

CIÈNCIA I TECNOLOGIA DELS ALIMENTS: Situació i perspectives

RAMON CLOTET

President de l'Associació Catalana de Ciències de l'Alimentació
filial de l'Institut d'Estudis Catalans

Professor de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Amb la col·laboració de:

*FRANCESC CENTRICH,¹ PILAR CERVERA,² ABEL MARINÉ,³
J. SALAS⁴ i LLUÍS SERRA⁴*

SUMMARY

Food Science and Food Technology have always been presented as pluridisciplinary areas. For their development basic knowledge in agronomy, chemistry, biology, health sciences and engineering is required. Nevertheless, due to the fact that food has been anthropologically one of the primary objects in human development, the beforesaid sciences oriented many of their studies towards food as an agronomical, chemical, biological, sanitary or engineering subject. By defining food products as objects which come to us from the agricultural activities and which must be transformed and/or stabilized, there are three major areas of knowledge which are considered in the present review: chemistry and biochemistry; nutrition and health; production technology, on which the activities of current research and the prospection of future trends are presented.

La Ciència i la Tecnologia dels aliments sempre s'ha presentat com una àrea pluridisciplinària per al desenvolupament de la qual s'utilitzen coneixements bàsics agronòmics, químics, biològics, mèdics i d'enginyeria. Nogensmenys, i com que l'aliment ha estat antropològicament un dels objectes primaris del desenvolupament humà, les anteriors ciències han desenvolupat molts dels seus estudis primaris al voltant de l'aliment com a subjecte agronòmic, químic, biològic, mèdic o d'enginyeria.

Si definim el producte alimentari com l'objecte a transformar o establir com a estable que ens arriba de l'activitat agro-pecuària, podem considerar tres grans àrees de coneixement:

- Química i bioquímica
- Nutrició i salut
- Tecnologies de producció

1. Laboratori Municipal de Barcelona.
2. Centre d'Ensenyament Superior de Nutrició i Dietètica (CESNID).
3. Unitat de Nutrició i Bromatologia, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona.
4. Unitat de Medicina Preventiva, Departament de Salut Pública, Universitat de Barcelona

que centren l'activitat de recerca actual i sobre les quals es presenta una prospecció de les tendències futures.

1. QUÍMICA I BIOQUÍMICA

1.1. INTRODUCCIÓ

En aquest àmbit la química i la bioquímica dels aliments estudien: 1) els components dels productes d'origen animal o vegetal que després d'ésser sacrificats, capturats (pescats) o recol·lectats estan destinats al consum en fresc o cuinats o a ésser transformats industrialment abans d'aquest consum, i 2) els canvis o processos que s'hi produeixen o s'hi poden produir fins que són consumits. L'objectiu bàsic dels coneixements corresponents és assegurar i millorar la qualitat dels productes alimentosos destinats al consum humà i disposar de mètodes adients per a l'avaluació objectiva d'aquesta qualitat, sense oblidar que l'alimentació sempre és, en darrer terme, una qüestió d'interès sanitari.

La necessitat de garantir unes característiques idònies tant de caràcter sensorial com de seguretat en els productes de consum immediat, i també la d'assolir l'estabilitat en els que s'han d'emmagatzemar o transformar, fan necessari conèixer cada vegada amb més aprofundiment els components químics dels aliments i les transformacions químiques (no enzimàtiques) o bioquímiques (enzimàtiques) que poden experimentar en una matriu complexa com és l'aliment, que llevat d'excepcions (sal, sucre, aigua) inclou múltiples macro- i microcomponents. Cal remarcar que els components dels aliments no són solament els nutrients, sinó també una àmplia gamma de components "no nutritius" determinants de llurs caràcters sensorials (color, aroma, textura, gust): polifenols, carotenoides, tetrapirroles, esters, alcohols, àcids orgànics, aldehids, cetones, biopolímers, terpens i derivats. Aquests darrers tipus de components són decisius a l'hora de l'elecció per part del consumidor, i indicatius de l'estat dels aliments corresponents; per tant, l'estudi de llur naturalesa, estabilitat i transformacions és una part essencial de la química i la bioquímica dels aliments.

Un aspecte important de la recerca alimentària és el seu doble vessant a l'hora d'abordar certes qüestions. D'una banda cal conèixer els productes autòctons, que en algunes de llurs característiques de composició o elaboració poden, i a vegades solen, ésser particulars, i els coneixements que se'n tenen són més o menys tradicionals o empírics, però sovint sense la base o l'explicació científica. Aquesta base és la que fa possible millorar-ne la qualitat o adaptar-la a uns estàndards d'exigència creixents, tant per part dels consumidors com de les administracions, les quals legislen i inspeccionen i també tracten de promocionar les produccions pròpies. D'altra banda, òbviament, els processos químics i bioquímics dels aliments, com molts altres problemes biològics (pràcticament

tots els aliments, llevat de l'aigua i la sal, son d'origen biològic), tenen característiques universals o generals.

No es tracta aquí de plantejar la qüestió de recerca pura i recerca aplicada. En la ciència dels aliments sembla evident l'aplicació, però cal anar a les bases científiques corresponents per a fer progressos reals també en aquest àmbit. De fet en la bromatologia o ciència dels aliments l'empirisme històricament ha dominat durant molt més temps que en altres ciències, la qual cosa s'explica pel fet que ha estat necessari esperar els progressos de ciències més "bàsiques", tant químiques (química orgànica, química física i química analítica fonamentalment) com biològiques, que repercuteixen en la composició química dels aliments (microbiologia), per a fer-ne la corresponent aplicació alimentària. Cal esmentar que en aquest camp de recerca la química i la biologia es relacionen molt intensament i no hi ha, com en molts altres àmbits científics, fronteres precises.

1.2. TEMES ACTUALS DE RECERCA

La recerca bromatològica i el desenvolupament de nous productes actualment són objecte d'atenció per part de les administracions públiques i d'empreses o grups de gran abast, i també, encara que amb menys intensitat, per part de les empreses mitjanes i petites. Les grans directrius de recerca que les diferents administracions responsables fomenten, al nivell català (CIRIT), estatal (CICYT) o internacional (UE), tenen força en comú, essent aquest un àmbit, com molts altres, en què la influència del sector productiu corresponent (indústria alimentària) és creixent encara que de moment insuficient. Cal destacar la publicació el propassat mes de març de l'informe *America's Food Research Needs: Into the 21st Century*, elaborat pel Comitè de Recerca de l'Institut of Food Technologists dels Estats Units, que planteja de manera molt sòlida i completa les perspectives de futur que afecten un país desenvolupat, com és també el cas de Catalunya, que té òbviamment les seves especificitats. Assenyallem que les necessitats i perspectives dels països del tercer món tenen altres especificitats: aprofitament de productes autòctons no convencionals poc estudiats, problemes d'emmagatzematge en condicions més adverses que en els països de clima temperat, recursos més escassos d'anàlisi i de control, etc.

Els sectors més actius en l'actualitat en recerca alimentària, dins l'àmbit de la química i la bioquímica d'aliments (amb el criteri ampli que ja hem esmentat), els podem agrupar tal com segueix:

a) *Característiques dels aliments al nivell molecular i mecanismes de les reaccions químiques i bioquímiques responsables de les modificacions dels aliments.* Bases moleculars de les característiques estructurals i funcionals dels aliments, fenòmens d'interfase, biopolímers d'interès alimentari, fibra alimentària, maduració i senescència de fruites i hortalisses, processos fermentatius i

d'adobament i envelliment d'aliments, components dels vins i altres aliments de valor econòmic important, enzimologia alimentària, desenvolupament bioquímic d'aromes.

b) *Estudis sobre la qualitat dels aliments i de les primeres matèries*: Definició de criteris i normes de qualitat, components responsables dels caràcters sensorials o organolèptics dels aliments, bases moleculars dels receptors sensorials dels components dels aliments, components indicatius de la "frescor" dels aliments no processats i dels manufacturats, influència i control de la variabilitat de les primeres matèries, característiques químiques i bioquímiques de primeres matèries noves i de productes obtinguts per biotecnologia.

c) *Caracterització i tipificació d'aliments*: Determinació de la vida útil dels aliments, aplicacions de la quimiometria a la caracterització d'aliments d'un determinat origen o naturalesa, bases moleculars de la substitució d'ingredients.

d) *Toxicologia i higiene alimentàries*: Naturalesa de les substàncies tòxiques susceptibles de formar part de la composició dels aliments o de contaminar-los, al·lèrgens alimentaris, desenvolupament i supervivència de microorganismes en els aliments, seguretat alimentària, interaccions entre els components dels aliments, estudis de nous productes i de nous processos que millorin la seguretat dels aliments, caracterització i reducció de subproductes.

e) *Nous aliments i nous ingredients i components*: Disseny d'aliments de composició modificada per a necessitats fisiològiques i patològiques especials, productes de fàcil preparació, edulcorants acalòrics i no cariogènics, enzims d'ús industrial, substitució si més no parcial d'aromes i additius alimentaris obtinguts per síntesi clàssica pels obtinguts per tecnologies suaus o per biotecnologia, substitutius de greixos, nous materials d'embalatge, concentrats i aïllats proteics, surimi i productes anàlegs d'origen marí.

1.3. TEMES ACTUALS DE CONTROL I ANÀLISI

De la mateixa manera que històricament foren els avenços de la química analítica en el decurs del segle XIX els que feren possible l'adquisició de coneixements sobre química d'aliments, aquesta ciència continua essent la que aporta eines i recursos de treball que contribueixen als progressos consegüents. Cal fer esment, també, que l'anàlisi d'aliments no és solament química, sinó que també obtenim informació "química" mitjançant tècniques microbiològiques, físiques o reològiques, sensorials o organolèptiques i biològiques.

Els avenços tecnològics els darrers anys han tingut una especial incidència a l'anàlisi química i han proporcionat unes eines que han permès de gaudir d'un ampli coneixement sobre els aliments, tant al nivell macrosòpic com al dels microcomponents i microcontaminants.

L'evolució al camp analític ha estat tan espectacular els últims anys que ha fet néixer un nou concepte al camp de les mesures i determinacions químiques. Així, hom ha passat dels tant per cent a les ppm, ppb, micro..., nano... i de les tècniques analítiques on era necessari tenir uns profunds coneixements dels fonaments de la química i de la biologia a les modernes tècniques on erròniament fa la impressió que l'electrònica i la informàtica ho són tot. Hom ha passat dels clàssics Kjeldhals, Soxhlets,... als moderns autoanalitzadors, robots analítics...; dels primers cromatogrames obtinguts a partir de tintes o extractes clorofil·lics de plantes a la moderna cromatografia de gasos/masses, a la HPLC, a la HPTLC i a nombroses tècniques noves molt sofisticades o a conjunts de tècniques acoblades designades per nombroses sigles.

Disposar d'aquests mitjans analítics ha provocat que les línies bàsiques cap on s'ha orientat l'anàlisi dels aliments siguin:

a) *Aplicació al coneixement de la composició dels aliments*, tant els macrocomponents com els microcomponents.

En aquest apartat l'anàlisi convencional té una gran aplicació i són del tot indispensables tècniques com la espectrofotometria ultraviolada/visible, potenciometria, els diferents vessants de la cromatografia, l'espectrofotometria d'absorció atòmica...

Els resultats que s'han anat obtenint han constituït pilars bàsics per a millorar les dietes alimentàries, així com per a establir les més adients a cada tipus de població.

També cal destacar que els coneixements obtinguts han estat indispensables per a l'obtenció de nous aliments i additius alimentaris, i adequar i oferir els productes que els propis especialistes en dietètica i nutrició poden necessitar.

b) *Control de la qualitat dels aliments*, vetllant pel compliment de les disposicions legals, tant en l'aspecte sanitari com legislatiu.

És difícil assenyalar en aquest apartat unes tècniques de més aplicació, ja que en funció dels paràmetres a controlar, tant es podrà realitzar l'anàlisi amb una senzilla balança i estufa (humitat, control de pes,...), com s'haurà de fer servir equips analítics més complexos (composició esteròlica, control de plaguicides...).

c) *Toxicologia alimentària*. Aquesta és possiblement l'àrea de la ciència dels aliments on s'han produït avenços més espectaculars.

Sense dubtes, el progrés industrial dels últims anys ha tingut una especial incidència en la contaminació dels aliments, car s'han produït nous productes químics que s'introdueixen a la cadena alimentària ja sigui de manera directa en la transformació dels aliments o com a conseqüència de la contaminació ambiental.

Per la naturalesa dels compostos a determinar i pels baixos nivells en què es troben la majoria dels contaminants es fa necessària la utilització de

complexes metodiques analitiques que, en general, necessiten tècniques més elaborades.

Realitzant un breu repàs dels nombrosos articles publicats on participen importants investigadors catalans, es destaca la importància de la cromatografia de gasos d'alta resolució, acoblada a una àmplia varietat de detectors, que constitueixen, alguns d'ells sofisticades tècniques. Un lloc important l'ocupa també la cromatografia líquida d'alta resolució, l'electroforesi capil·lar, l'espectroscòpia amb les seves diferents particularitats (UV/VIS/FL/IR...), el plasma; l'acoblament de diferents tècniques entre elles com FIA - HPLC i moltes d'altres.

1.4. TENDÈNCIES DE FUTUR

Parlar del futur previsible es fa difícil pel ritme accelerat del progrés de la tècnica actual, si bé sembla que els nous equips instrumentals que es desenvoluparan no ho seran tant per les tècniques analítiques pròpiament dites, sinó per l'aplicació dels nous avenços de la informàtica, la robotització, l'electrònica...

Tot i així, cal destacar tres línies fonamentals que definiran els camins futurs:

L'automatització i robotització dels processos realitzats als laboratoris moderns, estalviant al màxim la manipulació de l'home. Aquest punt és bàsic, ja que actualment els processos més lents i que originen les fonts d'errors majors estan en les preparacions de les mostres per a les determinacions instrumentals finals.

El màxim aprofitament dels recursos informàtics, ja sigui per al control dels equips mateixos, ja sigui per a l'explotació dels resultats obtinguts, posant en mans dels investigadors potents bases de dades que permetin la prioritització dels futurs objectius de recerca.

L'aplicació dels coneixements de la biologia moderna al camp de la instrumentació analítica, que aprofitant la recerca en química molecular fan que ja a l'actualitat i sens dubte en el futur hom arribi a disposar d'uns mitjans analítics no adscrits a cap disciplina en particular sinó a una veritable ciència dels aliments.

2. NUTRICIÓ I SALUT

S'ha vist que les qüestions relacionades amb la química i la bioquímica dels aliments s'integren en un marc més ampli, el de la ciència dels aliments. De fet, però, aquesta ciència no ha de perdre de vista que l'objectiu últim dels aliments és la nutrició i la satisfacció dels interessos de salut i econòmics del consumidor.

2.1. DIETÈTICA GENERAL

L'aplicació de la nutrició (dietètica) es focalitza a orientar l'alimentació quotidiana, sigui individual o col·lectiva i en situació de salut o de malaltia i abraça diversos àmbits, com són els serveis d'alimentació d'escoles, empreses i hospitals, la nutrició clínica (dietoteràpia), en el camp de la salut comunitària (epidemiologia, treball de camp, programes d'alimentació...), col·laborant amb equips multidisciplinaris de recerca aplicada, en medis industrials, de consum o d'informació i comunicació.

Els avenços científics en aquest camp se succeeixen a un ritme tan ràpid que tot professional que s'hi dediqui ha de posseir un esperit obert però alhora rigorós per a poder-los integrar a la seva tasca d'una manera objectiva. Per això cal que la formació del professional de la dietètica es rebi en un ambient en què la recerca estigui present, i proporcioni al futur professional l'actitud intel·lectual que li faciliti l'adaptació als constants canvis esmentats.

La recerca bàsica tradicional s'ha caracteritzat per l'experimentació dins una estructura emmarcada en paradigmes formalistes, i que busquen sobretot veritats científiques. Avui, al costat d'aquesta recerca, hi trobem altres corrents de recerca basats en paradigmes naturalistes on es parteix d'hipòtesis que proporcionin resultats que tinguin una utilitat social real. Aquest és el cas de la recerca en dietètica o nutrició aplicada.

La recerca en dietètica no té tradició. És realment un fet nou a quasi tot arreu, tot i que molts professionals de la dietètica en el seu treball diari realitzen treballs comparatius sobre l'eficàcia d'un tractament o d'un programa respecte a d'altres, valoracions de productivitat, estudis sobre la relació qualitat-preu de diferents ofertes alimentàries, o sobre la relació eficàcia-cost de productes nutricionals, treball de camp en estudis epidemiològics, etc.

Les associacions de dietistes americanes, canadenques i europees, actualment estan invertint grans esforços per a legitimar el model de recerca basat en la pràctica i prenent posicions respecte als sectors "diana" de la futura recerca en dietètica. En aquest sentit s'han fixat tres objectius: a) estimular el desenvolupament de les habilitats investigadores tant en la formació de base com en la postgraduada, b) animar i donar suport perquè es publiquin resultats i c) afavorir la participació entre les associacions professionals, les universitats i els organismes públics i privats implicats i beneficiaris d'aquests tipus de recerca aplicada.

Tot i que l'exposició feta fins ara pugui semblar una mica pessimista, no ho és si revisem treballs fets especialment als EUA, al Canadà i també a Europa (Anglaterra, Holanda, Bèlgica, França...). Els principals estudis realitzats per professionals de la dietètica -sols, en grups de treball o formant part d'equips multidisciplinaris, s'han fet sobre els següents temes:

- Programes d'educació nutricional a la població en general o a grups de risc com escolars, persones grans, embarassades i alletants...

- Programes d'ajut nutricional a persones de grups marginals i de bosses de pobresa en el medi urbà...
- Estudis sobre els problemes alimentaris de les diferents ètnies que conviuen en molts països lligats als diferents graus d'integració.
- Estudis sobre nutrició i càncer i sobre nutrició i risc cardiovascular.
- Avaluació de projectes, materials, programes, intervencions i innovacions en temes d'educació nutricional en tots els seus àmbits.
- Estudi de les possibilitats d'actuar sobre la qualitat –nutritiva, sensorial, higiènica i de servei– en alimentació col·lectiva, o restauració social, com s'anomena actualment.
- Recerca sobre la qualitat-cost, l'eficàcia-cost i l'optimització de recursos – humans i materials– en els serveis d'alimentació.
- Participació en la promoció, la prevenció i el restabliment d'un estat nutricional òptim de l'individu i de la població, objectiu principal del professional de la dietètica al costat d'altres professionals de la salut.

A l'estat espanyol i especialment a Catalunya, perquè avui dia és on hi ha més professionals de la dietètica, podem veure el seu treball de recerca en equips que han treballat en:

- Estudi dels hàbits alimentaris i consum d'aliments a Catalunya (1983).
- Educació nutricional en medi escolar.
- Recerca sobre les necessitats de formació dels professionals de la dietètica i de la participació en la formació d'altres professionals de la salut, de benestar social, de l'ensenyament, de la comunicació, de restauració i hoteleria, etc.
- Treballs sobre la problemàtica de "punts crítics" en restauració col·lectiva.
- Treballs clínics: obesitat, hipertensió, trastorns lipídics, diabetis...

El futur de la recerca en dietètica s'orienta sobretot a l'estudi de mètodes i estratègies que permetin estudiar els factors determinants dels hàbits i els models de consum alimentari: educatius, psicològics, socials, culturals, ambientals, econòmics, industrials o polítics, entre altres que permetin la posada a punt de models i teories que expliquin el fenomen que mou els canvis del comportament alimentari actual i que afavoreixin una tria alimentària saludable.

2.2. SALUT I NUTRICIÓ COMUNITÀRIA

A la dècada dels seixanta, en posar-se de manifest la importància del paper dels estils de vida sobre la salut de la població, la nutrició recupera el relleu que havia tingut en el passat en relació amb la salut pública. Del control dels estats deficients lligats a les carències vitamíniques i minerals, i del perfeccionament dels procediments d'elaboració de les ingestes recomanades (expressió dels objectius en nutrició comunitària), hom passà a l'estudi de les

interrelacions entre els hàbits alimentaris, l'estat nutricional, la salut i la malaltia.

Hom comença els primers estudis epidemiològics a gran escala, de tipus prospectiu, que posaran en evidència les relacions dels diversos factors de risc i de la nutrició amb les malalties cardiovasculars, i que aclariran la relació entre nutrició i càncer. Els coneixements adquirits a partir de l'epidemiologia nutricional duran com a conseqüència l'elaboració en diferents països de recomanacions nutricionals i l'establiment de polítiques nutricionals orientades cap a la prevenció de les malalties cròniques en auge als països desenvolupats. A les darreres dues dècades, la investigació en aquest camp ha permès avenços científics importants, encara que algunes vegades aquests han estat contradictoris; hom ha descobert el paper de la dieta mediterrània, i amb ella el de l'oli d'oliva; el paper dels greixos saturats sobre les malalties cardiovasculars, la dieta esquimal, i el paper dels àcids grassos omega-3, la relació amb el càncer dels nutrients antioxidants, i una infinitud de noves troballes nascudes dels estudis epidemiològics fets a diferents països.

La investigació també s'ha centrat en el desenvolupament de noves tècniques d'avaluació del consum d'aliments i de l'estat nutricional a nivell de les poblacions. Hom ha posat èmfasi sobre la necessitat de disposar d'instruments vàlids i reproduïbles per a l'estimació de la ingesta dietètica, tant per als estudis descriptius com per als analítics. Tot plegat ha permès no solament de conèixer amb més detall la natura del consum d'aliments i nutrients en diferents poblacions, la qual cosa ha facilitat la planificació de programes nutricionals més adequats a les necessitats de la població i l'avaluació de les intervencions en aquest camp, sinó que ha permès també d'elaborar instruments que han facilitat l'anàlisi de les interrelacions entre nutrició i malaltia amb una precisió més gran.

L'evolució de les pautes, guies o recomanacions nutricionals que diferents governs han elaborat amb el propòsit de millorar l'estat de salut de llurs poblacions reflecteix en certa manera les incerteses i les contraindicacions amb què s'ha trobat sovint la investigació sobre la nutrició comunitària, particularment en el camp dels lípids dietaris. Actualment existeixen grans estudis en marxa als Estats Units d'Amèrica i a Europa que permetran i que estan permetent ja de comprovar hipòtesis derivades d'altres estudis i de respondre a un gran nombre de qüestions encara pendents en aquest camp.

En aquest país, el desenvolupament d'aquesta part de la nutrició queda reflectit en els estudis publicats per diversos grups de recerca, que hom pot qualificar de rellevants només a partir de la dècada dels vuitanta. Així, a Espanya i a Catalunya hom ha dut a terme estudis descriptius a nivell poblacional i també estudis analítics en relació al paper de la nutrició en les malalties cròniques. Potser el tema que ha estat objecte de menys atenció ha estat la investigació avaluativa, i també la investigació sobre els determinants del comportament alimentari, encara que existeix un excés de treballs descriptius que en molts casos han tingut una difusió escassa i una aplicabilitat pràctica encara menor. Molts dels projectes de recerca es realitzen a l'interior de l'administració sanitària

(central o de les autonomies) o a les universitats, particularment a les facultats de Medicina o de Farmàcia. La participació de l'Estat Espanyol en projectes internacionals de recerca en nutrició comunitària és un fet molt recent que es limita a un nombre molt reduït d'experiències.

En el futur la recerca en aquest camp hauria de continuar centrada al nivell de l'epidemiologia nutricional, si bé hom hauria d'afavorir també aquells treballs aplicats que incideixin directament sobre la millora dels hàbits alimentaris de la població, i també sobre l'educació nutricional.

2.3. NUTRICIÓ CLÍNICA

A partir dels anys 60-70 resorgeix l'interès dels metges en la nutrició clínica, a causa, sobretot, de l'alta prevalència dels estats de desnutrició constataada als hospitals i als nombrosos estudis apareguts a la literatura especialitzada mundial que demostren el grau important d'associació que existeix entre l'estat nutricional i la morbiditat o la mortalitat dels pacients.

La nutrició clínica experimenta un desenvolupament important durant aquests darrers anys, amb els avenços derivats de l'aprofundiment del coneixement de la immunologia o del metabolisme, així com també del desenvolupament de la biologia molecular i dels nous mètodes diagnòstics i d'investigació i d'altres ciències bàsiques.

En el darrer decenni, quan hom nutreix un pacient, ja no parla només de recuperar o de mantenir-ne la composició corporal. Actualment, les línies de controvèrsia se centren en el concepte de nutrició òrgano-específica o nutrició cel·lular. Hom investiga fins i tot sobre el paper dels nutrients com a possibles fàrmacs o com a vehicle de substàncies farmacològiques. Resulten de gran interès les estratègies terapèutiques nutricionals capaces potencialment de modificar la resposta metabòlica del pacient enfront de diferents situacions o malalties, o de modificar la resposta immunològica de l'individu.

Nogensmenys, els avenços més espectaculars de la nutrició clínica han estat deguts a l'aplicació dels nous coneixements en les ciències biològiques, en les ciències mèdiques i en les ciències físiques, així com també a l'aplicació de l'enginyeria. Així, per exemple, un dels avanços més destacats dels darrers anys ha estat el reemplaçament de les tècniques que empren isòtops radioactius per les que fan servir isòtops estables per a l'estudi de la despesa energètica, de la composició corporal, del contingut mineral dels ossos o per a l'estudi del *turnover* d'aminoàcids. Aquesta darrera tècnica, que supera en part els inconvenients ètics de la utilització dels isòtops radioactius en éssers humans, serà possiblement una de les que revolucionarà el coneixement, i en conseqüència el desenvolupament, d'una nutrició clínica aplicada nova. Hom podria esmentar també moltes altres tècniques rellevants com, per exemple, les derivades de la biologia molecular, la ressonància magnètica nuclear, o els mètodes físics de mesurament de la composició corporal.

L'Estat espanyol contribueix en l'actualitat amb línies d'investigació pròpies que fan ús d'aquestes noves tecnologies. Així, per exemple, segons el Science Citation Index, els grups de recerca espanyols contribuïren el 1990 a la literatura científica internacional amb 196 articles de recerca sobre nutrició. En els darrers cinc anys, la participació espanyola a la difusió de treballs científics sobre nutrició és del mateix ordre que la participació global de les ciències mèdiques. Bàsicament, contribueixen a la investigació en nutrició clínica les facultats de medicina i els mateixos hospitals, encara que el caràcter interdisciplinari de la ciència fa que moltes vegades el desenvolupament de la nutrició clínica es faci amb la contribució o la col·laboració d'altres facultats (de Biologia, de Farmàcia,...) o d'institucions públiques o privades. Cal assenyalar que, malauradament, la indústria autòctona (salvant comptades excepcions) dedica uns recursos molt escassos, o nuls de tot, a la recerca i el desenvolupament en aquest camp.

3. TECNOLOGIES DE PRODUCCIÓ

Les tecnologies intenten fer realitat tangible per la consumidor de productes alimentaris (la societat) els avenços fets en el camp del coneixement científic. És un fet sociològic que el consumidor de productes alimentaris, que ho som tots, és subjecte de dues grans demandes ètiques: la fonamental és el dret de disposar d'aliment (en forma equilibrada) que té qualsevol ésser humà. Aquest dret no se satisfà plenament en la majoria de la població mundial i la tecnologia pot ésser un instrument que faciliti la solució del problema. La segona pressió social és la demanda de qualitat en el sentit higiènic ampli (microbiologia, metalls pesants, contaminants específics, etc.) i de qualitat nutricional i sensorial. Aquí també la recerca tecnològica treballa intensament per a desenvolupar processos i equips que representin avantatges en relació amb la situació anterior respecte al manteniment d'aspectes nutritius, en els canvis sensorials mínims no desitjats, en seguretat de la no contaminació i també en la màxima fiabilitat en la repetibilitat del procés per tal d'evitar variacions no desitjades. L'optimització econòmica dels processos també és fonamental, tenint en compte el component social de l'aliment.

Un repàs de les àrees tecnològiques en què hi ha més activitat de desenvolupament ens porta a:

a) *Tecnologies amb transferència d'energia*

a.1) *Utilització de microones*

Hi ha aplicacions industrials en descongelació, assecament, cuinat, inactivació d'enzims, fornejat, esterilització i pasteurització. En molts casos la qualitat és millor i es consumeix menys energia, però la seguretat del procés fa que de moment

s'utilitzi en combinació amb sistemes clàssics de convecció per a evitar els punts subescalfats o sobreescalfats, és a dir, el procés necessita un acurat procés d'optimització.

a.2) *Pasteurització – Esterilització òhmica*

Encara que el concepte no es nou, és en aquests anys que s'han desenvolupat els equips tecnològics. Molt aplicable a barreges de líquids i particulats. El paràmetre important és la conductivitat elèctrica de l'aliment.

Con que la calor es genera per pas de *corrent elèctric* en el propi aliment, no hi ha sobreescalfaments i la qualitat nutricional i sensorial és bona, i sobretot en fruites hi ha menys destrucció estructural.

a.3) *Utilització de ràdiofreqüències*

Sembla tenir bones perspectives en productes com galetes i *snacks*.

a.4) *Irradiació – ionització*

Les tecnologies d'irradiació ja fa anys que es presenten, amb l'aprovació de FAO/OMS, com una alternativa vàlida als processos de conservació per la calor, amb l'avantatge de no produir contaminants o productes no desitjats durant el procés. La pressió popular contra tot el relacionat amb l'energia atòmica ha retardat molt aquesta tecnologia. El canvi de la part energètica de Co^{60} a electrons accelerats electromagnèticament farà més acceptable aquesta tecnologia.

a.5) *Esterilització per altes pressions*

L'energia es dona indirectament a través de la pressió però s'evita l'efecte tèrmic sobre moltes reaccions no desitjables. B. Hite, del 1899 al 1914, inicià aquests estudis, que no han tingut presa tecnològica fins a partir de 1980. Les pressions utilitzades són de fins a 5.000 atm. A partir de 2.000 atm ja hi ha una reducció de la població microbiana. També es presenta desnaturalització de teixits i d'alguns enzims (per exemple proteases neutres i alcalines, però no àcides). És una tecnologia en desenvolupament, que sembla molt adaptada per a líquids però amb problemes per als sòlids a causa de l'efecte de la pressió sobre l'estructura.

b) *Biotecnologies*

En l'aplicació de les biotecnologies en el camp de la ciència i la tecnologia dels aliments destaca:

b.1) *Desenvolupament de primera matèria animal específica*

Animals amb menys teixit greixós, menys colesterol, composició predefinida del greix, modificants, etc.

b.2) *Desenvolupament de primera matèria vegetal específica*

Milliores de textura, color, valor nutritiu, etc., de fruites o productes vegetals (blat de moro, midons, etc.).

b.3) *Milliores del processos fermentatius*

Desenvolupament de soques per a produir enzims específics i obtenir millors rendiments en els processos clàssics (iogurt, adobs, fabricació de glucosa a partir de midó, etc.) o en nous processos fermentatius dels quals s'ha conegut la via bioquímica i que poden aplicar-se a la producció industrial (vies bioquímiques dels aromes naturals, per ex.).

b.4) *Nous biopolímers*

Biopolímers amb estructures de proteïnes, hidrats de carboni o líquids obtinguts enzimàticament o per combinació enzimàtica/química, amb propietats específiques com a fixadors de molècules aromàtiques (ciclodextrina), o substituïts no calòrics de greixos (edulcorants no calòrics), o proteïnes amb el quocient hidrofilitat/hidrofobicitat modificat amb l'objecte de modificar-ne les propietats emulsionants.

c) *En tecnologies d'envasament*

Es consideren cada vegada més els criteris de disseny higiènic de l'equip, i la compatibilitat de material/producte en els envasos amb la recerca de materials o combinacions on els possibles problemes de migració siguin mínims.

Les tecnologies disponibles faciliten la tendència d'envasar en condicions asèptiques o d'esterilitat, de manera que aquesta tecnologia deixa d'ésser típicament mecànica i passa a necessitar més plantejaments amb criteri bioquímic i microbiològic. També l'envasament en gasos inerts o atmosferes modificades que regulen les oxidacions o el creixement microbià obliga al desenvolupament de materials d'envàs poc permeables als gasos i equips eficaços per a segellar els envasos.

d) *Combinació de tecnologies (tecnologies de barrera)*

El saber cada vegada més clarament que qualsevol tecnologia (inclosa la congelació) produeix modificacions físiques i/o químiques en els productes, ha fet buscar solucions que minimitzin aquest problema, algunes de les quals ja hem esmentat. Però avui també es considera que una manera de reduir aquestes modificacions és usar combinadament diverses tecnologies a un nivell poc agressiu però fent que la combinació de totes elles produeixi l'efecte desitjat amb el mínim de modificacions del producte final. Un exemple típic és l'esterilització d'un producte de pH 7 a 120 °C. Si el producte pot suportar un pH 5,

possiblement una pasteurització serà suficient. Hem integrat la supervivència microbiana en funció del pH i la temperatura en benefici de la qualitat final al consumidor. Es poden fer moltes altres combinacions de "barrera": ionització + esterilització tèrmica, pH + conservants, etc.

En tot cas l'ús d'una *sola* tecnologia o d'una combinació comporta l'ajustament estricte del procés per a evitar al màxim els canvis no desitjats i afavorir els desitjats. Per a afinar aquests conceptes i aconseguir la repetibilitat necessària per a assegurar la qualitat correcta en tota la producció han aparegut i s'estan desenvolupant en detalls específics els criteris tecnològics de GMP (Good Manufacture Practices), HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points), principalment. Aquests sistemes necessiten però cada vegada més, i en aquest sector s'està fent un esforç important, resultats analítics de control (químics i microbiològics) a temps reals amb possibilitat de coneixement de la seva significació estadística dins la producció (sistemes informatitzats).

e) *Tecnologies d'emmagatzematge*

L'emmagatzematge i la distribució o la situació entre la producció i el consum, ha estat un tema oblidat fins recentment. La preocupació per la conservació fa que els magatzems i les seves condicions siguin estudiats a fi de condicionar els aliments en les millors condicions tècniques possibles, ara que ja es possible conèixer la cinètica de degradació de textures de molts composts importants, en diferents condicions climàtiques. La definició tecnològica d'un producte alimentari, el seu envàs i les condicions d'emmagatzematge i distribució perquè arribi al consumidor en situació òptima tant higiènica com sensorial i nutricional és el repte que enfoca avui per demà la tecnologia dels aliments.

*(Original rebut per a publicació
el dia 6 de novembre de 1993)*