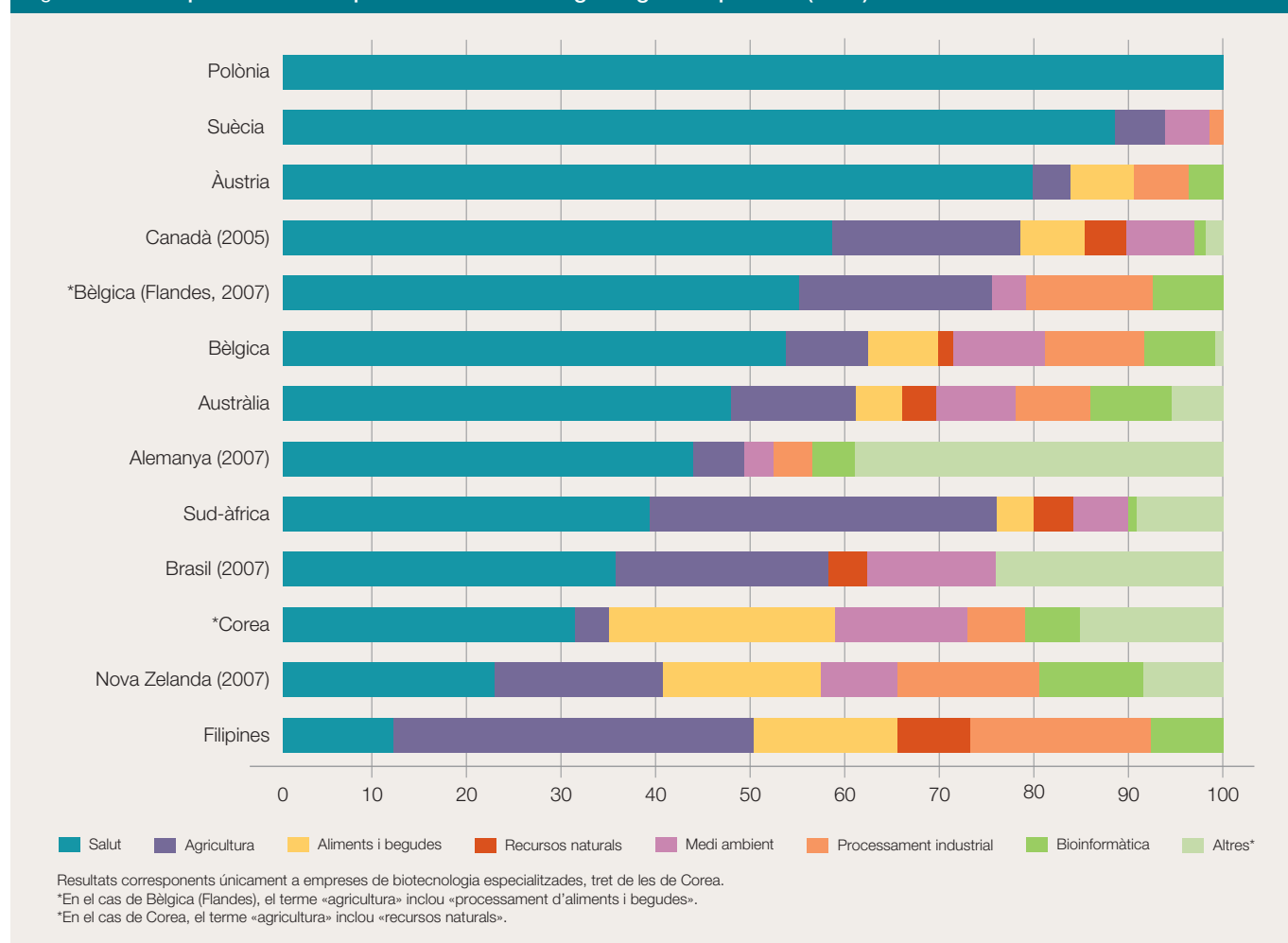
Per la seva banda, a la Xina el govern destina més del 40% de la inversió en biotecnologies a l'àrea de l'alimentació. El país destaca per la producció d'arròs híbrid, del qual ja ha desenvolupat més de 150 varietats transgèniques. El China National Hybrid Rice Research and Development Center (CNHRRDC) té interès per millorar encara més les varietats d'arròs existents a la Xina mitjançant la col·laboració tecnològica amb instituts de recerca estrangers, així com per estendre l'adopció de l'arròs híbrid a altres mercats. En el segment bioindustrial, la Xina fabrica nombrosos productes ja consolidats, com el midó i els edulcorants, els aminoàcids, els àcids orgànics i les vitamines, en què en alguns casos són líders mundials, i es disposa a aportar productes amb més valor afegit (OME, 2008).

Altres mercats internacionals d'interès per a les biotecnologies aplicades a l'alimentació (a banda de les que sorgiran de la intersecció de l'alimentació amb la indústria farmacèutica) poden ser el Brasil, que ja ha superat l'Argentina com a segon productor mundial de collites modificades genèticament; Malàisia, per la seva extraordinària biodiversitat i la concentració d'empreses en el segment de la biotecnologia agrícola (41% de les empreses biotecnològiques) i, en menor mesura, en la recerca microbiana; i Nova Zelanda, on el segment més important és precisament el dels aliments i la nutrició humana (44% de les empreses), en general amb orientació a obtenir productes comercialitzables a curt termini —els agents d'aquest país són pragmàtics i cerquen inversors per desenvolupar els productes i facilitar l'entrada als mercats europeu i nord-americà (Ernst & Young, 2010).

El *Biotechnology Statistics* de l'OCDE (2009) confirma la importància relativa de les biotecnologies per al processament d'aliments i begudes a Nova Zelanda, amb més de 50 empreses biotecnològiques dedicades⁶⁷ (17% del conjunt de les empreses biotecnològiques dedicades del

67. Aquestes estadístiques consideren *empresa dedicada de biotecnologia* aquella la principal activitat de la qual involucra l'aplicació de tècniques biotecnològiques per produir béns i/o serveis per realitzar R+D biotecnològic.

Figura 27. Participació de les empreses de biotecnologia segons l'aplicació (2006)



Font: Beuzekom i Arundel (2009).

país), així com també a les Filipines (15%), si bé en aquest cas amb un nombre reduït d'empreses. Destaca igualment que prop de 200 empreses coreanes (24% del total d'empreses relacionades amb les biotecnologies) són actives en el processament d'aliments i begudes, tot i que aquest percentatge inclou també les empreses no dedicades. Entre els països dels quals es disposa de dades, Austràlia, el Canadà, Bèlgica i Àustria tenen un nombre considerable d'empreses dedicades a les biotecnologies per al processament d'aliments i begudes, mentre que el Brasil, Alemanya, Polònia i Suïssa pràcticament no compten amb empreses en aquesta àrea. De tota manera, cal tenir sempre present la limitació de les dades i les dificultats de classificació del sector biotecnològic.

En qualsevol cas, cal assenyalar que una tendència que s'accentua a nivell internacional entre els països ben situats en l'àmbit de les biotecnologies per al processament

d'aliments (com també en el de les nanotecnologies) és la d'apostar per solucions pragmàtiques i models de col·laboració que permetin l'obtenció de finançament per a la recerca i assegurar la sortida al mercat dels productes, donat el context previsible de disminució dels recursos provinents del capital risc, així com dels governs més endeutats (Ernst & Young, 2010).

7. Conclusions

Aquest paper ha ofert una visió de futur de les perspectives tecnològiques amb major oportunitat de negoci que permetin orientar la presa de decisions tecnològiques i empresarials.

Des del punt de vista tecnològic, tot i que la indústria agroalimentària ha estat reconeguda tradicionalment com una indústria madura amb pocs canvis tecnològics significatius, el cert és que en els darrers temps s'ha produït una renovació de les seves possibilitats d'innovació principalment entorn de quatre eixos: la salut, el plaer, la qualitat i seguretat, i la sostenibilitat.

Les tendències demogràfiques, socials i econòmiques a nivell global, entre les quals destaquen l'augment de la classe mitjana per la incorporació dels mercats emergents, l'envelliment de la població, l'augment de les malalties relacionades amb l'alimentació i l'accés ubic a la informació que possibilita l'expansió de les TIC; alhora que les tendències pròpies de la indústria de l'alimentació (augment de la competència internacional, convivència de la globalització i localisme de la cadena alimentària, complexització de la regulació, etc.) i, finalment, les conseqüències de les crisis financera i de recursos naturals de principis de segle, tot plegat reconfigura l'escenari de futur a tenir en compte pels agents en la indústria de l'alimentació i les begudes.

Alhora, pel que fa al consumidor, juntament amb la conveniència i la presa de consciència del valor econòmic i ambiental, l'altre element principal que s'associa a l'alimentació en el començament del segle XXI és el de la contribució a la salut i la cerca de la frescor dels aliments (*fresh, convenient, healthy & sustainable*). El consumidor d'avui és més complex, ambigu i imprevisible i, de fet, es parla de consumidor camaleònic en funció de les necessitats de cada moment.

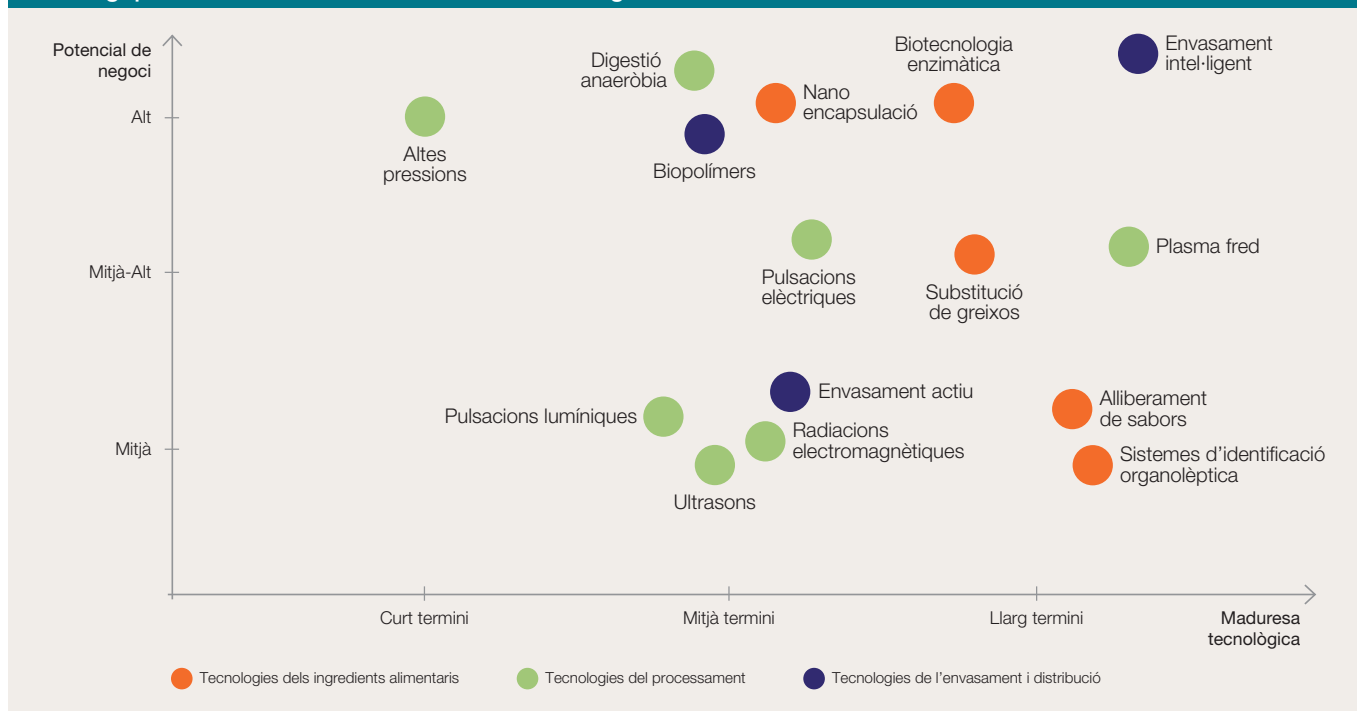
Com a conseqüència d'aquest escenari de futur, es poden entreveure una sèrie d'àmbits tecnològics dins la indústria de l'alimentació que podrien tenir un major potencial de negoci els propers anys, com il·lustra la taula 20.⁶⁸

Dins el grup de tecnologies per als ingredients, la salut, el plaer i la sostenibilitat econòmica es presenten com els grans eixos d'innovació per als propers anys, que obren noves perspectives de desenvolupament de nous ingredients i la reformulació dels existents. Destaquen amb potencial de negoci per sobre de la mitjana la nanoencapsulació i l'alliberament per als aliments funcionals, la biotecnologia enzimàtica i de fermentació, les tecnologies d'alliberament de sabors i de substitució de greixos, la nutrigenòmica i els sistemes d'identificació organolèptica. D'aquestes, la nanotecnologia aplicada a l'encapsulació per a aliments funcionals té un gran potencial de negoci gràcies a la tendència generalitzada a la millora de la salut i al fet que, tot i que ja té aplicació comercial, cal millorar-ne la funcionalitat així com l'alliberament de les partícules a la destinació desitjada. Pel que fa a les tecnologies enzimàtiques, la contribució de la biotecnologia moderna en aquest camp possibilita la producció de nous cultius per a la comercialització i l'obtenció d'enzims de forma més pura i a menor cost, així com la possibilitat de crear nous productes amb efectes beneficiosos per a la salut; igualment, presenta el potencial per abordar nous mercats internacionals tant en els àmbits de desenvolupament de productes com en la millora de la seguretat i qualitat.

Per la seva banda, la nutrigenòmica, que estudia les interaccions entre els aliments i les característiques genètiques de les persones, és un àmbit que previsiblement avançarà ràpidament els propers anys per tal de prevenir patologies. En conseqüència, permetrà orientar la indústria agroalimentària i farmacèutica sobre quins són els compostos bioactius per a grans grups de població i es requerirà la millora de la validació dels mecanismes d'ac-

68. S'assenyala, d'una banda, la valoració qualitativa respecte dels beneficis empresarials (mitjà, mitjà-alt, alt) que es poden obtenir del desenvolupament i la comercialització de les tecnologies emergents en cadascun dels tres camps (ingredients, processament i *packaging*), en funció de la seva probable acceptació per part del mercat (a partir de la rellevància dels eixos de tendències). D'altra banda, s'indica el moment temporal (curt termini equivalent a 1 any, mitjà termini a 5 anys, llarg termini a 10 anys) en què la tecnologia podria adquirir l'estadi de maduresa. Ambdós, el potencial de negoci i la maduresa tecnològica, es consideren a nivell mundial i no s'han tingut en compte els efectes regulatoris diferents segons els mercats internacionals.

Figura 28. Potencial de negoci i termini d'adquisició de la maduresa tecnològica de les principals solucions tecnològiques de la indústria de l'alimentació i les begudes



Font: Elaboració pròpia.

Taula 20. Aplicacions tecnològiques emergents en l'àmbit dels ingredients

Tecnologia	Aplicació	Potencial de negoci	Maduresa tecnològica
Nanoencapsulació	Aliments funcionals	ALT (Eix salut + Envelliment global)	MITJÀ TERMINI
Encapsulació	Alliberament de sabors	MITJÀ (Eix plaer + Augment classe mitjana global)	LLARG TERMINI
Substitució greixosa	Aliments funcionals	MITJÀ – ALT (Eix salut + Reducció despesa sanitària)	MITJÀ – LLARG TERMINI
Biotecnologies enzimàtiques i de fermentació (*inclou GM)	Aliments funcionals Millora del processament Producció d'ingredients Detecció de frau	ALT (Eix salut + Eix seguretat / qualitat + Eficiència en costos)	MITJÀ - LLARG TERMINI
Nutrigenòmica	Aliments funcionals Millora del processament	ALT (Eix salut + Eix seguretat)	LLARG TERMINI
Sistemes d'identificació organolèptica	Reformulació d'aliments	MITJÀ (Eix salut + Eix plaer + Eficiència en costos)	LLARG TERMINI

Font: Elaboració pròpia.

ció a nivell molecular i cel·lular. A llarg termini, es podran dissenyar dietes especialitzades per a grups fenotípics amb propensió a determinades patologies, sempre que es garanteixi la protecció de les dades personals. Cal tenir en compte, finalment, el potencial de la nutrigenòmica per a la millora de la seguretat alimentària dins les tecnologies de processament dels aliments.

Pel que fa a l'evolució tecnològica en el processament d'aliments els propers anys, probablement haurà de tenir en compte dues grans orientacions que ja s'entreveuen en el present: d'una banda, un paper més rellevant de les tecnologies netes integrades en el procés de transformació d'aliments i begudes, i una gestió més eficient dels residus; d'altra banda, un desig creixent per part dels consumidors

envers els aliments que mantinguin les propietats nutricionals i organolèptiques, cosa que conduirà en general a una evolució des de les tecnologies tèrmiques cap a les no tèrmiques, i a la combinació de tecnologies.

En concret, podem destacar la propera expansió comercial de les tecnologies d'altres pressions, per la seva àmplia aplicació a la indústria del processament d'aliments (sòlids, líquids, congelats...), amb beneficis destacables pel que fa a la conservació (augment de la vida útil amb menors pèrdues de nutrients) i al desenvolupament de nous productes. També, en grups més concrets d'aliments, tot i que la indústria del processament és conservadora en la introducció de noves tecnologies, caldrà seguir l'evolució futura pel que fa a l'ús de pulsacions elèctriques d'alta intensitat (amb aplicacions especialment en begudes, però també en el tractament inicial d'aliments sòlids i final en el cas de productes envasats); a la tecnologia d'esterilització per plasma fred (aplicable en vegetals i fruites i plats preparats o menjar de conveniència que incorpori aquests); i als tractaments amb ultrasons, que presenten una millora potencial en una gran gamma de processos clau del processament d'aliments pels canvis que generen en la viscositat del producte (emulsionament, homogeneïtzació, extrusió, cristal·lització...) i en la textura, a més dels beneficis en termes de sostenibilitat ambiental (estalvi energètic i hídric i millora dels processos de neteja). Precisament, en el sentit de la sostenibilitat, cal tenir en consideració també dins la indústria agroalimentària el potencial de futur de la digestió anaeròbia de la biomassa

per la valorització dels residus, sempre que el sector trobi els incentius necessaris per impulsar aquesta tecnologia.

Entre les aplicacions tecnològiques de l'envasament, els materials de polímers biodegradables encara presenten limitacions en comparació amb els materials provinents del petroli. Per això, és probable que la innovació en aquests materials vingui tant de la mà del desenvolupament de nous polímers a partir de recursos renovables, com del desenvolupament de noves mescles i de sistemes de processament que puguin millorar les propietats dels materials (nanotecnologies, nous additius, etc.).

D'altra banda, l'aplicació de noves tecnologies en el processament també pot comportar el desenvolupament de nous materials. Així, per exemple, la demanda de productes amb un mínim de processament que es poden associar a l'aplicació de tecnologies emergents, com ara les altes pressions o les pulsacions de llum, comportarà probablement l'estudi de materials d'envasament que es puguin adaptar a aquestes tecnologies de processament.

Respecte de l'envasament actiu, aquesta tecnologia pot substituir o ser complementària a les altres tecnologies de conservació existents, sense la necessitat de recórrer als conservants o altres additius que s'afegeixen directament sobre l'aliment i que el consumidor tendeix a rebutjar. Tanmateix, encara existeixen dubtes sobre l'oportunitat co-

Taula 21. Aplicacions tecnològiques emergents en l'àmbit del processament d'aliments i begudes

Tecnologia	Aplicació	Potencial de negoci	Maduresa tecnològica
Altes pressions	Conservació Nous productes	ALT (Eix seguretat / qualitat + Eix plaer)	CURT TERMINI
Pulsacions elèctriques d'alta intensitat	Conservació Tractament de matèries primeres	MITJÀ – ALT (Eix seguretat / qualitat + Eix sostenibilitat)	MITJÀ - LLARG TERMINI
Radiacions electromagnètiques	Conservació	MITJÀ (Eix seguretat / qualitat)	MITJÀ – LLARG TERMINI
Pulsacions lumíniques	Conservació	MITJÀ (Eix seguretat / qualitat)	MITJÀ TERMINI
Ultrasons	Conservació Millora del processament Millora de productes	MITJÀ (Eix seguretat / qualitat + Eix plaer + Eix sostenibilitat)	MITJÀ TERMINI
Plasma fred	Conservació	MITJÀ – ALT (Eix seguretat / qualitat + Eix salut + Eix sostenibilitat)	LLARG TERMINI
Digestió anaeròbia de la biomassa	Valorització dels residus (biogàs)	ALT (Eix sostenibilitat)	CURT - MITJÀ TERMINI

Font: Elaboració pròpia.

Taula 22. Aplicacions tecnològiques emergents en l'àmbit de l'envasament i la distribució

Tecnologia	Aplicació	Potencial de negoci	Maduresa tecnològica
Biopolimers	Envasament	ALT (Eix sostenibilitat)	MITJÀ TERMINI
Envasament actiu	Conservació	MITJÀ (Eix seguretat / qualitat)	MITJÀ TERMINI
Envasament intel·ligent	Conservació Màrqueting	ALT (Eix seguretat / qualitat + Eix plaer)	LLARG TERMINI

Font: Elaboració pròpia.

mercial d'aquest tipus d'envasament, principalment pel seu cost elevat i l'actitud del consumidor, que considera que el producte fresc es relaciona amb una durada curta.

Finalment, es preveu que l'envasament intel·ligent evolucioni força els propers anys gràcies a l'avanç i abaratiment de costos en els seus components: l'aplicació dels sensors i dels indicadors, i la combinació de la informació que aquests permeten amb la traçabilitat de RFID, i amb l'accés a la informació *on-line* que poden proporcionar les TIC al consumidor. És per això que en conjunt l'envasament intel·ligent podrà jugar un paper destacat en la comunicació de la frescor i la seguretat de l'aliment, així com a eina de màrqueting al consumidor.

La internacionalització de les empreses de base tecnològica i centres de recerca relacionats amb els aliments és un aspecte que prendrà cada cop més rellevància des del punt de vista de la diversificació i l'augment de negoci i de les capacitats d'innovació. En aquest sentit, les oportunitats de negoci en les tecnologies de l'alimentació a nivell internacional s'estenen pràcticament per totes les regions mundials i en un ampli ventall de camps. Per exemple, a la regió del sud i de l'est de la Mediterrània, el sector de la transformació d'aliments es troba en la majoria dels països en un procés intens d'actualització tecnològica per tal d'adaptar-se als canvis en els hàbits de consum locals i als estàndards de qualitat i higiene europeus.

L'Àfrica subsahariana, per la seva banda, continua presentant reptes i oportunitats al voltant del desenvolupament de la indústria local de processament d'aliments. La desnutrició és un problema destacat i les oportunitats es troben a fer assequibles productes on el vector d'alimentació es combini amb la nutrició i la seguretat alimentària; en aquest sentit, són importants les aliances amb centres tecnològics i de nutrició i amb el sector farmacèutic.

A l'Amèrica Llatina, els canvis demogràfics, les noves preferències dels consumidors i l'augment de renda canvien

els hàbits alimentaris, i presenten oportunitats per a les empreses catalanes que segueixen les pautes de modernització, qualitat i seguretat del sector agroalimentari. La tecnologia i la innovació, tant en matèria genètica com nutricional i de producció, són factors clau de competitivitat dels sectors boví i avícola en el futur a la regió.

A l'Àsia emergent es dona un procés de desenvolupament i tecnificació de la indústria local del processament que guanya cada cop major presència internacional, alhora que hi ha un augment dels requeriments de seguretat i higiene.

Als països avançats, tot i l'impacte de la crisi financera internacional, continua existint una demanda cap a la reformulació de productes amb propietats funcionals, sobretot relacionades amb la salut, cap a la diversificació en sabors i formes de consum (menjars de conveniència) i cap a tecnologies de processament i envasament més respectuoses amb el medi ambient i amb les propietats intrínseques dels aliments. Tot això, en combinació amb una preocupació creixent per la disminució de costos en aquests processos. Finalment, la indústria alimentària en alguns països d'Europa de l'Est es troba pròxima a assolir els estàndards de qualitat i funcionalitat dels països avançats del continent.

Bibliografia

Abc-Pack (2009). *ITENE trabaja en el prototipo de un envase antifraude*. Disponible a: http://www.abc-pack.com/newsdesk_info.php/newsdesk_id/1387?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb (Consulta realizada el 5 de desembre de 2009).

AESAN (2010). *Alimentos irradiados*. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Disponible a: http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subseccion/alimentos_irradiados.shtml (Consulta realizada el 7 de maig de 2010).

AFIC (2008). *Food Biotechnology: Consumer perceptions of food biotechnology in Asia*. Asian Food Information Centre. 1 d'octubre de 2008. Disponible a: http://www.afic.org/consumerresearch.php?news_id=819&start=0&category_id=25&parent_id=25&rcyear=&rcmonth (Consulta realizada el 2 de març de 2010).

AINIA (2009). «Jornadas Técnicas sobre Valorización Energética de Subproductos Animales mediante la Producción de Biogás». *Proyecto Singular Estratégico PROBIOGAS*. Madrid, 20 d'octubre de 2009. Disponible a: <http://www.sandach.com.es/Documentos/Proyecto%20Singular%20Estrat%C3%A9gico%20Probiog%C3%A1s%20%28AINIA%29.pdf> (Consulta realizada el 5 de febrer de 2010).

Alimentatec (2009a). *Tendencias en el envasado*. Juliol 2009. Disponible a: http://www.alimentatec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=60:tendencias-ensado&catid=36:observatorio-de-mercados&Itemid=56 (Consulta realizada el 4 de febrer de 2010).

Alimentatec (2009b). *Tecnología microondas*. Maig 2009. Disponible a: http://www.alimentatec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=88:tecnologia-microondas&catid=35:tecnologias&Itemid=54 (Consulta realizada el 4 de febrer de 2010).

Alimentatec (2009c). *Tecnología de pulsos de luz*. Octubre 2009. Disponible a: http://www.alimentatec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=108:tecnologia-de-pulsos-de-luz&catid=35:home&Itemid=54 (Consulta realizada el 4 de febrer de 2010).

Artigas, J.; Capilla, P. i Pujol, J. (2002). «Aplicaciones del Color en Tecnología de Alimentos», *Tecnología del Color*. Universitat de València.

Artiguez, M.L.; Lasagabaster, A. i Martínez de Marañón, I. (2008). «Utilización de luz pulsada. Inactivación de microorganismos». *Alimentación, equipos y tecnología*, vol. 237: 52-55, 2008.

ATCA (2010). *Nanofood, nanotech & nanites: Quantum effects & critical choices?* Londres, 17 de gener de 2010. Disponible a: <http://www.mi2g.com/cgi/mi2g/frameset.php?pageid=http%3A/www.mi2g.com/cgi/mi2g/press/170110.php> (Consulta realizada el 7 de març de 2010).

Audvert, S. (2010). «Potencial actual y futuro de la alimentación funcional». Ponència a: *Tendencias de innovación en alimentación*. EsadeCreápolis, Sant Cugat del Vallès, 21 de setembre de 2010.

Aymerich, J. (2010). «Evolución en las técnicas de investigación del consumidor». Ponència a: *Tendencias de innovación en alimentación*. EsadeCreápolis, Sant Cugat del Vallès, 21 de setembre de 2010.

Ballesté, J. (2010). «Debate: tendencias e innovaciones». Debat a: *Tendencias de innovación en alimentación*. EsadeCreápolis, Sant Cugat del Vallès, 21 de setembre de 2010.

BASF, (2009). *BASF Vision for Packaging Materials*. Londres, 27 de maig de 2009. Disponible a: http://www.basf.dk/ecp1/Denmark/en/function/conversions:/publish/content/00_Startpage/Packaging_Event/BASF_Packaging_Visions_-_Future_Trends.pdf (Consulta realizada el 22 de febrer de 2010).

Benson, A. (2009). «An Objective Assessment of Consumer Attitudes toward Food Technology. US, European and Asian Perspectives». Ponència a: *US Dry Bean Convention 2009*. Disponible a: <http://usdbc.com> (Consulta realizada el 21 de febrer de 2010).

- Berger, R.G. (2009). «Biotechnology of flavours – the next generation». *Biotechnology Letters*, vol. 31, núm. 11. Novembre de 2009.
- Beuchat, L. (2002). «Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables». *Microbes and Infection*, vol. 4, núm. 4. Abril de 2002: 413-423.
- BIO (2008). «Food Biotechnology», *Guide to Biotechnology 2008*. Biotechnology Industry Organization. Disponible a: <http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf> (Consulta realitzada el 25 de febrer de 2010).
- Briñez, W.J.; Roig-Sagués, A.X.; Hernández Herrero, M.M. i Guamis, B. (2007). «Inactivation of Staphylococcus spp. Strains in whole milk and orange juice using ultra high pressure homogenisation at inlet temperatures of 6 and 20 °C». *Food Control*, 18:1282-8. 2007. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6S-4MC0TBF-1&_user=766132&_coverDate=10/31/2007&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1623069651&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=9d7a1bef068b8cd78b071af363c5f22e&searchtype=a (Consulta realitzada el 28 de gener del 2011).
- BTA (2009). *Los alimentos funcionales impulsan la innovación en Ingrenova*. Barcelona Tecnologies de la Alimentación. Dossier de premsa, 11-15 de maig de 2009. Disponible a: http://www.bta-bcn.com/IBE/IBE_Bta/Documents/mediosprensa/DossierPrensa-Bta_Abril_ES.pdf (Consulta realitzada el 3 de febrer de 2010).
- Business Insights (2008a). *Future Flavor Trends in Food: New opportunities in sensory innovation*. Disponible a: http://www.research-handmarkets.com/reports/614535/future_flavour_trends_in_food_new_opportunities (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).
- Business Insights (2008b). *Future Ingredient Trends in Food and Drinks*. Disponible a: <http://www.globalbusinessinsights.com/content/rbig0002m.pdf> (Consulta realitzada el 4 de febrer de 2010).
- Byrne, J. (2010) «Food sector and R&D need to chew the nano fat for wider take-up:analyst», *Food Production Daily*. Special Edition: Nanotechnology. 1 de juny 2010.
- Cao, Z.; Walsh, J.L. i Kong, M.G. (2009). «Atmospheric plasma jet array in parallel electric and gas flow fields for three-dimensional surface treatment». *Applied Physics Letters*, núm. 94. 2009.
- Castellacci, F. (2004). *How does innovation differ across sectors in Europe?* Working paper n°4. Center for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo. 27 de novembre de 2003.
- Castells, P., (2010). «Las investigaciones en ciencia y cocina para que todos comamos mejor». Ponència a: *Tendencias de innovación en alimentación*. EsadeCreápolis, Sant Cugat del Vallès, 21 de setembre de 2010.
- Cedecom (2009). *El color de los alimentos*. 17 de juliol de 2009. Disponible a: <http://www.youtube.com/watch?v=5xKX91A7VEI> (Consulta realitzada el 10 de gener de 2010).
- CIA (2009). *The World Factbook*. Central Intelligence Agency. Disponible a: <https://www.cia.gov/library/publications/download/download-2009/index.html> (Consulta realitzada el 15 de gener de 2010).
- CIAA (2005). *European Technology Platform on Food for Life. The vision for 2020 and beyond*. Cofederation of food and drink industries of the EU. Juny de 2005. Disponible a: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/technology-platforms/docs/foodforlife_etp_visiondoc.pdf (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).
- CIAA (2008). *Managing Environmental Sustainability in the European Food & Drink Industries*. Cofederation of food and drink industries of the EU. Disponible a: http://envi.ciaa.eu/documents/brochure_CIAA_envi.pdf (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).
- CIAA (2009). *The Competitiveness of the EU Food and Drink Industry*. Cofederation of food and drink industries of the EU. Setembre 2009. Disponible a: http://www.ciaa.be/documents/brochures/Bench%20Reprt%202009_LR.pdf (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).
- CIAA (2010). *Data & Trends of the European Food and Drink Industry 2009*. Cofederation of food and drink industries of the EU. Març 2010. Disponible a: <http://www.ciaa.be/documents/brochures/ciaa-data%20trend-updated.pdf> (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).

Clark, J. P. (2008). «An Update on Ultrasonics». *Food Technology*, 62(7), 75-77. Disponible a: <http://www.innovativeultrasonics.com/publications/an-update-on-ultrasonics/> (Consulta realitzada el 22 de febrer de 2010).

Clarke, R. (2009). «Show me the benefits NOW, say consumers». *Functional Ingredients*. 1 de gener de 2009. Disponible a: <http://www.functionalingredientmag.com/article/Viewpoint/show-me-the-benefits-now-say-consumers.aspx> (Consulta realitzada el 13 de febrer de 2010).

Cluster Envase (2010). *Nuevos Materiales*. Asociación Cluster de Envase y Embalaje de la Comunidad Valenciana. Disponible a: http://www.clusterenvase.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4%3Anuevos-materiales&catid=3%3Apublicaciones&Itemid=7&lang=es (Consulta realitzada el 15 de febrer de 2010).

Comissió Europea (2010). *Genetically Modified Food and Feed*. DG Salut i Consumidors. Disponible a: <http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology> (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).

Cooper, S. (2009). «Interactive "Smart" Food Coming To A Supermarket Near You», *Friends Eat*. 6 d'abril de 2009. Disponible a: <http://blog.friendseat.com/interactive-smart-food/> (Consulta realitzada el 24 de febrer de 2010).

Coronel, P.; Simunovic, J.; Sandeep, K.P.; Cartwright, G.D. i Kumar P. (2007). *Sterilization solutions for aseptic processing using a continuous flow microwave system*. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T8J-4PJCY5G-2&_user=766132&_coverDate=04%2F30%2F2008&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1622941906&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=d01d7c02f695d245a6f33efd015f2d95&searchtype=a (Consulta realitzada el 17 de març de 2010).

Coyle, W. (2007). «The future of biofuels: A global perspective», *Amber Waves*, vol. 5, núm. 5. Economic Research Service, USDA. Novembre de 2007. Disponible a: <http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/November07/PDF/Biofuels.pdf> (Consulta realitzada el 20 de març de 2010).

Critzer, F.J.; Kelly-Wintenber, K.; South, S.L. i Golden, D.A. (2007). «Atmospheric plasma inactivation of foodborne pathogens». *Journal Food Protein*, vol. 70, núm. 10: 2290-2296. Octubre 2007. Disponible a: <http://www.ingentaconnect.com/content/iafp/jfp/2007/00000070/00000010/art00010>

CSIC (2010). *Crioconcentració eficaz de zumos y otros alimentos líquidos*. Fira Alimentària 2010, Barcelona. (Consulta realitzada el 23 de març de 2010).

Dainelli, D.; Gontard, N.; Spyropoulos, D.; Zondervan-van den Beuken, E. i Tobback, P. (2008). «Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns», *Trends in Food Science & Technology*, núm. 19, pàg. 103-112, ed. Elsevier, 2008. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VHY-4TVSXWN-B&_user=766132&_coverDate=11%2F30%2F2008&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1623012732&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=5776104772191442aa4d63941671f9a9&searchtype=a (Consulta realitzada el 3 de març de 2010).

Dalsgaard, H. i Abbots, A. (2003). *Environmentally-friendly Food Processing*. CRC Press. Estats Units.

Daniells, S. (2009). «Nano beta-carotene entrapment offers natural colour options», *Food Navigator*. 11 d'agost 2009. Disponible a: <http://www.foodnavigator.com/Science-Nutrition/Nano-beta-carotene-entrapment-offers-natural-colour-options> (Consulta realitzada el 25 de març de 2010).

Datamonitor (2009a). *The Impact of Private Labels on FMCG Companies in India*. Novembre 2009. Disponible a: <http://www.datamonitor.com> (Consulta realitzada el 23 de febrer de 2010).

Datamonitor (2009b). *Profiting From Consumer Mega-Trends in Asia Pacific: Convenience*. Desembre 2009. Disponible a: <http://www.datamonitor.com> (Consulta realitzada el 23 de febrer de 2010).

Datamonitor (2009c). *Food nutrients and Ingredients: Attitudinal and Behavioral Trends in Asia Pacific*. Desembre 2009. Disponible a: <http://www.datamonitor.com> (Consulta realitzada el 23 de febrer de 2010).

Datamonitor, (2009d). *Food nutrients and Ingredients: Attitudinal and Behavioral Trends in the Americas*. Desembre 2009. Disponible a: <http://www.datamonitor.com> (Consulta realitzada el 23 de febrer de 2010).

Datamonitor, (2009e). *Food nutrients and Ingredients: Attitudinal and Behavioral Trends in Europe*. Desembre 2009. Disponible a: <http://www.datamonitor.com> (Consulta realitzada el 23 de febrer de 2010).

Decker, K.J. (2009). «Flavors of the Future», *Foodproductdesign.com*, Supply Side Food & Beverage, 19 d'agost de 2009. Disponible a: <http://www.foodproductdesign.com/articles/2009/08/flavors-of-the-future.aspx> (Consulta realitzada el 15 de febrer de 2010).

Demirci, A. i Panico, L. (2008). «Pulsed ultraviolet light». *Food Science and Technology International*. 14:443-446. Octubre 2008. Disponible a: <http://fst.sagepub.com/content/14/5/443.abstract> (Consulta realitzada el 27 de febrer de 2010).

Demirdöven, A. i Baysal, T. (2009). «The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation». *Food Reviews International*, 25, 1-11. Gener 2009. Disponible a: <http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a907229901~frm=titl+elink> (Consulta realitzada el 23 de gener de 2010) Deng, S.; Ruan, R.; Mok, C.K.; Huang, G.; Lin, X. i Chen, P. (2007). «Inactivation of *Escherichia coli* on Almonds Using Nonthermal Plasma». *Journal. Food Science*, vol. 72, núm. 2, pàg. M63-M66. 12 de març de 2007. Disponible a: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2007.00275.x/full> (Consulta realitzada el 2 de febrer de 2010).

Diario Oficial de la Unión Europea (2008). Reglamento sobre aditivos alimentarios, CE nº 1333/2008 del Parlament Europeu i del Consell de 16 de desembre de 2008. Disponible a: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0033:ES:PDF> (Consulta realitzada el 15 de febrer de 2010).

Diario oficial de la Unión Europea (1997). Reglamento sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios. CE nº 258/97 del Parlament Europeu i el Consell de 27 de gener de 1997. Disponible a <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31997R0258:ES:HTML> (Consulta realitzada el 17 de febrer de 2010).

Diario Oficial de la Unión Europea (2009 b). Reglamento sobre materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos. CE nº 450/2009 del Parlament Europeu i del Consell de 29 de maig 2009. Disponible a: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:135:0003:0011:ES:PDF> (Consulta realitzada el 13 de febrer de 2010).

Diario Oficial de la Unión Europea (2009a). *Lista de los alimentos o ingredientes alimentarios que los Estados miembros autorizan a tratar con radiación ionizantes*. C-283, pàg. 5. 24 de novembre de 2009. Disponible a: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2009:283:0005:0005:ES:PDF> (Consulta realitzada el 15 de febrer de 2010).

Durham, S. (2008). *Nanotechnology May be Used for Food Safety*. ARS-USDA. 15 de desembre de 2008. Disponible a: <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2008/081215.htm> (Consulta realitzada el 7 de febrer de 2010).

Ecoembes (2009). *Ecoembes Boletín*, núm. 40, octubre 2009. Disponible a: <http://www.ecoembes.com/es/Actualidad/Boletines%20Econoticias/Ecoembes%20boletin%2040.pdf> (Consulta realitzada el 3 de març de 2010).

EEA (2009). *The water we eat — irrigated agriculture's heavy toll*. European Environment Agency. 17 d'abril de 2009. Disponible a: <http://www.eea.europa.eu/articles/the-water-we-eat> (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).

Ehlbeck, J.; Brandenburg, R.; Von Woedtke, T.; Krohmann, U.; Stieber, M. i Weltmann, K.D. (2008). «PLASMOSE -antimicrobial effects of modular atmospheric plasma sources». *GMS Krankenhaushyg Interdiszip*, vol. 3, núm. 1, doc. 14. 11 de març de 2008. Disponible a: <http://www.egms.de/en/journals/dgkh/2008-3/dgkh000112.shtml> (Consulta realitzada el 16 de febrer de 2010).

EREC (2010). *Re-Thinking 2050*. European Renewable Energy Council. Abril de 2010. Diponible a : http://www.rethinking2050.eu/fileadmin/documents/ReThinking2050_full_version_final.pdf (Consulta realitzada el 30 de abril de 2010).

Ernst & Young (2010). *Beyond Borders*. Global Biotechnology Report 2010. Disponible a: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Beyond_borders_2010/\\$File/Beyond_borders_2010.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Beyond_borders_2010/$File/Beyond_borders_2010.pdf) (Consulta realitzada el 5 de març de 2010).

EPEPS (2007). Case studies report «The impact of industrial biotechnology applications». *Consequences, opportunities and challenges of modern biotechnology for Europe (BIO4EU)* – Task 2, Report 3 / Deliverable 21. 28 de setembre 2007. Disponible a: <http://bio4eu.jrc.ec.europa.eu> (Consulta realitzada el 7 de febrer de 2010).

EUFIC (2006). *Modern Biotechnology in Food: Applications of food biotechnology: enzymes*. Disponible a: <http://www.eufic.org/article/en/rid/modern-biotechnology-food-enzymes/> (Consulta realitzada el 10 de març de 2010).

EurObserv'ER (2009). «Solid Biomass Barometer». *Systèmes Solaires, le journal des énergies renouvelables*, n° 194, Observatoire des énergies renouvelables. Desembre 2009. Disponible a: <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro194.pdf> (Consulta realitzada el 15 de gener de 2010).

Farm Credit Canada (2009). «Where business meets opportunity. Consumer Trends». *Knowledge Insider*, estiu 2009. Disponible a: http://www.fcc-fac.ca/en/LearningCentre/Knowledge/doc/KI-Consumer_Trends_e.pdf (Consulta realitzada el 19 de febrer de 2010).

FDA (2009). *Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*. Food and Drug Administration. Última revisió el 22 de maig de 2009. Disponible a: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/ResearchAreas/SafePracticesforFoodProcesses/ucm100158.htm> (Consulta realitzada el 23 de gener de 2010).

Federer, D. (2010). «Flavor Trends 2010: Make Mine Plain». *FoodProcessing.com*. 8 de gener del 2010. Disponible a: <http://www.foodprocessing.com/articles/2010/flavortrends.html?page=1> (Consulta realitzada el 3 de març de 2010).

Felicity, A. (2008). *Future food and drink packaging*, Business Insights. 28 de març de 2008. Disponible a: http://store.businessinsights.com/Product/future_food_and_drinks_packaging?productid=BI00013-002 (Consulta realitzada el 7 de març de 2010).

FIAB (2008a). *Energía renovable a partir de los residuos de la industria alimentaria: Biogás*. Butlletí monogràfic de la Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. Disponible a: http://www.fiab.es/es/zonadescargas/boletines/ARTICULO_BIOGAS.pdf (Consulta realitzada el 20 d'abril de 2010).

FIAB (2008b). *Oportunidades de mejora de la gestión ambiental en la industria alimentaria española*. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. Desembre 2008. Disponible a: http://www.fiab.es/archivos/documentoMenu/documentomenu_20100422103009.pdf (Consulta realitzada el 20 d'abril de 2010).

FIAB (2009). *Energía renovable a partir de los residuos de la industria alimentaria*. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. Desembre de 2010. Disponible a: http://www.fiab.es/archivos/documentoMenu/documentomenu_20100422103009.pdf (Consulta realitzada el 20 d'abril de 2010).

Flexible Packaging (2009). «Private labels gain prestige with consumers». Flexible packaging report, 9 de juliol 2009. Disponible a: http://www.flexpackmag.com/Articles/FlexPackReport/BNP_GUID_9-5-2006_A_1000000000000607641 (Consulta realitzada el 3 de març de 2010).

Fraser, J. (2010). «Innovative, Sustainable, and Responsive: Food and Beverage Manufacturers Evolve for the New Economy». *Cambashi Ltd.*, gener 2010. Disponible a: http://www.websan.com/about/news-and-events/Cambashi_FoodBevMfg_WhitePaper_US.pdf (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).

Fraunhofer – Gesellschaft (2010). *Sunlight with cooling facto*. Fraunhofer Institute for solar energy systems. Publicat el maig del 2010. Disponible a: <http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2010-2011/05/cooling-sunlight.jsp> (Consulta realitzada el 6 de juny de 2010).

French, S. (2009). «Sodium: A Dash of Reality», *Foodproductdesign.com*. Supply Side Food & Beverage, 11 de setembre de 2009. Disponible a: <http://www.foodproductdesign.com/articles/2009/09/sodium-a-dash-of-reality.aspx> (Consulta realitzada el 13 de febrer de 2010).

Galet, A. i Fernández, C. (2010). *Envases activos, la tecnología que prolonga la vida útil de los alimentos*. Asociación Cluster de Envase y Embalaje de la Comunidad Valenciana, 2010. Disponible a: http://www.clusterenvase.com/index.php?option=com_content&view=article&id=34%3Aenvases-activos-la-tecnologia-que-prolonga-la-vida-util-de-los-alimentos&catid=3%3Apublicaciones&Itemid=7&lang=es (Consulta realitzada el 30 de març de 2010).

Garavano, C.L. (2006). *Alimentos funcionales: Desde la ciencia hacia la definición de un marco regulatorio*. Comité de Alimentos funcionales ILSI Argentina. Juliol 2006. Disponible a: http://www.ilsa.org.ar/contactos/ILSI_Argentina_Comite_Alimentos_Funcionales/Documento_Consenso_Alimentosfuncionales.pdf (Consulta realitzada el 10 de gener de 2010).

García Casal, M. (2007). «La alimentación del futuro: Nuevas tecnologías y su importancia en la nutrición de la población». *Anales Venezolanos de Nutrición*, 2007. Vol. 20 (2), pàg. 108-114. Disponible a: <http://www.scielo.org.ve/pdf/avn/v20n2/art08.pdf> (Consulta realitzada el 15 de febrer de 2010).

Genina, P. (2002). «Deshidratación osmótica: alternativa para conservación de frutas tropicales». XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería. Disponible a: <http://oswaldoparra.files.wordpress.com/2008/10/12-deshidratacion2.pdf> (Consulta realitzada el 19 de febrer de 2010).

Grunert, K.G.; Bredahl, L. i Scholderer, J. (2003). «Four questions on European consumers' attitudes to the use of generic modification in food production». *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 4, núm. 4, pàg. 435-445, 3 de setembre de 2003. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6W6D-49FGJKC-3&_user=766132&coverDate=12%2F31%2F2003&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchS-trld=1626578123&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=43714f3f8a02aaa59f1969c38c45958d&searchtype=a#sec6 (Consulta realitzada el 3 de febrer de 2010).

Halliday, J. (2009). «National Starch dials in Precisa texture systems». *Food Navigator*, 12 juny 2009. Disponible a: <http://www.foodnavigator.com/Financial-Industry/National-Starch-dials-in-Precisa-texture-systems> (Consulta realitzada el 20 de març de 2010).

Hammond, A.; Kramer, W.; Katz, R.; Tran, J. i Walker, C. (2007). *The Next 4 Billion*. World Resources Institute and International Finance Corporation, Washington DC. Març 2007. Disponible a: http://pdf.wri.org/n4b_full_text_lowrez.pdf (Consulta realitzada el 12 de març de 2010).

Hardware Marketplace (2009). *Space-Efficient Packaging Helps Companies Cut Costs*, 6 de maig 2009. Disponible a: <http://www.hardwaremarketplace.com/articles/2009/05/spaceefficient-packaging-helps-companies-cut-costs.html> (Consulta realitzada el 7 de març de 2010).

Harrington, R. (2010). «Is the food processing industry poised to embrace nanocoatings?», *Food Production Daily*, Special Edition: Nanotechnology, 31 de maig 2010. Disponible a: <http://www.foodproductiondaily.com/Processing/Is-the-food-processing-industry-poised-to-embrace-nanocoatings> (Consulta realitzada el 29 de gener de 2010).

Hazen, C. (2009). «Ingredient Economics», *Foodproductdesign.com*. Supply Side Food & Beverage Report, 2009. Disponible a: <http://www.foodproductdesign.com/articles/2009/10/ingredient-economics.aspx> (Consulta realitzada el 25 de gener de 2010).

Heldman. (2009). «State of the industry», *International Food Ingredients*, núm. 1, pàg. 32-33, febrer-març 2009. Disponible a: <http://www.itmps.co.uk/digitaleditions/IFI0209.html> (Consulta realitzada el 13 de febrer de 2010).

Herrero, A.M. i Romero, M.D. (2006). «Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas». *Revista Médica Univ. Navarra*, vol. 50, núm. 4, pàg. 71-74, 2006. Universidad Complutense de Madrid. Disponible a: www.unav.es/revistamedicina/50_4/10-INNOVACIONES.pdf (Consulta realitzada el 4 de març de 2010).

Hills, S. (2008). «New natural color technology offers increased stability», *FoodQualityNews.com*, 1 d'octubre de 2008. Disponible a: <http://www.foodqualitynews.com/Innovation/New-natural-color-technology-offers-increased-stability> (Consulta realitzada el 26 de febrer de 2010).

Hills, S. (2008). «New Taste technology to drive flavor innovation», *Food Navigator*, 28 Juliol de 2008. Disponible a: <http://www.foodnavigator-usa.com/Financial-Industry/New-taste-technology-to-drive-flavor-innovation> (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).

Hiraoka, W.; Honda, H.; Feril Jr., L.B.; Kudo, N. i Kondo, T. (2006). «Comparison between sonodynamic effect and photodynamic effect with photosensitizers on free radical formation and cell killing». *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 13, núm. 6, pàg. 535-542. Setembre de 2006. Disponible a http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TW3-4HPD5C6-1&_user=766132&coverDate=09%2F30%2F2006&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchS-trld=1626647978&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=09d0c1f5470788732f17f81b14212a2b&searchtype=a (Consulta realitzada el 6 de març de 2010).

Holm-Nielsen, J.B.; Al Seadi, T. i Oleskovicz-Popiel, P. (2009). «The future of anaerobic digestion and biogas utilization». *Bioresource Technology*, vol. 100, núm. 22, pàg. 5478-5484. Novembre de 2009. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V24-4VKVBT8-3&_user=766132&_coverDate=11%2F30%2F2009&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1626658667&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_user=766132&md5=e0f48e19c506cc4c63331bf2e7ba94b0&searchtype=a (Consulta realitzada el 14 de març de 2010).

Hsiedh, Y.P.; Appiah, J. (2007). «Innovations in food technology for health». *Asia Pacific Journal of Clinical nutrition*, vol. 16, supl. 1, pàg. 65-73, 2007. Disponible a: <http://apjcn.nhri.org.tw/server/APJCN/Volume16/vol16suppl.1/Hsieh%2865-73%29.pdf> (Consulta realitzada el 26 de març de 2010).

Hubber, G.W.; Iborra, S. i Corma, A. (2006). «Synthesis of Transportation Fuels from Biomass: Chemistry, Catalysts, and Engineering», *Chemical Review*, vol. 106, núm. 9, pàg. 4044-4098. Disponible a: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cr068360d> (Consulta realitzada el 10 de febrer de 2010).

Hubert, Rosegrant, Van Boekel i Ortiz (2010). «The Future of Food: Scenarios for 2050», *Crop Science*, vol. 50, supl. 1, pàg. 33-50. Març-Abril 2010. Disponible a: https://www.crops.org/publications/cs/articles/50/Supplement_1/S-33 (Consulta realitzada el 23 de febrer de 2010).

Hutkins, R. (2006). «Microbiology and Technology of Fermented Foods», *IFT Press – Blackwell Publishing*. Disponible a: <http://online-library.wiley.com/doi/10.1002/9780470277515.fmatter/pdf> (Consulta realitzada el 10 de gener de 2010).

IDAE (2007). *Energía de la biomasa*. Manuales de energías renovables, núm. 2. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Octubre de 2007. Disponible a: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_b954457c.pdf (Consulta realitzada el 7 de febrer de 2010).

IDAE (2008). *Análisis potencial de cogeneración de alta eficiencia en España, 2010, 2015, 2020*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Disponible a: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Informe_Potencial_Cogeneracion_en_Espana_7083bc9d.pdf (Consulta realitzada el 7 de febrer de 2010).

IFT (2006). «Combinations work best against E. coli». *Weekly Newsletter*. Chicago, Institute of Food Technologists. 2010. Disponible a: http://members.ift.org/IFT/Pubs/Newsletters/weekly/nl_121306.htm.

Ionisios Iberica (2010). *Ionización de alimentos*. Disponible a: http://www.ionisos.es/es/alimentacion_humana.html. (Consulta realitzada el 16 de juliol de 2010).

iRAP (2009). *Nano-Enabled Packaging for the Food and Beverage Industry – A Global Technology, Industry and Market Analysis*. Juliol 2009. Disponible a: http://www.innoresearch.net/report_summary.aspx?id=68&pg=107&rcd=FT-102&pd=7/1/2009 (Consulta realitzada el 29 de març de 2010).

IUFOST (2010). «Emerging and New Technologies in Food Science and Technology». *Scientific Information Bulletin*. Maig 2010. Prepared by Dietrich KNORR, Henry Jäger, Kai Reineke, Oliver Schlüter, Katharina Schössler. Disponible a: <http://iufost.org/sites/default/files/docs/IUF.SIB.EmergingTechnologies.pdf> (Consulta realitzada el 15 de juliol de 2010).

Jonas, H. (1979). «El principi de responsabilitat. Assaig d'una ètica per a la civilització tecnològica». Ed. Herder, 1995.

Kharas i Gertz (2010). «The New Global Middle Class: A Cross-Over from West to East», *Wolfensohn Center for Development of Brookings*. Disponible a: http://www.brookings.edu/~media/Files/rc/papers/2010/03_china_middle_class_kharas/03_china_middle_class_kharas.pdf (Consulta realitzada el 20 de maig de 2010).

Kharas, H. (2010). «The Emerging Middle Class in Developing Countries», *Working paper No. 285*, OECD Development Centre, OCDE, gener 2010. Disponible a: <http://www.oecd.org/dataoecd/12/52/44457738.pdf> (Consulta realitzada el 22 de març de 2010).

Komiyama, R.; Li, Z. i Ito, K. (2005). «World energy outlook in 2020 focusing on China's energy impacts on the world and Northeast Asia». *International Journal of Global Energy Issues*, vol. 24, núm. 3/4, pàg.183-210. 15 de setembre de 2005. Disponible a: <http://inderscience.metapress.com/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,4,11;journal,25,47;linkingpublicationresults,1:110855,1> (Consulta realitzada el 10 de febrer de 2010).

Kristensson, I. *et al.* (2007). «Biogas på gasnätet utan propanfillsats». *Rapport SGC 176*, 1102-7371, ISRN SGC-R-176-SE, pàg. 6-18. Juny de 2007. Disponible a: <http://www.sgc.se/dokument/SGC176.pdf> (Consulta realitzada el 4 de març de 2010).

Lelieveld, H.L.M.; Notermans, S. i De Haan, S.W.H. (2007). «Food preservation by pulsed electric fields». *Technology and Nutrition*, núm. 151, Woodhead Publishing Series, Abington, UK. Octubre 2007. Disponible a: <http://www.woodheadpublishing.com/en/book.aspx?bookID=1218> (Consulta realitzada el 22 de febrer de 2010).

Luguel, C. (2009). *Introduction Biorefinery Euroview Workshop*. EEC project. November 2009. Disponible a: <http://www.agrobiopole.be/pdf/Presentations%20Biorefinery%20Euroview%20-%20C.%20Luguel.pdf> (Consulta realitzada el 24 de març de 2010).

Mariné, A. (2010). «Debate: tendencias e innovaciones». Debat a: *Tendencias de innovación en alimentación*. EsadeCreápolis, Sant Cugat del Vallès, 21 de setembre de 2010.

Masanet, E.; Worrell, E.; Graus, W. i Galitsky, C. (2008). *Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the fruit and vegetable processing industry, an energy star guide for energy and plant managers*. Technical report: Environmental Energy Technologies Division. Març 2008. Disponible a: <http://www.energystar.gov/ia/business/industry/Food-Guide.pdf> (Consulta realitzada el 15 de març de 2010).

Mason, T.; Riera, E.; Vercet, A. i López-Buesa, P. (2005). «Emerging technologies for food processing». *Elsevier Academic Press*, pàg. 4, 323-350. Londres, 2005. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780126767575> (Consulta realitzada el 11 de març de 2010).

Mastwijk, H.C. i Nierop Groot, M.N. (2010). «Cold Plasmas Used for Food Processing». *Encyclopaedia of Biotechnology in Agriculture and Food*, eds. D.R. Heldman, A. Bridges, D.G. Hoover i M.B. Wheeler, CRC, NY, en premsa. Disponible a: <http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a924670703~db=all~jumptype=rss> (Consulta realitzada el 18 de febrer de 2010).

Mathys, A.; Reineke, K.; Heinz, V. i Knorr, D. (2009). «High pressure thermal sterilization - development and application of temperature controlled spore inactivation studies». *High Pressure Research*, vol. 29, núm. 1, pàg. 3-7. Disponible a: <http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a909547052~frm=titlelink> (Consulta realitzada el 18 de febrer de 2010).

Mestres, R. (2008). «La química en la mitigación del cambio climático. Reducción de la generación de dióxido de carbono». *Anales de la Real Sociedad Española de Química* núm. 2, pàg.126-133, 2008. Disponible a: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2662607> (Consulta realitzada el 4 de maig de 2010).

Ministry of Research, Science and Technology, New Zealand (2009). *Food Research Roadmap – Draft for Consultation*, Maig 2009. Disponible a: <https://www.morst.govt.nz/Documents/attachments/Food%20Research%20Roadmap.pdf> (Consulta realitzada el 17 de març de 2010).

Mintel (2009). *Consumer Packaged Goods Trend Predictions for 2010*, Mintel Press. 17 de novembre 2009. Disponible a: <http://www.mintel.com/press-centre/press-releases/424/consumer-packaged-goods-trend-predictions-for-2010> (Consulta realitzada el 20 de febrer de 2010).

Montague-Jones, G. (2010). «Markets: Nanotech struggles to graduate from the lab», *Food Production Daily*, Special Edition, 28 de maig 2010. Disponible a: <http://www.foodproductiondaily.com/Processing/Markets-Nanotech-food-struggles-to-graduate-from-the-lab> (Consulta realitzada el 30 de maig de 2010).

Moreau, M.; Orange, N. i Feuilloley, M.G.J. (2008). «Non-thermal plasma technologies: New tools for biodecontamination». *Biotechnology Advances*, vol. 26, núm. 6, pàg. 610-617, novembre-desembre de 2008. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&udi=B6T4X-4T77G2W-3&_user=766132&_coverDate=12%2F31%2F2008&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1629098713&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=67a566aff3ac135182f2c0d6d5bfe96a&searchtype=a (Consulta realitzada el 18 de febrer de 2010).

Nacions Unides (2009). *World Population Prospects: The 2008 Revision Population Database, 2009*. Nacions Unides. Disponible a: <http://esa.un.org/unpp/> (Consulta realitzada el 20 d'abril de 2010).

Nambiar, A. i Mahalik, N. (2010). «Trends in Food Packaging and Manufacturing Systems and Technology», *Trends in Food Science & Technology*, vol.21, núm. 3, pàg. 117-128. Març 2010. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_

udi=B6VHY-4Y4PVK0-3&_user=766132&_coverDate=03%2F31%2F2010&_rdoc=2&_fmt=high&_orig=browse&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_srch=doc-info%28%23toc%236079%232010%23999789996%231768097%23FLA%23display%23Volume%29&_cdi=6079&_sort=d&_docanchor=&_ct=8&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=9930f124ed02548db29c78b6cf680e6b&searchtype=a (Consulta realitzada el 15 de maig de 2010).

Nano Magazine (2009). «Nanotechnology in Food & Drink», núm. 13, agost 2009. Disponible a: http://www.nanomagazine.co.uk/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=37&Itemid=99 (Consulta realitzada el 10 de gener de 2010).

Nellemann, C.; MacDevette, M.; Manders, T.; Eickhout, B.; Svihus, B.; Prins, A.G. i Kaltenborn, B.P. (2009). *The environmental food crisis - The environment's role in averting future food crises*. United Nations Environment Programme (UNEP), febrer 2009. Disponible a: <http://www.grida.no/publications/rr/food-crisis/ebook.aspx> (Consulta realitzada el 27 de gener de 2010).

Niemira, B.A. i Lelieveld, H.L.M. (2008). «In Cold Plasma: An Emerging Technology for Food Processing», *IFT symposium*, Nova Orleans, 30 de juny de 2008.

Nizo Vision (2010). «The flavour of success», *Nizo Vision*, núm. 13, Pleasure. Consulta realitzada el març del 2010. Disponible a: <http://www.nizo.com/news/nizo-vision/> (Consulta realitzada el 28 de març de 2010).

Observatory Nano (2010). *Nanotechnologies for nutrient and biocide delivery in agricultural production*. Working Paper Version, abril 2010. Disponible a: <http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/Controlled%20delivery.pdf> (Consulta realitzada el 15 de maig de 2010).

Olempska-Beer, Z.; Merker, R.I.; Ditto, M.D. i DiNovi, M.J. (2006). «Food processing enzymes from recombinant micro-organisms – a review». *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, núm. 45, pàg. 144–158. Disponible a: <http://met.fzu.edu.cn/eduonline/sphx/enzymology/review/Food-processing%20enzymes%20from%20recombinant%20microorganisms.pdf> (Consulta realitzada el 29 de març de 2010).

OME (2008). *Tendències de futur i oportunitats d'internacionalització en sectors estratègics de la Xina i l'Índia*, Estudis OME, núm. 9, ACCIÓ. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa, Generalitat de Catalunya. Disponible a: www.anella.cat.

OME (2009). *El model energètic del futur: l'eficiència energètica*. Observatori de Mercats Exteriors d'ACCIÓ. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa, Generalitat de Catalunya, setembre del 2009. Disponible a: www.anella.cat.

OME (2010a). Catch up tecnològic dels països emergents?, *Papers Digitals OME de Prospectiva Internacional*, ACCIÓ. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa, Generalitat de Catalunya. Disponible a: www.anella.cat.

OME (2010b). Mapa d'Oportunitats OME. ACCIÓ. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa, Generalitat de Catalunya. Disponible a: www.anella.cat.

Packaging Europe (2009). «Market Spotlight on Food», *Packaging Europe*, vol. 5.4 Disponible a: <http://www.packagingeurope.com/MagazineArchive.aspx> (Consulta realitzada el 29 de gener de 2010).

Packaging-Gateway (2005). *WPO promotes packaging*, 2 de març de 2005. Disponible a: <http://www.packaging-gateway.com/features/feature14/> (Consulta realitzada el 11 de febrer de 2010).

Pascual, A. i Ruiz, B. (2008). «Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España. El proyecto PROBIOGÁS». *Revista Técnica de Medio Ambiente (RETEMA)*, núm. 129, Especial Biomasa 2008. Disponible a: [http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/2FE52DFF6728E563C1257554005F4F1C/\\$FILE/Art%C3%ADculo%20AINIA-%20RETEMA%20n129%20pdf.pdf](http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/2FE52DFF6728E563C1257554005F4F1C/$FILE/Art%C3%ADculo%20AINIA-%20RETEMA%20n129%20pdf.pdf) (Consulta realitzada el 14 de febrer de 2010).

Patist, A. i Bates, D. (2008). «Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production». *Innovative Food Science & Emerging Technologies Food Innovation: Emerging Science, Technologies and Applications (FIESTA) Conference*, 9(2), 147-154. Disponible a: <http://www.innovativeultrasonics.com/publications/Ultrasonic-Innovations-in-the-Food-Industry-From-the-Laboratory-to-Commercial-Production/> (Consulta realitzada el 26 de febrer de 2010).

Pereda, J.; Ferragut, V.; Quevedo, J.M.; Guamis, B. i Trujillo, A.J. (2007). «Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk». *Journal of Dairy Science*, 90, 1091-1093. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B9887-4YFWTFB-1&_user=766132&_coverDate=03/31/2007&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1623049191&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=33c462349aba7ca7d0e56e72b0157ea7&searchtype=a (Consulta realitzada el 28 de gener del 2011).

Pereira, R.N. i Vicente, A.A. (2009). «Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing». *Food Research International*, vol. 43, núm. 7, pàg. 1936-1943. Agost de 2010. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6V-4X6VMDD-1&_user=766132&_coverDate=08%2F31%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1627916191&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=b0d141310a07842ce44bd9cd64b1f8c7&searchtype=a (Consulta realitzada el 19 de febrer de 2010).

Perni, S.; Shama, G. i Kong, M.G. (2008b). «Cold atmospheric plasma disinfection of cut fruit surfaces contaminated with migrating microorganisms». *Journal of Food Protection*, vol. 71, núm. 8, pàg. 1619-1625. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18724756> (Consulta realitzada el 15 de març de 2010).

Perni, S.; Shama, G.; Hobman, J.L.; Lund, P.A.; Kershaw, C.J.; Hidalgoarroyo, G.A.; Penn, C.W.; Deng, X.T.; Walsh, J.L. i Kong, M.G. (2007). «Probing bactericidal mechanisms induced by cold atmospheric plasmas with *Escherichia coli* mutants». *Applied Physics Letters*, vol. 90., núm. 7, núm. art. 073902. Disponible a: http://apl.aip.org/resource/1/applab/v90/i7/p073902_s1?isAuthorized=no (Consulta realitzada el 15 de gener de 2010).

Perni, S.; Liu D.W.; Shama G. i Kong M.G. (2008a). «Cold atmospheric plasma decontamination of pericaps of fruit». *Journal of Food Protection*, vol. 71, núm. 2, pàg. 302-308. Disponible a: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Cold\[Title\]%20AND%20atmospheric\[Title\]%20AND%20plasma\[Title\]%20AND%20decontamination\[Title\]%20AND%20fruit\[Title\]](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Cold[Title]%20AND%20atmospheric[Title]%20AND%20plasma[Title]%20AND%20decontamination[Title]%20AND%20fruit[Title]) (Consulta realitzada el 15 de març de 2010).

Persson, M.; Jönsson, O. i Wllinger, A. (2006). *Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection*. IEA Bioenergy, Task 37- Energy from biogas and landfill gas. Disponible a: http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading_report_final.pdf (Consulta realitzada el 24 de gener de 2010).

Pira (2007). *The Future of Global Packaging*. Disponible a: www.pira-international.com.

Pira (2009a). «Market Intelligence Guide for Packaging», setembre 2009. Disponible a: www.pira-international.com.

Pira (2009b). «Disruptive Technologies Set to Transform the Consumer Packagings Landscape», 9 de desembre 2009. Disponible a: www.pira-international.com.

Pszczola, D. E. (2009). «Hooked on a Mouthfeeling», *Food Technology*, vol. 63, núm. 11, pàg. 47-57, novembre del 2009. Disponible a: http://www.ift.org/~media/food%20technology/pdf/2009/11/1109col_ings.pdf (Consulta realitzada el 23 de febrer de 2010).

Quiminet (2006). *Ingredientes y colorantes en los alimentos*, Quiminet.com, 26 de maig de 2006. Disponible a: http://www.quiminet.com/ar4/ar_advcaAssadvc-ingredientes-y-colorantes-en-los-alimentos.htm (Consulta realitzada el 13 de març de 2010).

Ragaert, P.; Gómez-Lopez, V.; Debevere, J. i Devlieghere, F (2007). «Pulsed light for food decontamination: a review». *Trends in Food Science & Technology*, vol. 18. pàg. 464-473, 2007. Disponible a: <http://www.ciens.ucv.ve/icta/images/stories/documentos/review-pulsedlight.pdf> (Consulta realitzada el 12 de març de 2010).

Ramón, D. (2007). «El futur de la genètica en l'alimentació», *Mètode*, núm. 55. València, 2007. Disponible a: http://www.metode.cat/index.php?option=com_content&task=view&id=1035&Itemid (Consulta realitzada el 19 de febrer de 2010).

Renton, A. (2010). «Welcome to the world of nano foods», *The Observer*, 2010 Disponible a: <http://observer.guardian.co.uk/food-monthly/futureoffood/story/0,1971266,00.html> (Consulta realitzada el 29 de març de 2010).

Rexam (2009). *Rexam Annual Report 2009*. Disponible a: http://www.rexam.com/files/reports/2009ar/files/pdf/2009_annual_report.pdf (Consulta realitzada el 19 de març de 2010).

Rexam (2007). *Consuming Packaging Report 2007-08*. Disponible a: http://www.rexam.com/files/pdf/Rexam_Consumer_Packaging_Report_2007.pdf (Consulta realitzada el 19 de març de 2010).

Rittmann, B.E. (2008). «Opportunities for renewable bioenergy using micro organisms». *Biotechnology & Bioengineering*, núm. 100, pàg. 203-212. Juny de 2008. Disponible a: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bit.21875/abstract?systemMessage=Due+to+scheduled+maintenance%2C+access+to+Online+Library+will+be+disrupted+on+Saturday%2C+5th+Feb+%2711+between+10%3A00-12%3A00+GMT.> (Consulta realitzada el 16 de març de 2010).

Robertson. G. (2006). *Food Packaging: Principles and Practice*, 2a ed., Ed. Taylor & Francis.

Robinson D.K.R. i Morrison M.J. (2009). *Nanotechnology Developments for the Agrifood Sector*, Report of the Observatory Nano, maig 2009. Disponible a: <http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/Full%20Report%20Nanotechnology%20in%20Agrifood%20May%202009.pdf> (Consulta realitzada el 15 de març de 2010).

Rodrigo, D.; Sampedro, F.; Silva, A.; Palop, A. i Martínez, A. (2010). «New food processing technologies as a paradigma of safety and quality». *British Food Journal*, vol. 112, núm. 5, pàg. 467-475, 2010. Disponible a: <http://www.ingentaconnect.com/content/mcb/070/2010/00000112/00000005/art00001;jsessionid=43e0lti0qfq3j.victoria> (Consulta realitzada el 15 de maig de 2010).

Sánchez, P.; Mutis, J.; Casado, F. i Lariú A. (2010). «La base de la piràmide: casos i perspectives a Catalunya». *Papers Digitals de Prospectiva Aplicada OME*, núm. 5, ACCIÓ. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa, Generalitat de Catalunya. Disponible a: www.anella.cat.

Sarris, A. (2010). *World Agricultural Trade Challenges to 2050 and Requirements for Evolving Structure of New World Trade Rules Compatible with Food Security for Developing Countries*. Presentació a la Càtedra OMC. Barcelona, 25 de maig 2010.

Searby, L. (2010). «Stability and capability challenges with natural colours», *International Food Ingredients*, núm. 1, 2010. Disponible a: <http://www.ingredientsnetwork.com/ifi-article/full/stability-and-capability-challenges-with-natural-colours;jsessionid=BCE996842229482162F47295A2D5E3DF> (Consulta realitzada el 28 de març de 2010).

Selinheimo et al.(2009). *Solutions for intelligent nutrition. Nutritech roadmap*. VTT Technical Research Centre of Finland 2009. Disponible a: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2514.pdf> (Consulta realitzada l'1 de març de 2010).

Serra, M.; Trujillo, A.J.; Guamis, B. i Ferragut, V. (2009). «Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk». *Food hydrocolloids*, vol. 23, núm. 1, pàg. 82-91, gener 2009. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VP9-4RC2NT7-1&_user=766132&_coverDate=01/31/2009&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1623063290&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=6e15632ccb6a0b5a8f94dbcdc9d20fd1&searchtype=a (Consulta realitzada el 28 de gener del 2011).

Serra, M.; Trujillo, A.J.; Quevedo, J.M.; Guamis, B. i Ferragut, V. (2007). «Acid coagulation and suitability for yogurt production of cows milk treated by high pressure homogenisation». *Internacional Dairy Journal*, vol. 17, núm. 7, pàg. 782-790, juliol de 2007. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T7C-4MJJC2X-3&_user=766132&_coverDate=07%2F31%2F2007&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1628894271&_rerunOrigin=google&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=63295a5ccf8f5c8fc9f7c30665607bc&searchtype=a (Consulta realitzada el 28 de gener del 2011).

Shama, G.; Bayliss, D.; Perni, S. i Kong, M. (2009). *Applications of cold atmospheric gas plasmas for microbial decontamination in the food industry*. Compiègne. 22 d'octubre del 2009. França. Disponible a: <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/handle/2134/5755> (Consulta realitzada el 7 de febrer de 2010).

SINC (2008). «Por un modelo sostenible de producción de biogás industrial», *Servicio de Información y Noticias Científicas*, 17 d'octubre de 2008. Disponible a: <http://www.plataformasinc.es/index.php/esl/Noticias/Por-un-modelo-sostenible-de-produccion-de-biogas-agroindustrial> (Consulta realitzada el 21 de febrer de 2010).

Singh, V. (2008). «Predicting the Future of the Bioreactor», *Genetic Engineering & Biotechnology News*, vol. 28, núm. 2, 15 de gener 2008. Disponible a: <http://www.genengnews.com/gen-articles/web-exclusive-predicting-the-future-of-the-bioreactor/2349/> (Consulta realitzada el 8 de març de 2010).

Siró, I.; Kápolna, E.; Kápolna B. i Lugasi, A. (2008). «Functional Food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review», *Appetite*, 51, pàg. 456-467, 2008. Disponible a: <http://www.nutrinfo.com/pagina/info/appetite%202008%20%20%20nov%2051%283%29456-467.pdf> (Consulta realitzada el 23 de març de 2010).

Tarifa, J. i Mendieta, C. (2009). «El medio ambiente en las empresas y empresas del medio ambiente». *Economía Industrial*, núm. 371, 1r trimestre 2009. Disponible a: <http://www.mityc.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/371/101.pdf> (Consulta realitzada el 18 de febrer de 2010).

Toepfl, S.; Mathys, A.; Heinz, V. i Knorr, D. (2006). «Potential of high hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficient and environmentally friendly food processing». *Food Review International*, vol. 22, núm. 4, pàg. 405-423, desembre de 2006. Disponible a: http://www.tjhtsm.com/PDF/Potential%20of%20High%20Hydrostatic__%20Pressure%20and%20Pulsed%20Electric%20Fields.pdf (Consulta realitzada el 27 de febrer de 2010).

Tomasula, P. (2009). «Utilización de ingredientes lecheros para producir películas comestibles y materiales biodegradables de embalaje», *Los ingredientes derivados de la leche: Usos alimentarios y nutraceuticos*, Woodhead Publishing. Londres, octubre 2009.

Toops, D. (2009). «Shock waves of 2009 cause consumers and the food & beverage industry to re-evaluate». *Foodprocessing.com*, 23 de novembre 2009. Disponible a: <http://www.foodprocessing.com/articles/2009/decembertoops.html> (Consulta realitzada el 29 de gener de 2010).

Trendhunter.com (2009). *Color-Coded Wines*, 19 de novembre 2009. Disponible a: <http://www.trendhunter.com/trends/color-coded-wine> (Consulta realitzada el 10 de març de 2010).

Van Beuzekom, B. i Arundel, A. (2009). *OECD Biotechnology Statistics 2009*, OCDE, París. Disponible a: <http://www.oecd.org/data-oecd/4/23/42833898.pdf> (Consulta realitzada el 14 de febrer de 2010).

Villamiel, M. i De Jong, P. (2000). «Influence of High-Intensity Ultrasound and Heat Treatment in Continuous Flow on Fat, Proteins, and Native Enzymes of Milk». *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 48, núm. 2, pàg. 472-478. Disponible a: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf990181s> (Consulta realitzada el 19 de març 2010).

Vleugels M.; Shama G.; Deng X.T.; Greenacre E.; Brocklehurst T. i Kong M.G. (2005). «Atmospheric plasma inactivation of biofilm-forming bacteria for food safety control». *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 33, núm. 2, pàg. 824-828, abril de 2005. Disponible a: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F27%2F30693%2F01420625.pdf%3Farnumber%3D1420625&authDecision=-203> (Consulta realitzada el 9 de febrer de 2010).

Vorobiev, E. i Lebovka, N. (eds.) (2008). *Electrotechnologies for Extraction from Plant Foods and Biomaterials*. Springer, Nova York. Disponible a: <http://www.springer.com/food+science/book/978-0-387-79373-3> (Consulta realitzada el 24 de març de 2010).

Vos, P. de; Fass, Marijke M.; Spasojevic, M. i Sikkema, J. (2009). «Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components», *International Dairy Journal*, vol. 20, núm. 4, pàg. 292-302, abril de 2010. Disponible a: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T7C-4XV5NXD-2&_user=766132&_coverDate=04%2F30%2F2010&_rdoc=14&_fmt=high&_orig=browse&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_srch=doc-info%28%23toc%235055%232010%23999799995%231669105%23FLA%23display%23Volume%29&_cdi=5055&_sort=d&_docanchor=&_ct=16&_acct=C000042418&_version=1&_urlVersion=0&_userid=766132&md5=5788ade8637e0e23bf2fe61c45c770b2&searchtype=a (Consulta realitzada el 29 de gener de 2010).

VTT (2009). *Solutions for intelligent nutrition. Nutritech roadmap*, Hèlsinki. Disponible a: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2514.pdf> (Consulta realitzada el 14 de febrer de 2010).

VTT (2010). *Scientific cooperation shows potential of bioprocessing for improving exploitability of wheat bran*, Hèlsinki, 5 de maig 2010. Disponible a: http://www.cerealsandhealth.com/index.php/press/press_release/scientific_cooperation_shows_potential_of_bioprocessing_for_improving_explo/ (Consulta realitzada el 17 de maig de 2010).

WEF (2010). *The future of industrial biorefineries*. World Economic Forum. Disponible a: http://www3.weforum.org/docs/WEF_FutureIndustrialBiorefineries_Report_2010.pdf (Consulta realitzada el 3 abril de 2010).

Wellness West (2009). «Nanotechnology», *Technology Watch Newsletter*, vol. 5, març 2009. Disponible a: <http://www.wellnesswest.ca/dmdoc/Technology%20Watch%20Newsletter%20-%20Nanotechnology%20Mar%2009.pdf> (Consulta realitzada el 10 d'abril de 2010).

Weltmann, K.-D.; Schmidt, M. i Becker, K. (2008). *Markets for Plasma Technology*. In: *Low Temperature Plasmas*. Vol. 2 (eds. Hippler, R.; Kersten, H.; Schmidt, M. i Schoenbach, K. H.). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim, Alemanya.

Wilkinson, J. (2002). «The final foods industry and the changing face of the global agrofood system». *Sociologia Ruralis*, vol. 42, núm. 4, pàg. 329-346, octubre de 2002. Disponible a: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-9523.00220/abstract?systemMessage=Due+to+scheduled+maintenance%2C+access+to+Wiley+Online+Library+will+be+disrupted+on+Saturday%2C+5th+Feb+between+10%3A00-12%3A00+GMT> (Consulta realitzada el 15 d'abril de 2010).

Wills, J. i Rollin F. (2010). «Consumer attitudes towards nanotechnology», *New Food Digital*, núm. 1, gener 2010. Disponible a: <http://www.newfoodmagazine.com/digital-news/past-issues-digital-news/new-food-digital-issue-1-2010/> (Consulta realitzada el 24 març de 2010).

WPO (2008). Position Paper – *Market Trends and Developments*, 17 d'abril 2008. http://www.worldpackaging.org/uploads/paperpublished/2_pdf.pdf (Consulta realitzada el 11 de gener de 2010).

Wyers, R. (2009). «Savouring Opportunities», *The world of food ingredients*, març 2009. Disponible a: <http://www.nutritionhorizon.com/magazine-digits/Savouring-Opportunities.html> (Consulta realitzada el 15 de març de 2010).

Accediu a totes les publicacions de l'OME a l'Anella, la plataforma de coneixement i col·laboració empresarial:
www.anella.cat/prospectiva-internacional



www.acc10.cat



www.anella.cat



www.ome.cat



Aquesta obra està subjecta a una llicència de Reconeixement-No comercial-Sense obres derivades amb la mateixa llicència 3.0 Espanya de Creativa Commons.