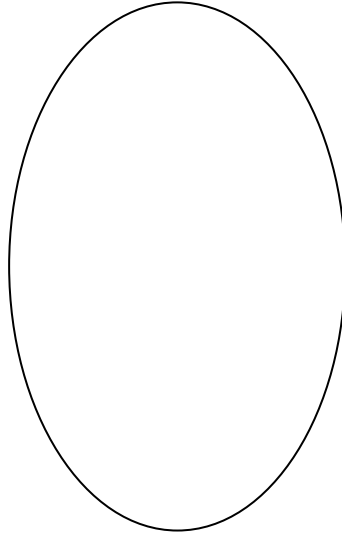


**REIAL ACADÈMIA DE FARMÀCIA
DE CATALUNYA**



**LA CONSERVACIÓ DELS ALIMENTS:
UN REpte CONTINU PER A LA CIÈNCIA**

DISCURS

Llegit en l'acte d'ingrés de l'Acadèmic Numerari

Molt Il·ltre. Dr. Joan Xavier Permanyer i Fàbregas

Celebrat el dia

DISCURS DE CONTESTACIÓ

A càrrec de l'Acadèmic Numerari

Molt Il·ltre. Dr.....

Per aquells qui més estimo, Cristina, Marc i Eduard

AGRAÏMENTS

Excel·lentíssim Senyor President,

Molt Il·lustres Senyores i Senyors Acadèmics,

Senyores i senyors,

Benvolguts amics, companys i familiars,

Les meves primeres paraules abans de procedir a la lectura del preceptiu discurs d'ingrés a aquesta Reial Acadèmia de Farmàcia de Catalunya com a Acadèmic Numerari són d'agraïment sincer i emocionat pel gran honor que m'atorga aquesta institució i, especialment, als Molt Il·lustres Acadèmics que proposaren el meu ingrés, els Doctors Pere Berga Martí, Montserrat Rivero Urgell i Josep Maria Ventura Ferrero. Als tres els vaig conèixer a l'entorn d'AEFI i de la indústria, i a més, a la Dra. Rivero i al Dr. Ventura en l'àmbit de la professió, dins de la Vocalia d'Alimentació del Col·legi de Farmacèutics, i en el món de la empresa alimentària a on hem compartit molts anys a les empreses Nutrexpà i Laboratoris Ordesa.

També voldria agrair al President de la Secció Tercera, Dr. Josep Maria Suñé Negre i als seus membres, que m'acullin a la Secció de Farmàcia Industrial. La meua vida professional a la indústria es va iniciar a la indústria farmacèutica però s'ha desenvolupat majoritàriament a l'alimentària. Ambdues tenen moltes similituds i per tant, no dubtin que intentaré aportar el meu gra de sorra a la farmàcia industrial des de l'òptica de la indústria alimentària.

La medalla número 14, que avui se m'atorga, va pertànyer al Molt Il·lustre Dr. Santiago Pagès Maruny, un dels fundadors de la Reial Acadèmia de Farmàcia de Barcelona a l'any 1956 i que va deixar vacant, a la seva mort al 1972, i al Molt Il·lustre Dr. Josep Esteve Soler, empresari farmacèutic, que fou President de la Reial Acadèmia de Farmàcia de Catalunya i en la actualitat és Acadèmic Numerari emèrit. El fet de portar aquesta medalla després d'aquests insignes predecessors posa el llistó molt alt i encara que no arribi a les fites per ells aconseguides procuraré aportar tot el que pugui a la institució.,

També voldria dedicar un agraïment a molts altres Il·lustres Acadèmics que han estat mestres meus i que han contribuït d'alguna manera al fet que avui pugui estar davant de vostès en aquest acte. Em refereixo als professors de la Facultat i Acadèmics d'aquesta Institució. Vull fer-ho, especialment, a la Dra. M^a Carmen de la Torre Boronat i al Dr. Josep Boatella Riera, catedràtics de Nutrició i Bromatologia i directores de la meua ja antiga tesi doctoral. Ells em van iniciar en el món de l'Anàlisi Química i la

Bromatologia, camps en els quals després he desenvolupat la meva activitat acadèmica i professional.

També vull estendre el meu agraïment a molts altres Acadèmics, vinculats al món industrial i, molt especialment, al Dr. Alfons Hosta Pujol, el primer cap que vaig tenir als antics Laboratoris Dr. Andreu, quan em vaig incorporar al món de la indústria, al Dr. Martí Pujol Forn, per la seva ajuda en aquells primers anys dedicats a l'anàlisi i control de qualitat dels medicaments i al Dr. Miquel Ylla-Català Genís, amb el qual vaig compartir uns anys a l'AEFI.

Desitjo expressar també el meu reconeixement a altres persones, tant del món acadèmic com del món empresarial, que m'han transmès il·lusió per al desenvolupament de la nostra professió i han contribuït en gran manera a la meva carrera professional. Em refereixo als professors de la Facultat, als meus companys del Departament de Nutrició i Bromatologia, als membres del Col·legi de Farmacèutics, de l'Administració Sanitària i de la indústria farmacèutica i alimentària, concretament als companys i col·laboradors de les empreses Laboratoris Dr. Andreu, Laboratoris Ordesa i, de forma molt especial, del Grup Nutrexpa, on he desenvolupat la meva tasca professional durant els últims vint-i-cinc anys. A tots, moltes gràcies.

Aquest discurs el dedico a la meva esposa, Cristina, i als meus fills, Marc i Eduard, tots ells relacionats amb el món sanitari. La Cristina és farmacèutica i catedràtica de Fisiologia a la nostra Facultat; en Marc és veterinari i llicenciat en Ciència i Tecnologia dels Aliments i treballa a la indústria alimentària. L'Eduard és farmacèutic i treballa en el món del màrqueting farmacèutic i la farmàcia comunitària. Estic molt orgullós d'aquesta trajectòria familiar i només voldria que el meu ingrés com a acadèmic numerari a la Reial Acadèmia sigui superat per allò que els meus fills puguin aportar al món sanitari al llarg de la seva vida professional.

També és cert que aquesta trajectòria familiar no hauria tingut lloc si els meus pares, que no provenien del món farmacèutic, no m'haguessin donat l'oportunitat d'estudiar Farmàcia allà pels anys 70, per la qual cosa els estic summament agraït. Em complau molt que la meva mare hagi pogut assistir avui a aquest acte i tinc un record especial per al meu pare, en aquest moment.

Vull agrair molt especialment a la Cristina el seu suport i ajuda incondicional en totes les meves activitats acadèmiques i professionals, que sovint ens han robat temps per a moltes altres activitats, per la qual cosa li dedico, particularment, l'acte d'avui. Moltes gràcies.

Per acabar, vull agrair la presència de tots, familiars, companys i amics que heu vingut avui a acompanyar-me en aquest acte tan important i especial per a mi.

Moltes gràcies!!!

ÍNDEX

	Pàgina
1. Introducció	7
2. Antecedents històrics	10
3. La conservació dels aliments	14
3.1. Factors que afecten al creixement microbià	17
3.1.1. pH	17
3.1.2. Activitat d'aigua	19
3.1.3. Potencial d'oxidació-reducció	20
3.1.4. Temperatura	20
3.1.5. Substàncies inhibidores	20
3.2. Tècniques clàssiques de conservació d'aliments	21
3.2.1. Procediments basats en la disminució del pH	21
3.2.2. Procediments basats en la reducció de l'activitat d'aigua	22
3.2.3. Procediments basats en la variació del potencial d'oxidació-reducció	24
3.2.4. Procediments basats en la utilització de substàncies inhibidores	24
3.2.5. Procediments basats en la temperatura	24
3.3. Noves tecnologies de conservació d'aliments	29
3.3.1. Altes pressions hidrostàtiques	31
3.3.2. Pasteurització i esterilització per extrusió	35
3.3.3. Deshidratació per fluids supercrítics	37
3.3.4. Escalfament no convencional (no òhmic)	38
3.3.5. Radiacions ionitzants	43
3.3.6. Radiacions ultraviolades	46
3.3.7. Camps elèctrics polsats	46
3.3.8. Polsos de llum	47
3.3.9. Aigua electrolitzada i ozonització	48
3.3.10. Biopreservació. Bacteriocines. Cultius protectors i Biofilms	49
3.3.11. Productes naturals. Olis essencials	51
3.3.12. Enzims: Lisozim. Sistema lactoperoxidasa. Peròxid d'hidrogen. Lactoferrina	52

3.3.13. Sonicació. Ultrasons	53
3.3.14. Fermentació	54
3.3.15. Tecnologia d'obstacles. Tractaments combinats	56
3.3.16. Noves tendències d'envasament. Envasos actius	58
4. Consideracions finals	60
5. Bibliografia	62
Discurs de contestació de l'Acadèmic Numerari	
Molt Il·ltre. Dr.	68

1.- Introducció

La conservació dels aliments ha estat una preocupació des de que l'home va veure la necessitat de guardar els aliments més enllà de quan havia caçat l'animal o recollit el vegetal comestible. Al llarg de la història, i amb el desenvolupament de la societat i de la pròpia ciència, s'han anat desenvolupant mètodes que facilitessin aquesta conservació, al mateix temps que s'anaven coneixent les causes de la degradació dels aliments. Avui, científics i tecnòlegs encara cerquen noves tecnologies que permetin assegurar més les característiques de qualitat dels aliments, i la seva seguretat al llarg del seu emmagatzematge i fins al consum, i al mateix temps allargar la vida útil dels mateixos. Podem dir que la conservació dels aliments segueix essent un repte per la ciència, que busca aconseguir dos objectius principals. Per una banda, mantenir en els aliments les seves característiques de qualitat i innocuïtat, que permetin distribuir-los a nivell global, per tal de contribuir al dret de seguretat alimentària que té la població. Per un altra banda pretén oferir al consumidor aliments que responguin als seus requeriments actuals.

Amb poques excepcions, els aliments siguin d'origen animal o vegetal disminueixen la seva qualitat després de la collita, el sacrifici, la fabricació i l'emmagatzematge, i sofreixen modificacions físiques, químiques, bioquímiques i enzimàtiques, i atès que son bons substrats pels microorganismes, també poden desenvolupar-se alteracions microbiològiques i parasitàries. Les conseqüències de tots aquests processos poden variar des d'un perill extrem, com contaminacions per patògens, fins a pèrdues de qualitat per alteracions del color o sabor, entre d'altres.

De forma molt resumida, i sense ànim d'ésser exhaustiu en la revisió de les alteracions que poden sofrir els aliments, descriuré breument els diferents tipus de modificacions que les tecnologies de conservació han d'afrontar.

Com a **modificacions físiques** podríem incloure cops, trencaments, fissures, etc, a més de l'evaporació d'aigua que produeix pèrdua de pes amb el conseqüent perjudici econòmic, dessecació i concentració de la superfície, amb canvis de textura i aspecte, modificació de l'aroma per pèrdua dels components volàtils responsables. Totes aquestes modificacions disminueixen la qualitat organolèptica i el valor comercial dels aliments.

En relació a les **alteracions enzimàtiques** podríem esmentar, en primer lloc, l'enfosquiment enzimàtic. És un enfosquiment oxidatiu catalitzat per l'enzim fenolasa que actua sobre els substrats fenòlics i genera pèrdua comercial en teixits vegetals, especialment en fruites i verdures com pomes, plàtans, peres i patates. L'enfosquiment per exposició a l'aire es produeix per oxidació enzimàtica dels fenols en ortoquinones que es polimeritzen per formar pigments marrons i melanines. La fenolasa conté coure a la seva molècula que catalitza la reacció amb l'oxigen de l'aire. Per inactivar la fenolasa s'utilitzen els tractaments amb calor, l'anhídrid sulfurós o acidificant amb àcids cítric,

màlic o fosfòric. També es pot evitar el contacte amb l'oxigen amb buit o per immersió dels productes en salmorra o almívar.

Una altre alteració en els vegetals es la produïda per les pectines i els midons. Els teixits vegetals contenen enzims pèctics endògens que poden actuar sobre les pectines, que tenen una funció estructural a les plantes. Les amilases hidrolitzen els midons disminuint la viscositat i augmentant el sabor dolç. Ambdós tipus d'enzims produeixen la maduració excessiva de fruites i altres vegetals i el deteriorament de la seva textura i aspecte.

Com a altres modificacions enzimàtiques podríem citar les ocasionades per enzims lipolítics. Les lipases produeixen la hidròlisi des triglicèrids augmentant l'acidesa per alliberament d'àcids grassos. Les lipoxidasas produeixen l'oxidació dels àcids grassos poliinsaturats formant hidroperòxids i es troben principalment en llegums, cereals i altres vegetals. Les peroxidasas produeixen peròxids a partir dels àcids grassos poliinsaturats i són molt presents en els aliments vegetals greixosos.

També hi ha enzims que causen la destrucció de vitamines i pigments. Així hi ha aliments com el peix que contenen tiaminases, enzim que destrueix la vitamina B₁ o ascorbat oxidases a les fruites que, en presència d'oxigen destrueixen la vitamina C. També molts vegetals contenen clorofil·lases i antocianases que catalitzen la destrucció de pigments com les clorofil·les i antocianines, originant canvis de color.

Com a **reaccions químiques** causants de l'alteració dels aliments podríem assenyalar l'enfosquiment no enzimàtic: Els grups amino de les proteïnes, pèptids i aminoàcids reaccionen amb els grups carbonil del sucres mitjançant la complexa reacció de Maillard, que dona lloc a pigments marrons o negres amb modificacions d'olor i sabor. Aquestes modificacions, que poden ser desitjades o no segons l'aliment de que es tracti, apareixen en els processos tecnològics i en l'emmagatzematge i s'acceleren per la calor.

També és molt important l'oxidació dels lípids. Podem incloure l'oxidació dels àcids grassos poliinsaturats que produeix l'enranciment dels greixos amb formació de compostos volàtils d'olor desagradable com aldèhids i cetones. També es poden oxidar les vitamines liposolubles A i E.

En relació a les **alteracions biològiques**, les produïdes per microorganismes són les més freqüents en els aliments que, a més de causar la degradació d'aquests, també poden afectar greument la salut del consumidor. Els bacteris, els llevats i els fongs poden atacar qualsevol tipus d'aliment produint hidròlisi dels hidrats de carboni, fermentació dels sucres, hidròlisi i enranciment dels greixos, hidròlisi de proteïnes, alteracions proteiques amb producció de metabòlits que modifiquin el sabor i l'olor, producció de gasos, canvis de textura, destrucció de pigments, etc. La població microbiana pot arribar a tenir potencial patogènic pel consumidor, o bé, produir toxines, sense ser apreciable sensorialment. Els llevats es desenvolupen en aliments àcids i rics en sucres, produint fermentacions indesitjables, encara que sense donar lloc a

substàncies tòxiques. Els fongs es manifesten normalment com floridures visibles i en alguns casos poden produir micotoxines.

Els factors que afecten la degradació microbiana dels aliments inclouen el nombre i tipus de microorganismes contaminants, la humitat i l'activitat d'aigua, el pH, la presència o l'absència d'oxigen, el tipus i la disponibilitat dels nutrients, la temperatura i l'estat físic de l'aliment.

També hi ha alteracions produïdes per paràsits o infestacions per insectes, rosegadors, ocells, etc., que poden malmetre l'aliment, o bé, ser vehicles de contaminacions microbianes.

La **conservació dels aliments**, es podria definir com totes aquelles accions que es realitzen per obtenir productes més segurs i amb una vida útil més llarga, mantenint un grau acceptable de qualitat higiènica, nutricional, sensorial i tecnològica.

Per controlar tots els deterioraments de la qualitat dels aliments que, com hem vist poden ésser provocats per diferents causes, s'empren diferents tècniques. Sense oblidar les alteracions físiques i químiques, podem afirmar que la prioritat és minimitzar la probabilitat d'ocurrència i de creixement dels microorganismes d'alteració i patògens, i així, des del punt de vista microbiològic, la conservació dels aliments consisteix en exposar els microorganismes a un medi hostil per prevenir o endarrerir el seu creixement, disminuir la seva supervivència o eliminar-los. Malauradament, els microorganismes han desenvolupat diferents mecanismes per resistir els factors d'estrès del medi hostil. La conservació d'aliments persegueix evitar o retardar les alteracions de l'aliment i permetre un emmagatzematge i distribució que garanteixi l'arribada al consumidor d'un aliment amb la seva màxima qualitat.

De forma paral·lela a l'objectiu principal de la conservació dels aliments, hi ha que tenir en compte que, en els últims anys, els consumidors han evolucionat en els seus requeriments de qualitat i avui demanen que els aliments es trobin més disponibles a qualsevol lloc i en qualsevol època de l'any, siguin d'utilització més còmode (*convenience*), d'alta qualitat organolèptica, més frescos, més naturals, amb menys additius, més nutricionals, òbviament més segurs i més econòmics. La indústria alimentària amb les universitats i els centres de recerca busquen donar resposta a aquestes demandes perllongant la vida útil dels aliments, i desenvolupant tecnologies de processament i conservació menys severes, de forma que produeixin els mínims canvis respecte els productes frescos. Aquestes tecnologies s'anomenen emergents, i tenen com a objectiu principal, el reduir el dany tèrmic produït per les altes temperatures i, sovint a temps llargs de tractament dels processos clàssics. La pasteurització i l'esterilització encara són els mètodes tradicionals de conservació utilitzats per la indústria alimentària per milers de productes, però l'excessiu calor utilitzat per obtenir aliments microbiològicament segurs, influeix negativament en la qualitat dels productes, amb canvis d'aroma, color, textura i valor nutricional.

Les tecnologies emergents es desenvolupen en dos camps de recerca. El primer inclou la tecnologia tèrmica, però amb temperatures de tractament molt reduïdes en comparació amb els mètodes tradicionals i, per tant, manté molt millor les característiques de qualitat de l'aliment tractat. Com exemples podem citar la tecnologia d'escalfament no òhmica amb microones, la radiofreqüència i la radiació infraroja.

El segon camp de recerca es refereix a les tecnologies no tèrmiques. En aquest cas, el calor no és el factor de conservació més important, però aquestes tecnologies inactiven els microorganismes o els enzims i retenen les característiques de frescor dels aliments. Exemples dels factors de conservació emprats són la pressió, el so, la llum i l'electricitat. Entre les tecnologies no tèrmiques podem citar les altes pressions hidrostàtiques, els camps elèctrics polsats, els ultrasons, la radiació ultraviolada, la irradiació, l'ús d'ozó i d'anhídrid carbònic, etc.

En l'actualitat estan adquirint importància els processos combinats i el processament mínim. Les tecnologies basades en la utilització conjunta de diferents factors inhibidors per aconseguir la estabilitat microbiològica es denominen tecnologies barrera, d'obstacles o mètodes combinats de conservació. Són la combinació de tècniques, insuficients per separat per a la protecció de l'aliment, però utilitzades conjuntament poden impedir o retardar l'actuació dels factors d'alteració.

A les tecnologies emergents, la disminució en la intensitat dels tractaments podria causar una menor estabilitat microbiològica i seguretat dels aliments. En aquest sentit, la ciència té el repte d'assegurar que les noves i millorades tecnologies mantenen i/o milloren l'efectivitat en la conservació dels aliments, preservant alhora les seves característiques de qualitat.

En aquest discurs no he pretès fer una revisió exhaustiva de les tecnologies de conservació conegudes i disponibles en l'actualitat, o encara en estudi, en els àmbits de la recerca i el desenvolupament, sinó tan sols oferir una perspectiva global d'aquest apassionant tema, tan complex com és la conservació dels aliments. També voldria remarcar que no es farà referència al camp dels conservants químics, que per si mateixos, constitueixen un món.

2.- Antecedents històrics

Les cultures molt antigues ja es van preocupar de conservar els aliments, quan van descobrir que no sempre podien disposar dels aliments acabats de collir o de caçar, i van veure la necessitat d'emmagatzemar-los sense tenir que consumir-los de seguida. Cada cultura conservava els seus propis aliments locals però utilitzant els mateixos mètodes bàsics de conservació. Entre aquests mètodes antics de conservació, molts dels quals se segueixen utilitzant en l'actualitat, podem citar els següents (1, 2, 3).

Assecatge.- Ja 12.000 anys A.C. algunes cultures orientals assecaven aliments al sol.

A l'antic Egipte la conservació es centrava en grans i cereals ja que era molt important no dependre de les avingudes del riu Nil. Els romans van ésser molt aficionats al assecatge de fruites.

A l'Edat Mitjana en els llocs a on no hi havia prou sol per l'assecatge van construir magatzems a on encenien foc per crear la calor necessària per assecar els aliments, i en alguns casos, fumejar-los alhora. Per ajudar a assecar els aliments, moltes vegades s'utilitzava la sal. Es la base del procés del curat.

Congelació.- Els llocs amb climes molt freds utilitzaven les seves baixes temperatures per conservar els aliments, tant per congelació com utilitzant temperatures baixes de cellers, coves etc. Així els habitants de zones molt fredes utilitzaven el fred natural per congelar a l'aire lliure el peix que acabaven de pescar o la carn de l'animal acabat de caçar. El gel o la neu, més de la seva utilització "in situ", també s'emmagatzemaven i es transportaven per ésser utilitzats en èpoques o llocs més càlids. Així a la Roma antiga, li arribaven des dels Apenins, i a l'Edat Mitjana es transportaven des de les muntanyes del Líban fins a Damasc, Bagdad o El Caire.

La congelació moderna com a mètode de conservació d'aliments es deu a Clarence Birdseye. Va comprovar que guardant els aliments congelats mantenien millor les seves característiques organolèptiques. Cap als anys 1930's va dissenyar, patentar i comercialitzar els primers congeladors domèstics i industrials, utilitzats principalment per peix i carn.

Fermentació.- La fermentació no va ésser inventada si no descoberta. La primera cervesa va ésser descoberta degut a que la pluja va mullar grans d'ordi. La primera cervesa data de 10.000 anys A.C. Es la fermentació alcohòlica. Altres exemples antics de fermentació inclouen la obtenció del vi a partir del raïm, el formatge i el iogurt a partir de la llet (fermentació làctia), la col àcida i les olives verdes. A més de constituir mètode de conservació, la fermentació produïa en molts casos aliments més nutritius i agradables que els productes originals.

La conservació d'aliments amb vinagre o altres àcids es va iniciar quan es conservaven aliments en vi o cervesa. L'etanol s'oxida a àcid acètic per l'acció d'alguns bacteris (fermentació acètica) i el vi, la cervesa o la sidra es converteixen en vinagre. Aquesta conservació s'utilitzava en hortalisses, carn i peix i l'aliment agafava un sabor més apetitós i el líquid dels adobs tenia altres aplicacions. Per exemple, els romans feien una salsa a partir del líquid dels adobs de peix, anomenat "garum" que era un concentrat aromàtic de peix.

Conservació amb sucre.- La conservació d'aliments amb sucre i mel es coneguda des de cultures molt antigues. A l'antiga Grècia, el codony es mesclava amb mel i s'assecava. Els romans van millorar el mètode fent coure la mescla i van obtenir un

producte sòlid. Coent fruites amb sucre, es a dir obtenint melmelades, es van començar a conservar fruites, especialment en zones a on el sol no era suficient per assecar-les.

Esterilització.- A finals del segle XVIII i degut a la industrialització i els grans viatges per mar es va fer necessari que els mètodes de conservació es poguessin aplicar a diferents productes.



Figura 1.- Segell Nicolas Appert

Cap els 1790's, Nicolas Appert, (Figura 1) que era un pastisser de Massy, prop de Paris, i no era científic ni tenia coneixements de microbiologia, va arribar, de forma totalment empírica, a conclusions vàlides sobre el temps d'escalfament necessari per aconseguir la conservació dels aliments tancats en ampolles de vidre i escalfats en aigua bullent. Va rebre 12.000 francs de Napoleó I per la publicació del seu mètode al 1810, en el llibre "L'Art de Conserver, pendant plusieurs années, toutes les substances animales et vegetales" (Figura 2). Tot i això, Appert no entenia el perquè de la conservació dels aliments amb el seu mètode i va ésser Louis Pasteur al 1864, qui va descobrir la relació entre els microorganismes i la alteració dels aliments. Amb el procés d'Appert es podien conservar diferents aliments com carns, salses, peix, verdures i hortalisses, fruites, llet, nata, ous, etc.

John Wertheimer al 1840 va comprovar que en augmentar les temperatures d'escalfament dels aliments envasats es reduïa el temps necessari de tractament, i a més els aliments mantenien millor la qualitat inicial. Wertheimer i Goldner van afegir sals a l'aigua, en concret clorur càlcic, i van reduir el temps de tractament de 4-5 h a 1 h ja que s'aconseguien temperatures de 132 a 150 °C. El perill d'explosió dels envasos per augment de la pressió interna es va solucionar amb la invenció de l'autoclau, que dona pressió per vapor a l'exterior dels envasos i contraresta la pressió interior. La primera patent d'autoclau va ésser al 1851, precisament, d'un descendent de Nicolas Appert, Raymond Chevalier Appert.

El procés d'enllaunat va ésser introduït als estats Units per William Underwood al final de la guerra civil, i al 1858, John L. Mason va dissenyar un flascó de vidre amb tancament de cautxú i tapa de metall, que va ésser produït a gran escala. Encara s'utilitzen per conserves casolanes.

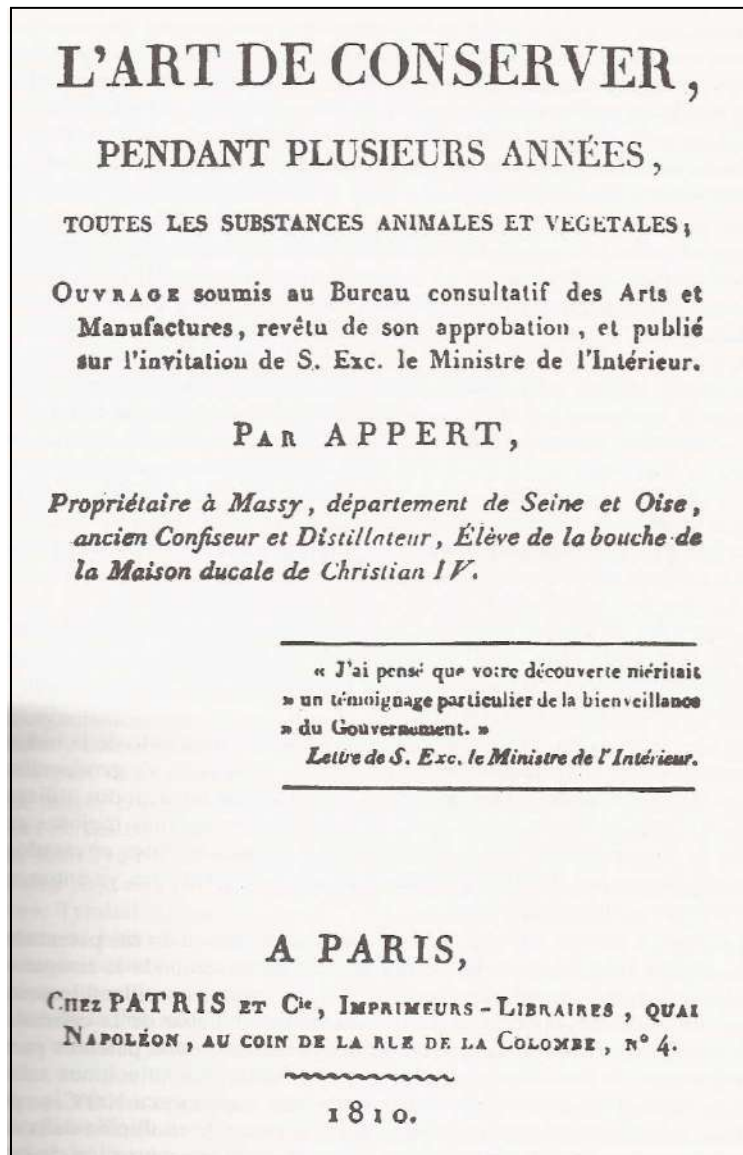


Figura 2.- Primera pàgina del llibre de Nicolas Appert

Pasteurització.- El problema d'excloure l'aire de l'envàs va ésser solucionat per Louis Pasteur. Estava interessat en la conservació del vi per calor i va dissenyar un flascó amb coll de cigne per eliminar l'aire. Els seus estudis els va publicar al 1867 al seu llibre "Études sur le vin. Ses maladies. Procédes nouveaux pour le conserver et pour le vieillir" (Figura 3). Va aconseguir eliminar els microorganismes indesitjables d'un aliment sense arribar a esterilitzar-lo i ho va aplicar a llet, cervesa, vi, vinagre, etc. El procés va tenir un èxit tan espectacular que el terme "Pasteurització" s'ha aplicat des de llavors al procés en el que es destrueixen els microorganismes no desitjables sense arribar a l'esterilització total, mantenint per tant millors característiques nutricionals i organolèptiques.

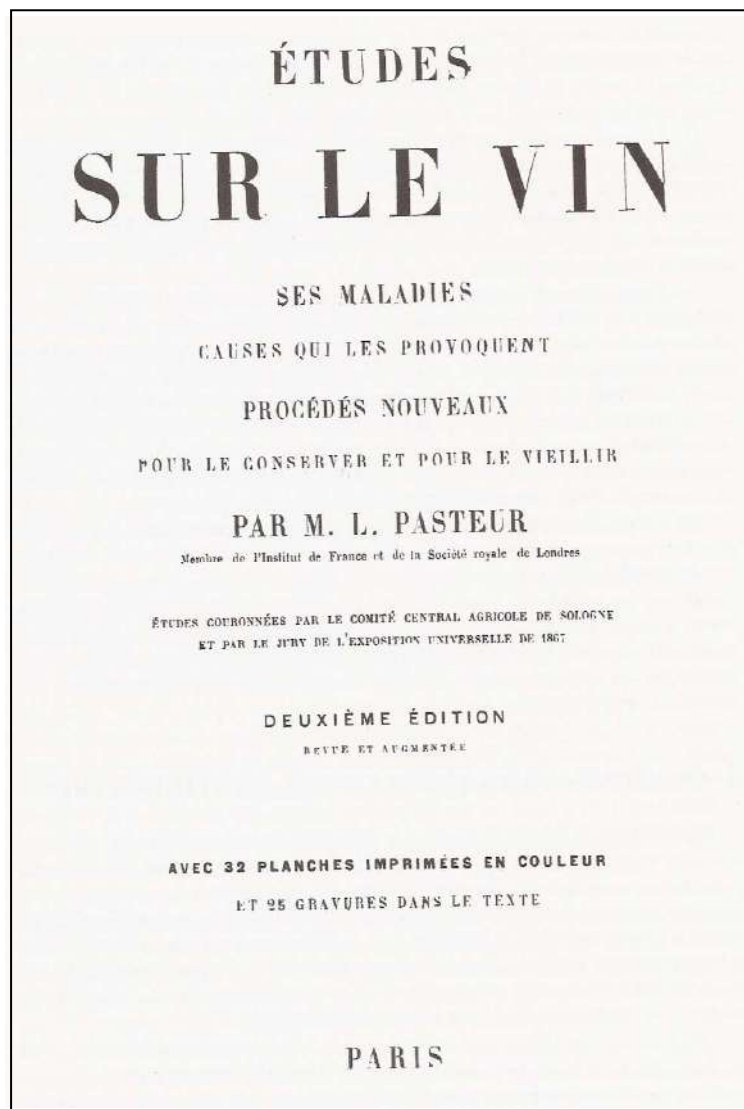


Figura 3.- Primera pàgina del llibre de Louis Pasteur

3.- La conservació dels aliments

Com s'ha comentat a la breu ressenya històrica de la conservació dels aliments, aquesta ha anat evolucionant generalment amb el mètode d'assaig i error per augmentar la vida útil dels aliments. El coneixement científic dels materials biològics s'ha accelerat en els darrers anys alhora que ha evolucionat la indústria alimentària des d'una indústria artesanal a una indústria basada en la ciència, essent avui una indústria gegant, dinàmica i global, amb canvis continus. A la figura 4 s'exposen els elements bàsics de l'esquema de la cadena alimentària, des de la granja a la taula, el "farm to fork" dels anglosaxons.

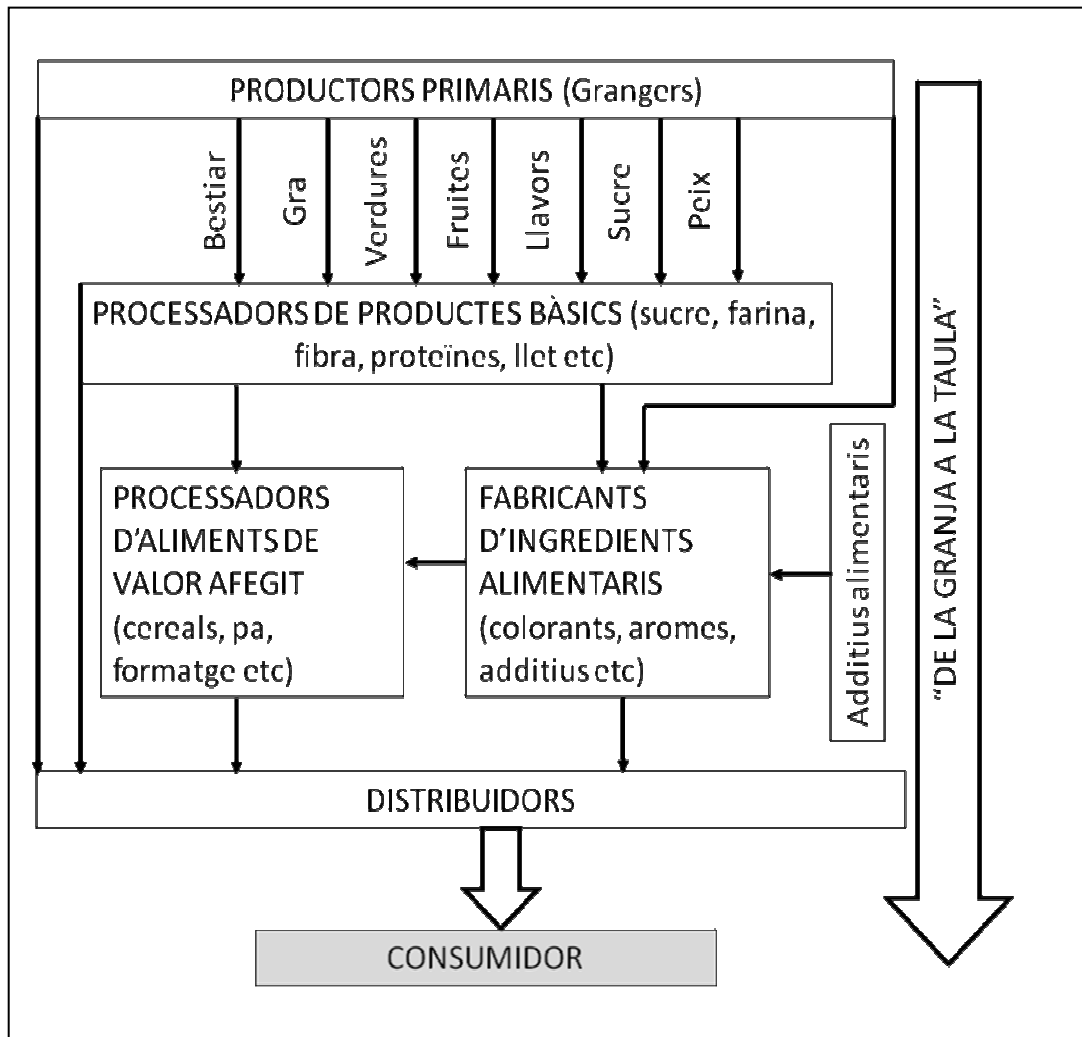


Figura 4.- Elements bàsics de l'esquema de la cadena alimentària de la granja a la taula

Tot i que la major part de tècniques de conservació d'aliments estan orientades a la prevenció del creixement de microorganismes que alterin els aliments, la conservació dels altres atributs de qualitat també és de gran importància. Amb poques excepcions, tots els aliments, després de la collita, sacrifici o fabricació van perdent qualitat al llarg de la cadena alimentària, segons s'il·lustra a la figura 5. Així, des d'unes característiques de qualitat ideals de les matèries primeres, passant per les característiques reals, emmagatzematge, fabricació, envasament, diferents emmagatzematges en el procés de distribució, estada en el punt de venda, transport i emmagatzematge a la llar i preparació i consum per part del consumidor, es pot arribar a perdre un 60% de la qualitat teòrica dels productes.

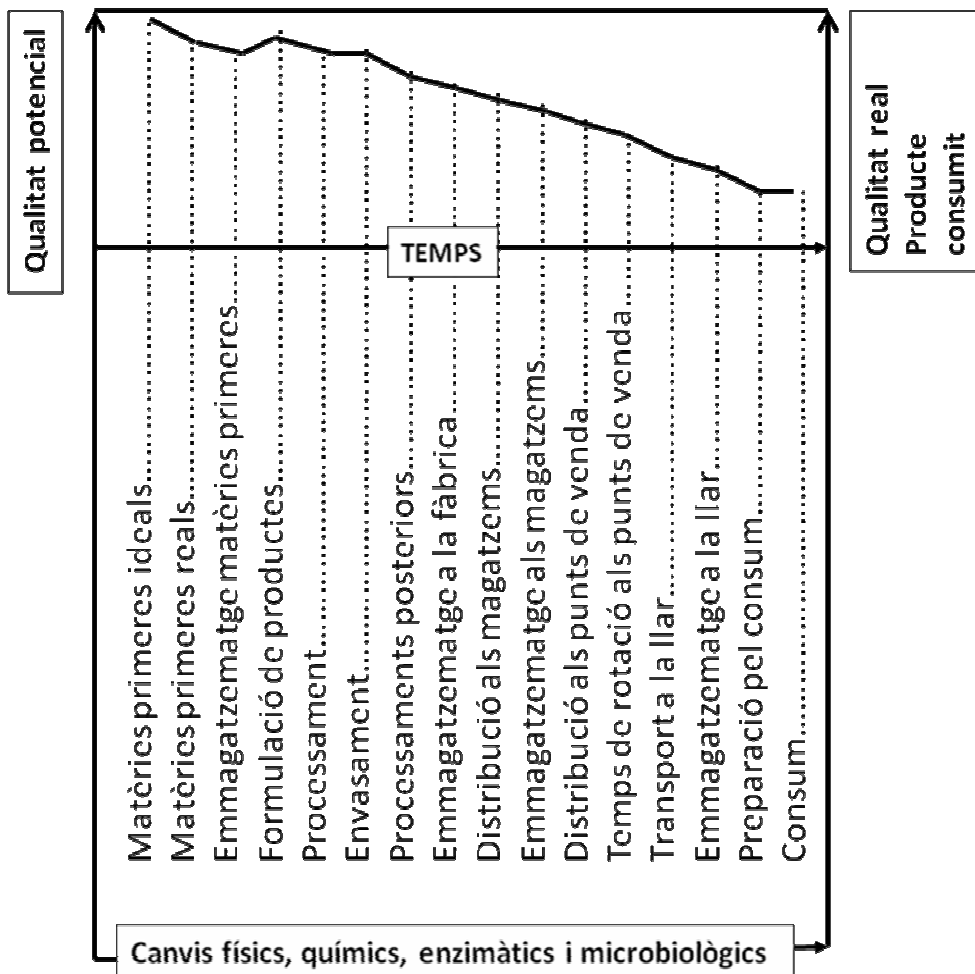


Figura 5.- Pèrdua de qualitat al llarg de la cadena alimentària (4)

Les tècniques de conservació pretenen evitar aquesta disminució de la qualitat. Així doncs, els objectius principals de les activitats de conservació dels aliments es poden resumir en (5):

- Disminuir la pèrdua de qualitat dels aliments al llarg de la cadena alimentària
- Perllongar la vida útil dels aliments i poder allargar el cicle estacional d'alguns aliments.
- Mantenir la qualitat organolèptica dels aliments (aspecte, color, olor, textura i sabor)
- Mantenir el valor nutritiu dels aliments durant la vida útil dels mateixos

- Poder disposar d'aliments de forma global i independentment dels factors climatològics, antropològics, econòmics, etc., que poden limitar la seva disponibilitat
- A més el consumidor actual exigeix cada dia més aliments amb la màxima qualitat organolèptica, nutricional i, òbviament, sanitària, per la qual cosa les tècniques de conservació han de modificar poc les característiques de qualitat dels aliments i al mateix temps donar la màxima seguretat en l'ús dels mateixos. En conseqüència, els tractaments han d'ésser suaus per tal de mantenir la qualitat esperada.

3.1.- Factors que afecten al creixement microbià

Com s'ha indicat anteriorment, la conservació dels aliments es basa principalment en destruir o inactivar els microorganismes patògens presents en els aliments i reduir o eliminar els microorganismes no patògens responsables de l'alteració dels aliments. Aquest fet requereix actuar sobre els factors que tenen més influència sobre el creixement i la supervivència dels microorganismes. Aquest factors són (6):

- el pH
- l'activitat d'aigua
- el potencial d'oxidació-reducció
- la temperatura
- les substàncies inhibidores

3.1.1.- pH

L'acció del pH sobre el creixement dels microorganismes s'ha de considerar per la modificació de la disponibilitat d'alguns nutrients del medi en funció de l'equilibri iònic, la permeabilitat de la membrana i l'activitat metabòlica. Cada microorganisme té un pH mínim i un pH màxim de creixement, essent els llevats i els fongs més tolerants a l'acidesa que els bacteris. Així aliments amb pHs inferiors a 4,5, com per exemple les fruites, no són fàcilment alterables pels bacteris, essent més sensibles a les alteracions per fongs i llevats. Tanmateix hi ha bacteris patògens com *E.coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* i *Clostridium botulinum* molt resistents a l'acidesa. A la taula 1 s'exposen els valors òptims, màxims i mínims de creixement d'alguns microorganismes.

	Mínim	Òptim	Màxim
Fongs	1,5-3,5	4,5-6,8	8,0-11,0
Llevats	1,5-3,5	5,0-6,5	8,0-8,5
Bacteris	4,5	6,5-7,5	11,0
Bacteris acètics	4,0	5,4-6,3	9,2
Bacteris làctics	3,2	5,5-6,5	10,5
<i>L. plantarum</i>	3,5	5,5-6,5	8,0
<i>Leu. cremoris</i>	5,0	5,5-6,0	6,5
<i>S.lactis</i>	4,1-4,8	6,4	9,2
<i>L. acidophilus</i>	4,0-4,6	5,5-6,0	7,0
<i>Pseudomonas</i>	5,6	6,6-7,0	8,0
<i>P. aeruginosa</i>	4,4-4,5	6,6-7,0	8,0-9,0
<i>Enterobacteris</i>	5,6	6,5-7,5	9,0
<i>Salmonella tifi</i>	4,0-4,5	6,5-7,2	8,0-9,6
<i>Escherichia coli</i>	4,3	6,0-8,0	9,0
<i>Staphylococcus</i>	4,2	6,8-7,5	9,3
<i>Clostridium</i>	4,6-5,0		9,0
<i>Cl. botulinum</i>	4,8		8,2
<i>Cl. perfringens</i>	5,5	6,0-7,6	8,5
<i>Cl sporogenes</i>	5,0-5,8	6,0-7,6	8,5-9,0
<i>Bacillus</i>	5,0-6,0	6,8-7,5	9,4-10,0

Taula 1.- Valors òptims, màxims i mínims de creixement d'alguns microorganismes (7)

3.1.2.- Activitat d'aigua

Els microorganismes necessiten aigua pel creixement, com a solvent pels nutrients del medi i com a reactiu per la síntesis microbiana i reaccions energètiques.

L'activitat d'aigua (a_w) indica la disponibilitat d'aigua per a les reaccions químiques, bioquímiques i per a les transferències a través de les membranes semipermeables. El seu valor oscil·la entre 0 i 1. Es defineix com la relació entre la pressió de vapor de l'aigua a la dissolució i la pressió de vapor de l'aigua pura a la mateixa temperatura.

La disminució de l'activitat d'aigua afecta al creixement dels microorganismes. La majoria dels bacteris presenten un creixement òptim amb a_w entre 0,990 i 0,995. En aliments amb a_w baixes de l'ordre de 0,61-0,85 les alteracions més comuns són degudes a fongs. A la taula 2 s'inclouen els valors mínims d'activitat d'aigua per al creixement d'alguns microorganismes.

BACTERIS	>0,910	LLEVATS	>0,87
<i>Acinetobacter</i>	0,990	<i>S. cerevisiae</i>	0,90-0,94
<i>C. botulinum E</i>	0,979	Rhodotorula	0,90
<i>C. pergringens</i>	0,970	Llevats	0,62
<i>P. fluorescens</i>	0,970	FONGS	>0,70
<i>E. coli</i>	0,957	<i>Botrytis cionerea</i>	0,93
<i>Salmonella sp</i>	0,950	<i>Fusarium</i>	0,90
<i>C. botulinum A, B</i>	0,950	<i>Mucor</i>	0,80-0,90
<i>B. subtilis</i>	0,900	<i>A. clavatus</i>	0,85
<i>S aureus</i>	0,860	<i>P. expansum</i>	0,85
Bacteris halòfils	0,750	<i>A. flavus</i>	0,78
		Fongs xeròfils	0,70

Taula 2.- Valors mínims d'activitat d'aigua per al creixement d'alguns microorganismes (8)

3.1.3.- Potencial d'oxidació-reducció

El potencial d'oxidació-reducció de l'aliment influeix en el tipus de microorganisme que es desenvoluparà i, per tant, en les alteracions que es produiran.

En funció de les exigències d'oxigen, els microorganismes es classifiquen en **aerobis estrictes**, (*Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*) quan necessiten oxigen lliure com acceptor final d'electrons, **anaerobis estrictes** (*Clostridium*, *Bacteroides*, *Peptococcus*, *Prionibacterium*, etc), quan creixen millor en absència d'oxigen lliure, i **anaerobis facultatius** (*Enterobacteris*, *Staphylococcus*) quan poden desenvolupar-se en presència o absència d'oxigen.

La disminució del contingut d'oxigen alenteix el metabolisme dels microorganismes i augmenta, en general, la vida útil dels aliments, sempre que no s'iniciïn vies fermentatives.

3.1.4.- Temperatura

És un dels factors més importants que influeixen en el creixement dels microorganismes. Determina l'estat físic de l'aigua i per tant la seva disponibilitat per al creixement dels microorganismes.

Els microorganismes es classifiquen en funció de la temperatura en a) **psicròfils** que es desenvolupen a 0°C amb un òptim creixement entre 15 i 20°C, b) **psicròtrofs**, que es desenvolupen a temperatures pròximes als 0°C amb un òptim creixement entre 25 i 35°C (són de creixement lent i inclouen *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus* i la major part de fongs i llevats), c) **mesòfils** que es multipliquen a temperatures entre 20 i 45°C amb un òptim creixement a 37°C (són la majoria dels bacteris) i d) **termòfils** que són capaços de desenvolupar-se a temperatures elevades, entre 45 i 65°C amb un òptim creixement a 55°C (són de creixement ràpid i inclouen *Bacillus* i *Clostridium* i els fongs *Aspergillus*, *Cladosporium* i *Thamnidium*).

La disminució de la temperatura té com efecte bàsic la reducció global de l'activitat metabòlica, augmentant la durabilitat de l'aliment.

3.1.5.- Substàncies inhibidores

Són molècules que tenen un poder bacteriostàtic i/o bactericida i en algun cas poder fungicida. Poden trobar-se en estat natural en animals i vegetals, es poden produir per fermentació o poden ser afegides com additius.

3.2.- Tècniques clàssiques de conservació dels aliments

Els procediments utilitzats per a la conservació dels aliments van dirigits fonamentalment al control dels microorganismes i per tant, es basen en intervenir sobre els factors que afecten a la seva activitat: el pH, la temperatura, l'activitat d'aigua, el potencial d'oxidació-reducció i les substàncies inhibidores (3, 9).

Tot i això, els procediments de conservació dels aliments no tan sols han de prevenir o endarrerir l'activitat microbiana, si no que també han de destruir o inactivar els enzims, prevenir o endarrerir les reaccions químiques i prevenir les lesions degudes a insectes, rosegadors, causes mecàniques, etc. En aquest sentit, a més a més d'aplicar les tècniques més adequades per a la conservació dels aliments, és necessari emprar Bones Pràctiques de Fabricació (BPF) i tenir establert un Sistema d'Anàlisi de Perills i Punts Crítics de Control (A.P.P.C.C.)

3.2.1.- Procediments basats en la disminució del pH

Molts microorganismes són sensibles a la disminució del pH, es a dir, a l'augment de l'acidesa. Això es pot aconseguir afegint un àcid a l'aliment (cítric, ascòrbic, fosfòric, etc) o bé per acidificació natural produïda per altres microorganismes en processos de fermentació.

La fermentació s'ha utilitzat des de l'Antiguitat. El vi s'elabora des de fa deu mil anys, la cervesa i el formatge es van començar a produir uns sis mil anys A.C. Avui dia les indústries del pa, el formatge, els embotits cuits i curats, el vi, la cervesa, les begudes alcohòliques, entre altres, han aconseguit productes d'alta qualitat i varietat amb la selecció de llevats i controls molt acurats dels processos de fermentació.

La conservació d'aliments per processos fermentatius s'aplicava en els inicis com una contaminació accidental per microorganismes útils, però actualment i gràcies a la identificació dels microorganismes responsables dels processos fermentatius i al coneixement de les condicions òptimes dels processos, es poden obtenir aliments de característiques organolèptiques estandarditzades i evitar pèrdues per fermentacions deficientes. Així, el procés de fermentació no és només un procés de conservació dels aliments sinó també un procés tecnològic per obtenir unes característiques organolèptiques desitjades i una digestibilitat més gran.

Els microorganismes útils pels processos fermentatius han d'ésser capaços de produir gran quantitat d'enzims per controlar les reaccions químiques de la fermentació. Entre ells trobem llevats, (per exemple, *Saccharomyces* a la fermentació alcohòlica), fongs (*Penicillium* a la fabricació de formatges i embotits), i bacteris (*Lactobacillus*, per exemple, a la fermentació làctia o *Acetobacter* per la fermentació acètica).

3.2.2.- Procediments basats en la reducció de l'activitat d'aigua

Diferents tècniques de conservació d'aliments es basen en la reducció de l'aigua disponible pels microorganismes. Aquesta reducció es pot aconseguir per mètodes físics com la deshidratació, la liofilització o la concentració per evaporació, la crioconcentració, la concentració per membrana, (per exemple a la llet o els suc de fruita), i per medis químics. En aquest darrer sistema, l'addició de sucre o sal causen la difusió osmòtica de l'aigua de l'interior de les cèl·lules dels microorganismes per igualar les concentracions; aquesta deshidratació parcial de la cèl·lula fa que la multiplicació del microorganisme s'alenteixi molt. Alguns exemples són la conservació de fruites en almívar, melmelades, llet condensada, salaons, etc.

La reducció de l'activitat d'aigua mitjançant l'assecatge dels aliments és el mètode més antic de conservació d'aliments peribles. Al Paleolític, fa uns quatre cents mil anys, l'assecatge al sol ja s'utilitzava per carns i peixos. Avui dia encara es fa servir per l'assecatge de fruites (figues seques, panses, dàtils, orellanes etc.).

Al segle XVIII comencen a utilitzar el fum de carbó per l'assecatge, però no és fins al segle XX que les tècniques industrials aporten innovacions a aquest sistema de conservació, obtenint-ne productes deshidratats com llet en pols, aliments infantils, productes del cafè, te i cacau, productes vegetals (puré de patates, purés de verdures, etc), productes d'origen animal (sopes, brous, ous, salses, etc). En el procés de fumat per una part es produeix un assecatge i per altra s'incorporen productes del propi fum que tenen propietats conservants pels aliments.

L'assecatge, a més a més de ser un procés de conservació dels aliments també produeix una disminució elevada de pes de l'aliment fresc, fet que comporta un gran estalvi econòmic en el transport i l'emmagatzematge d'aquests productes. Per altra banda, l'assecatge dels aliments és una operació que afecta profundament a les característiques d'aspecte, color, textura, sabor i composició nutricional de l'aliment (especialment pèrdua de vitamines i desnaturalització de proteïnes). En conseqüència, en reconstituir un aliment deshidratat no sempre s'obtenen les característiques de l'aliment original. Així, es impensable reconstituir una fruita seca i en canvi si és possible en llet i suc de fruita.

L'assecatge disminueix de forma dràstica les alteracions microbianes i químiques dels aliments. Així a activitats d'aigua inferiors a 0,5 no hi ha creixement de microorganismes, els enzims estan inactivats i la reacció de Maillard també. Per altra banda, l'oxidació lipídica és una de les principals reaccions d'alteració dels aliments amb baix contingut d'aigua, produint-se amb activitats d'aigua entre 0 i 0,2 i es minimitza amb activitat d'aigua entre 0,2 i 0,5. El coneixement de les isoterms de sorció amb les velocitats relatives de les alteracions dels aliments permet preveure el grau de deshidratació més favorable per a la deshidratació d'un aliment (Figura 5).

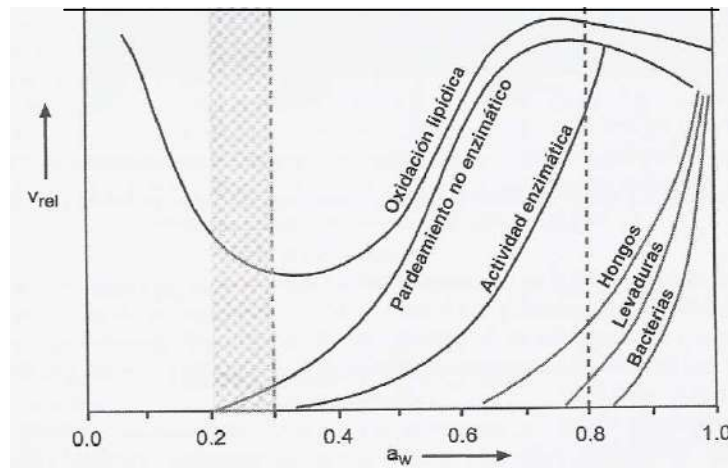


Figura 5.- Degradació en funció de l'activitat d'aigua (10)

Els mètodes d'assecatge poden utilitzar aire calent (procés adiabàtic), o bé, superfícies calentes (procés no adiabàtic) en contacte amb l'aliment. Basats en aquests principis i tenint en compte els diferents aliments potencials a assecar, s'han desenvolupat diferents tipus d'assecadors. A la taula 3 s'inclouen alguns productes i possibles tipus d'assecadors.

PRODUCTE	TIPUS D'ASSECADOR
Hortalisses, fruites, confiteria	Safates i túnel
Farratges, grans, hortalisses, fruites, nous,	Cinta transportadora
Farratges, grans, pomes, lactosa, midons	Rotatius
Cafè, te, cacau, llet, puré de fruites	Atomitzadors
Llet, midons, aliments infantils, sopes,	Tambors
Midons, polpes de fruites,	Pneumàtics
Cafè, essències, extractes de carn, fruites,	Liofilitzador
Hortalisses	Llit fluid
Sucs de fruita	Foam Mat
Pomes i hortalisses	Forn

Taula 3.- Productes i tipus d'assecadors (11)

3.2.3.- Procediments basats en la variació del potencial d'oxidació-reducció

Alguns microorganismes necessiten oxigen pel seu desenvolupament i, per tant, aïllant els aliments de l'oxigen del aire, s'impedeix el seu creixement. Aquest aïllament es pot aconseguir amb l'ús del buit, gasos inerts o atmosferes controlades, aspecte que no serà desenvolupat en aquest treball.

3.2.4.- Procediments basats en la utilització de substàncies inhibidores

La presència de substàncies inhibidores també afecta al creixement dels microorganismes i per tant, també constitueix la base de certs procediments de conservació d'aliments. Es poden utilitzar conservants o antisèptics, i la selecció d'aquests agents antimicrobians ha de tenir en compte molts factors com les propietats químiques i físiques, la composició de l'aliment, les característiques i tipus de microorganismes, el cost, la toxicitat etc.

3.2.5.- Procediments basats en la temperatura

En aquest apartat podem considerar altes temperatures, és a dir aplicació de la calor, o baixes temperatures, és a dir aplicació de fred.

L'aplicació de la calor sobre els aliments no afectarà només als microorganismes sinó que també actua sobre les característiques dels aliments. Els objectius dels tractaments tèrmics poden ésser la destrucció de microorganismes patògens, evitar les alteracions produïdes per microorganismes no patògens, produir la inactivació enzimàtica i aplicar el grau de cocció adequat al tipus d'aliment de que es tracti.

Amb el nom de tractaments tèrmics s'inclouen tots els procediments que persegueixen la destrucció dels microorganismes com la pasteurització i la esterilització, però també l'escaldat i la cocció que a més d'aconseguir una certa reducció microbiana tenen com a objectius principals modificar les propietats dels aliments, per fer-los més digestibles i apetitosos.

El tractament tèrmic d'un aliment depèn de la termoresistència dels microorganismes i enzims presents en l'aliment, de la càrrega microbiana inicial, del pH i de l'estat físic de l'aliment. Alguns aliments només permeten certes temperatures, no gaire elevades ja que temperatures superiors produeixen canvis en el seu aspecte o sabor. En altres casos, en canvi, les temperatures no produeixen canvis.

La pasteurització implica la destrucció per la calor de tots els microorganismes en fase vegetativa i l'esterilització comporta la destrucció de les formes vegetatives i espores.

L'escaldat és un tractament tèrmic que sotmet al producte, durant un cert temps, a una temperatura inferior a 100°C. S'aplica abans del processat per destruir l'activitat enzimàtica de fruites i verdures, i s'utilitza en la conservació d'hortalisses per fixar el color o per destruir els enzims abans de la congelació, l'enllaunat, la liofilització o l'assecatge. La mesura de l'absència d'activitat de dos enzims, la peroxidasa i la catalasa, s'utilitza com a indicador de l'efectivitat de l'escaldat. L'escaldat no és un mètode de conservació sinó que aconsegueix reduir el nombre de fongs, llevats i formes vegetatives de les bacteries de la superfície dels aliments, afavorint l'aplicació de mètodes de conservació posteriors.

L'escaldat es pot fer amb aigua, vapor, aire calent o microones. Té com inconvenients l'alt consum energètic i la pèrdua de components solubles nutricionals de l'aliment com algunes proteïnes, sucres, minerals i vitamines.

A la taula 4 s'inclouen exemples de temps d'escaldat per a diferents vegetals.

Producte	Temps d'escaldat (minuts) amb aigua a 100°C
Espàrrecs	2 – 4 (segons mida)
Pèsols	1 – 4 (segons mida)
Blat de moro i bròcoli	2
Espinacs	1,5
Mongetes	1 – 1,5

Taula 4.- Temps d'escaldat per a diferents vegetals (12)

La pasteurització és un tractament tèrmic relativament suau amb temperatures generalment inferiors a 100°C. Inactiva als enzims i elimina les formes vegetatives de bacteris, fongs i llevats. Provoca canvis mínims en el valor nutritiu dels aliments i en les seves característiques organolèptiques.

L'objectiu de la pasteurització aplicada a aliments de baixa acidesa (pH superior a 4,5) és la destrucció dels bacteris patògens, i en aliments àcids (pH inferior a 4,5), eliminar els microorganismes causants de les alteracions dels aliments i inactivar els enzims.

El temps i la temperatura varien segons el producte i la tècnica de pasteurització. Hi ha sistemes que utilitzen alta temperatura i temps curt (HTST), a 71,7°C, 15 sg o de temperatura baixa i temps llarg (LTLT) a 62,8°C 30 min.

L'esterilització és un procediment més dràstic que pot afectar el valor nutritiu i les característiques organolèptiques dels aliments. S'utilitzen temperatures entre 115 i 127°C durant 20 min, o temperatures entre 135 i 150°C d'1 a 3 sg, (procés UHT), amb menor repercussió sobre el valor nutritiu i les característiques organolèptiques.

Al realitzar el procés d'esterilització hi ha que tenir en compte el pH de l'aliment i la termoresistència dels microorganismes o enzims. D'entre els microorganismes patògens esporulats de baixa acidesa més perillosos destaca el *Clostridium botulinum*.

L'aplicació de calor no només afecta a la càrrega microbiana sinó que també influeix sobre la resta de les seves propietats i, quan es busquen més aquests altres efectes que la pròpia destrucció microbiana, com la digestibilitat, l'aspecte i el sabor més agradables etc., s'aplica el procés de cocció. La cocció té efectes sobre l'aigua de constitució, els lípids, els glúcids, les proteïnes, les vitamines i altres microcomponents dels aliments.

Les condicions dels processos de tractament tèrmic han estat molt estudiades amb diferents objectius com: assegurar la destrucció dels microorganismes patògens, mantenir una esterilitat comercial evitant el desenvolupament de microorganismes no patògens que puguin alterar l'aliment, i aplicar el grau de tractament adequat per tal de mantenir les condicions físiques, químiques i sensorials de l'aliment el menys alterades possible i el seu valor nutricional.

En relació als equips utilitzats en la pasteurització tipus HTST, per processos en continu, consten d'una zona de escalfament, una de manteniment de la temperatura i una de refredament. El bescanvi tèrmic es produeix amb bescanviadors de calor, d'aigua calenta o freda segons la fase. Per la pasteurització de productes ja envasats, s'utilitza el procés LTLT per la dificultat de la transmissió del calor a través de l'envàs i del propi aliment. S'utilitzen pasteuritzadors per immersió en bany d'aigua (molt utilitzada per productes carnis), i per pluja d'aigua (productes envasats en vidre).

Els equips utilitzats en l'escaldat inclouen escaldadors per vapor i escaldadors per aigua. Els objectius buscats amb l'escaldat de productes que després sofriran un altre tractament tèrmic són: incrementar la seva densitat per que sigui superior a la del líquid de govern de la conserva i evitar que suri, fer coincidir la pressió a l'interior de l'envàs durant el tractament tèrmic amb la de saturació del vapor d'aigua a la mateixa temperatura i obtenir la menor concentració d'oxigen residual l'interior de l'envàs. En productes que després seran deshidratats o congelats, l'objectiu principal és la inactivació enzimàtica. En el cas de la congelació posterior, l'escaldat també és important per eliminar els gasos inclosos en els teixits abans de la cristallització disminuint l'oxidació posterior i, en el cas de la deshidratació, l'escaldat millora la rehidratació posterior.

Els equips emprats en l'esterilització van des dels diferents tipus d'autoclaus i esterilitzadors hidrostàtics per aliments envasats, fins als tractaments UHT directes per

injecció de vapor d'aigua al producte, o indirectes amb bescanviadors de calor per aliments sense envasar.

En relació a l'aplicació de fred, les baixes temperatures pretenen augmentar la vida útil dels aliments minimitzant les reaccions de degradació i limitant el creixement microbià. La disminució de la temperatura, coneguda com refrigeració, alenteix les reaccions de degradació i, per altra banda, la reducció de l'aigua disponible, necessària per les reaccions químiques i el desenvolupament microbià, al passar a l'estat sòlid per la congelació allarga la conservació dels aliments. La utilització de temperatures baixes, sense arribar al punt de congelació, pot ser molt adequada per la conservació d'aliments que mantinguin la seva activitat fisiològica com les fruites i les hortalisses.

Els processos de conservació que utilitzen el fred a diferència dels que utilitzen la calor, no assoleixen l'estabilitat química ni microbiològica, es a dir, que l'efecte del fred dura mentre persisteixen les baixes temperatures, per la qual cosa és estrictament necessari mantenir la cadena del fred des de la producció de l'aliment fins just abans de la preparació i consum. La refrigeració d'aliments, molt utilitzada per fruites, hortalisses i carns pot ser realitzada per refredadors d'aire, aigua i buit.

La congelació es realitza amb equips congeladors de contacte directe, que poden ser per plaques, de bandes o de tambor, per aire que inclouen els túnels, els de banda transportadora i els de llit fluid o criogènics, que no requereixen una font mecànica de fred, si no que normalment utilitzen nitrogen líquid.

Com a resum, a la taula 5, s'inclouen les avantatges i desavantatges que presenten les diferents tècniques clàssiques de conservació i, a la taula 6, s'indica l'estabilitat dels nutrients als diferents tractaments (13).

Tècnica	Avantatges	Desavantatges
Assecatge	<p>Produeix formes concentrades de l'aliment</p> <p>Inhibeix creixement microbià i enzims autolítics</p> <p>Reté la major part dels nutrients</p>	<p>Pot produir pèrdua d'alguns nutrients, especialment vitamines B₁ i C</p> <p>L'anhídrid sulfurós s'afegeix a fruites assecades per retenir la vitamina C. Algunes persones són sensibles al SO₂</p>
Fumat	<p>Conserva en part per assecatge i en part per incorporació de components del fum</p>	<p>Consumir molts aliment fumats s'ha associat amb prevalència de càncer.</p>
Refrigeració	<p>Ralenteix la multiplicació microbiana</p> <p>Ralenteix l'autolisi per enzims</p>	<p>Ralenteix la pèrdua d'alguns nutrients amb el temps</p>
Congelació	<p>Evita el creixement microbià per baixa temperatura i no disponibilitat d'aigua</p> <p>Generalment bona retenció dels nutrients</p>	<p>L'escaldat de les verdures abans de la congelació causa pèrdues de vitamines del grup B i C</p> <p>La descongelació no desitjada pot reduir la qualitat del producte</p>
Addició de sal o sucre	<p>Impedeix la utilització de l'aigua pel creixement microbià</p> <p>El procès no destrueix nutrients</p>	<p>Augmenta el contingut en sal o sucre dels aliments</p>
Processament a altes temperatures (pasteurització i esterilització)	<p>Inactiva enzims autolítics</p> <p>Destruïx microorganismes</p>	<p>Pèrdua de nutrients termolàbils</p>

Taula 5.- Avantatges i desavantatges de les diferents tècniques clàssiques de conservació

Nutrient	Característiques d'estabilitat
Vitamina A	Força estable durant el processament i la cocció
Vitamina D	Molt estable a la calor però sensible a l'exposició a l'aire i la llum
Vitamina E	Relativament estable excepte a temperatures de fregir
Vitamina K	Estable a la cocció però sensible a la llum
Tiamina (Vitamina B ₁)	Força inestable a la calor i condicions alcalines. Pèrdua durant el refinat dels cereals. Es perd amb l'aigua de cocció
Riboflavina (Vitamina B ₂)	Molt sensible a la llum (pèrdues del 50% de la llet exposada a la llum durant 2 hores) i relativament estable a la cocció
Niacina	Estable a la majoria de processos però es perd en l'aigua de cocció
Vitamina B ₆	Força estable a la majoria de processos
Vitamina B ₁₂	Força estable però es perd a l'escalfar en condicions àcides o alcalines
Àcid fòlic	Grans pèrdues en la cocció, accelerades per la presència de coure
Àcid pantotènic	Relativament estable durant la majoria de processos.
Biotina	Estable a la majoria de processos
Vitamina C	Inestable. Les pèrdues es produeixen per exposició a l'aire, la llum, la calor i s'acceleren amb presència de coure. Es perd en l'aigua de cocció

Taula 6. Estabilitat dels nutrients als diferents tractaments

3.3.- Noves tecnologies de conservació d'aliments

Actualment la recerca a la indústria alimentària es dirigeix a desenvolupar tècniques de conservació d'aliments alternatives a les tradicionals (tractaments tèrmics intensos, salaó, acidificació, dessecació i conservació química), que s'adaptin millor als aliments actualment demandats pel consumidor, és a dir aliments d'alta qualitat, de característiques organolèptiques elevades, nutritius, naturals, segurs, poc processats, sense conservants, de llarga vida útil i fàcils de preparar (14).

Els mètodes de conservació d'aliments basats en les noves tecnologies pretenen els següents objectius:

- Augmentar la seguretat i la durabilitat del producte inactivant microorganismes patògens i alteradors dels aliments
- No modificar els atributs organolèptics i nutricionals de l'aliment
- No deixar residus
- De baix cost i de fàcil aplicació
- Acceptació pels consumidors i legislacions nacionals i internacionals.

En els últims anys s'ha investigat molt en noves tecnologies, especialment no tèrmiques, per inactivar microorganismes i enzims i alterar el mínim els atributs de qualitat sensorial i nutricional dels aliments, oferint alhora un grau elevat de seguretat (15). Aquests tractaments emergents, alguns ja coneguts des de fa temps però optimitzats per la seva aplicació en aliments inclouen els següents (16, 17, 18):

- Altes pressions hidrostàtiques
- Pasteurització i esterilització per extrusió
- Deshidratació per fluids supercrítics
- Escalfament no convencional (no òhmic)
- Radiacions ionitzants
- Radiacions ultraviolades
- Camps elèctrics polsats
- Polsos de llum
- Aigua electrolitzada i ozonització
- Biopreservació. Bacteriocines, cultius protectors i biofilms
- Productes naturals. Olis essencials
- Enzims: Lisozim. Sistema lactoperoxidasa. Peròxid d'hidrogen. Lactoferrina
- Sonicació. Ultrasons
- Fermentació
- Tecnologia d'obstacles. Tractaments combinats
- Noves tendències d'envasament. Envasos actius

3.3.1.- Altes pressions hidrostàtiques

La tècnica consisteix en exposar l'aliment ja envasat a pressions elevades, de 100 a 1000 MPa, durant pocs minuts, com a màxim cinc minuts. La pressió es transmet de forma pràcticament instantània, independentment de la mida, volum i forma del producte per la qual cosa el tractament és uniforme en tot l'aliment (19). Ja al 1899, Hite va començar estudis amb aquesta tècnica per a la conservació de la llet, però no va ésser fins al 1990 que al Japó es van comercialitzar aliments com melmelades, geles de fruita i salses, tractats per altes pressions (20). Aquesta tecnologia es coneix també com pasteurització freda o pascalització.

Les pressions hidrostàtiques elevades presenten les següents avantatges:

- Canvis fisicoquímics i alteracions funcionals reduïdes
- Conservació de frescor, vitamines, color, aroma, sabor, aspecte i textura
- Estabilització microbiològica comparable a una pasteurització tèrmica
- Temps curts de processament
- Reducció del dany cristal·lí

La inactivació dels microorganismes per altes pressions hidrostàtiques depèn de la pressió aplicada. Així, pressions de 20-180 MPa endarrereixen el creixement microbià i inhibeixen la síntesi de proteïnes. Pressions superiors a 180 Mpa comencen a malmetre les membranes cel·lulars i la inactivació bacteriana és exponencialment proporcional a l'augment de la pressió. A pressions superiors a 300 MPa es produeix la desnaturalització irreversible de les proteïnes, per la qual cosa aquestes són les pressions necessàries per a la inactivació de la majoria de les formes cel·lulars vegetatives. Les formes esporulades requereixen pressions molt superiors per a ésser eliminades (Taula 7). L'efectivitat del tractament d'altres pressions hidrostàtiques depèn de la morfologia dels microorganismes, de la seva forma i mida i també d'altres factors, ja que els fongs i els llevats són més resistents als aquests tractaments.

Microorganismes	Pressions (MPa)	Duració (min)
Espores bacterianes	>1000	
Gram +	500-600	10
Gram -	300-400	10

Taula 7.- Pressions necessàries per inactivar microorganismes i espores a 25°C (21, 22)

Com a referència de l'efectivitat d'un tractament d'altres pressions s'utilitzen microorganismes indicadors. En llet i productes lactis és freqüent utilitzar soques d'*Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus* y *Lactobacillus helveticus*.

Les espores necessiten pressions superiors a 1000 MPa, encara que la combinació amb lleugers increments de temperatura pot reduir aquests valors de pressions. Un procés molt emprat és induir la germinació de les espores amb la utilització de pressions entre 50 i 300 MPa i aplicar, posteriorment, un segon tractament d'altres pressions a 300-600 MPa. Aquesta seqüència és força efectiva però no garanteix l'eliminació total de les espores i, en aquests casos, el tractament d'altres pressions hidrostàtiques s'ha de combinar amb altres tecnologies.

Una altra limitació de les altres pressions hidrostàtiques és l'adaptació cel·lular a l'estrès ja que un estrès subletal induïx l'expressió de sistemes de reparació cel·lular, amb respostes adaptatives a la situació d'estrès i es desenvolupen microorganismes capaços de sobreviure al procés.

El tractament per altres pressions hidrostàtiques pot exercir efectes variats sobre les propietats sensorials i nutricionals dels aliments :

- a) Sobre l'estructura.- A la llet, les altres pressions tenen influència en la estructura col·loïdal, ja que produeixen la desintegració de les micelles de caseïna en partícules de caseïna de mida menor, fet que s'acompanya d'una disminució de la terbolesa de la llet i un increment de la viscositat. També es produeix una dissociació del fosfat càlcic col·loïdal i la desnaturalització de proteïnes del sèrum, el que pot modificar i/o millorar les seves propietats tecnològiques.

Amb pressions de 100-400 MPa durant 10-60 min a 25°C no s'ha detectat isomerització de la lactosa a lactulosa, fet que permet suposar que no es produeixen reaccions de Maillard, o isomeritzacions de la lactosa, amb aquesta tecnologia, fenòmens que si es produeixen per tractaments tèrmics (23).

Els tractaments amb altres pressions hidrostàtiques només poden trencar enllaços dèbils com ponts d'hidrogen, o interaccions hidrofòbiques o iòniques, per la qual cosa molècules petites com vitamines, aminoàcids, sucres o volàtils aromàtics no es troben afectades i, per tant, les altres pressions poden ser utilitzades per mantenir bones propietats sensorials i augmentar la vida útil de la llet.

Per altra banda, les altres pressions es poden emprar per l'estabilització microbiològica de la llet i altres productes lactis com la nata, el iogurt i el formatge, així com, en el processat de la llet per obtenir els productes lactis i en la preparació de productes lactis amb textures noves.

Pel que fa a la carn, pressions superiors a 200 MPa milloren la tenderització per trencament dels lisosomes i, consegüentment, augment de la capacitat autolítica de la carn.

- b) Sobre la fracció de volàtils aromàtics.- Diferents estudis realitzats en components volàtils i activitat de la beta-glucosidasa de les maduixes, dels préssecs o dels tomàquets sotmesos a altes pressions han demostrat, en alguns casos, el manteniment dels components volàtils a pressions fins a 500 MPa o aparició d'alguns volàtils nous a pressions més elevades, al voltant dels 800 MPa (24).
- c) Sobre el color.- El processament de la carn amb altes pressions inferiors a 150 MPa produeix modificacions de color similars al de la carn cuinada. A pressions superiors a 400 MPa la mioglobina ferrosa passa a fèrrica, modificant-se el color i produint-se també una desnaturalització de la globina (25).

En fruites vermelles es produeix decoloració dels antocians i en el tomàquet, el contingut en licopè, el carotenoide responsable del seu color vermell és força estable a diferents pressions, presentant la major estabilitat a 500 MPa.

- d) Sobre les propietats nutricionals.- La digestibilitat de la proteïna dels aliments processats amb altes pressions hidrostàtiques augmenta ja que s'indueix una dissociació de les proteïnes oligomèriques. S'ha descrit increments de digestibilitat en proteïnes de carn, peix i llegums (26).

L'àcid ascòrbic és més estable a altes pressions que amb la calor, i s'ha demostrat una major capacitat antioxidant del suc de taronja tractat a 600 MPa a 40°C durant 4 min, en comparació a un suc pasteuritzat a 80°C 60 sg (27).

L'equipament industrial utilitzat actualment permet el tractament discontinu de productes sòlids o viscosos en aparells de 10 a 500 L de capacitat i, en forma semicontinua, líquids a flux de 1 a 4 tm/h (Figura 5). Els sistemes més emprats consten d'un reactor pressuritzat a alta pressió, un sistema de generació de pressió, un sistema de control de temperatura i pressió i un equip de control de l'aliment a processar. La pressió es transmet de forma automàtica i instantània a tot l'aliment a processar a través de l'envasament especial i resistent en contacte directe amb el medi de transferència, medi que sol ésser l'aigua. El cost d'aquest tipus de processament es troba entre 0,10 i 0,15 €/kg, incloent l'amortització de l'equip, quedant un cost que oscil·la entre 500.000 € i 1.400.000 €.

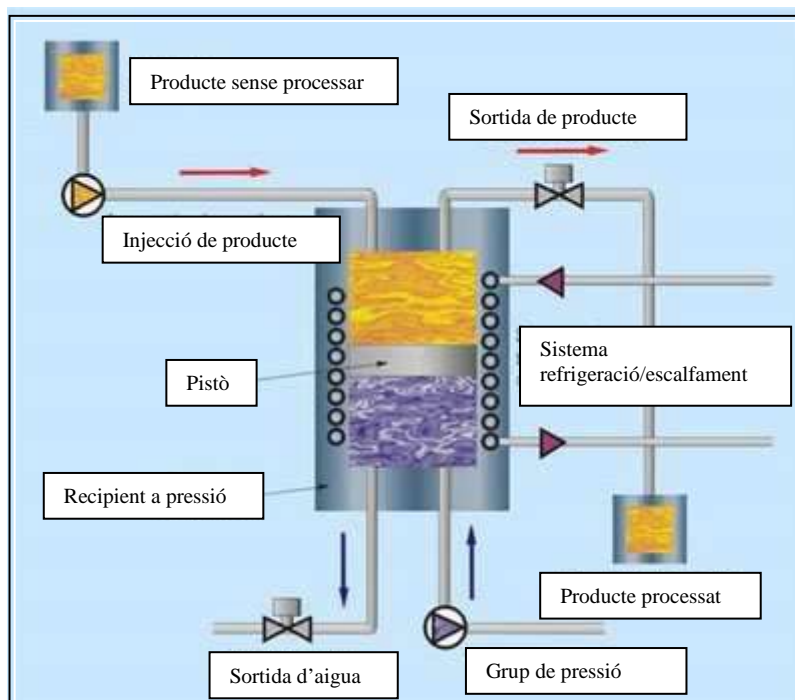


Figura 5.- Esquema del tractament discontinu per altes pressions hidrostàtiques (28)

Les aplicacions industrials de les altes pressions hidrostàtiques als aliments inclouen llet, formatges, iogurts (prevenció de la sobreacidificació i es perllonga la vida útil), nata, mantega, gelats, mermelades de fruita, geles, sucs, vi, pastissos, polpes de fruita, ostres, salses, batuts i, productes carnis com pernil cuit, curat, pollastre rostit, mortadella, embotits fermentats, salsitxes cuites, entre d'altres. (29, 30).

En relació als aspectes legislatius, a la Unió Europea, als aliments tractats per altes pressions no es consideren "Nous Aliments" si es demostra que són equivalents als ja existents. De fet, als Estats Units i Japó estan comercialitzats molts aliments tractats per altes pressions.

Les altes pressions es poden combinar amb la temperatura. Així l'esterilització a altes pressions és un procés tèrmic accelerat per la pressió que requereix la combinació d'altres pressions, superiors a 800 MPa, i temperatures de 90 a 120°C, obtenint aliments lliures d'espores bacterianes.

En general, les altes pressions en combinació amb temperatures moderades semblen ser una via de futur per produir aliments estables. Els models cinètics que descriuen la inactivació bacteriana per aquesta combinació pressió-temperatura són necessaris per l'avaluació dels processos. Actualment hi ha una recerca important sobre els canvis en els teixits animals i vegetals i la influència sobre la biodisponibilitat dels nutrients dels aliments sotmesos a aquest tipus de tractament.

Una altra possible combinació és l'homogenització a alta pressió, una nova tecnologia que permet inactivar microorganismes, enzims i virus, alhora que es produeix un trencament de partícules en dispersions i emulsions. Si les pressions emprades estan entre 200 i 400 Mpa la tècnica s'anomena Ultra Homogenització a Alta Pressió (UHPH). Aquesta tecnologia aconsegueix una reducció més eficient en la mida de les partícules que la homogenització clàssica i a més, redueix la càrrega microbiana. S'aplica a productes líquids com la llet, suc de fruita o líquids vegetals. A diferència de les altes pressions hidrostàtiques que només utilitzen la pressió i tant sols pasteuritzen els aliments que s'han de conservar en fred, la UHPH combina efectes de pressió, mecànics i de temperatura, esterilitzant i estabilitzant els productes, els quals poden mantenir-se a temperatura ambient entre sis i nou mesos (31, 32, 33).

3.3.2.- Pasteurització i esterilització per extrusió

Els primers dissenys d'extrusors de cargol simple es van desenvolupar cap a 1940. La primera aplicació de l'extrusió va dirigir-se a donar forma a les pastes alimentàries (macarrons, espaguetis, etc), a la producció de pellets com a pas intermedi per a la obtenció de productes alimentosos i a la obtenció de pinsos.

Avui, l'extrusió té moltes aplicacions a la indústria alimentària com airejat, escalfament o refredament, cocció, deshidratació, desnaturalització de proteïnes, expansió, donar forma, generació d'aromes, inactivació d'enzims, mescles, pasteurització i esterilització d'aliments, entre altres.

L'extrusió es una tècnica de processat en continu. Permet el processament d'aliments amb diferents continguts d'humitat, de diferent composició, treballar a diferents temperatures i pressions i té baixos costos d'operació. A la taula 8 es resumeixen les avantatges de la utilització de l'extrusió per a la conservació dels aliments.

Processament de masses amb baix contingut d'humitat
Procés continu
Procés a alta temperatura, temps curt (HTST)
Elevada velocitat de processat
Destrucció d'espores bacterianes si és a altes temperatures
Elevada versatilitat en les condicions del processament

Es poden aconseguir productes amb molt baixa activitat d'aigua

S'obtenen productes de bona qualitat nutricional i organolèptica
Baixa agressivitat mediambiental
Costos baixos d'operació

Taula 8.- Avantatges de la utilització de la pasteurització/esterilització per extrusió

Un extrusor consta bàsicament d'un cargol d'Arquímedes (cargol sense fi) dins d'una carcassa cilíndrica acabada en una matriu o encuny a través del qual es forma el producte (Figura 6). La carcassa pot tenir una camisa que permet escalfar o refredar al llarg del procés d'extrusió.

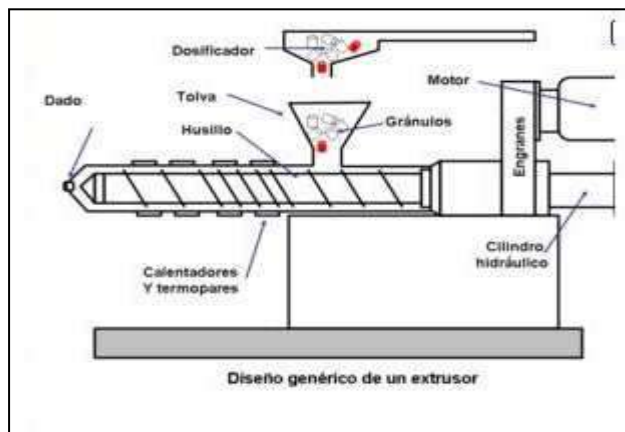


Figura 6.- Esquema d'un extrusor (34)

L'escalfament es pot aconseguir amb tres sistemes: per la camisa calefactors, per la temperatura generada per la compressió i cisalla de la massa durant el procés d'extrusió i, finalment, per injecció de vapor d'aigua a algun segment del cilindre extrusor. Mitjançant aquests escalfaments es produeix l'esterilització del producte i, a més es produeix una deshidratació i una reducció de l'activitat d'aigua.

El procés d'extrusió pot tenir efecte en les propietats dels aliments:

- a) Sobre la fracció de volàtils aromàtics:

Al ésser tractaments d'alta temperatura i temps curt (HTST), el seu efecte sobre el volàtils aromàtics no és molt intens. Tot i això, en sortir del encuny,

l'expansió de la massa provoca una sortida de gasos i de vapor d'aigua que poden arrossegar volàtils aromàtics.

b) Sobre el sabor:

Mols aliments extruïts són insípidos ja que existeix poc temps pel desenvolupament del sabor, i per això és habitual l'addició de sal o espècies després o durant l'extrusió.

c) Sobre el color:

Es produeixen reaccions de caramel·lització i enfosquiment no enzimàtic de Maillard que fan augmentar el color durant l'extrusió.

d) Sobre les propietats nutricionals dels aliments:

En general, l'esterilització per extrusió, en ésser un procés HTST no causa una gran degradació dels components nutricionals dels aliments, i manté les propietats nutricionals dels macrocomponents com proteïnes, greixos i hidrats de carboni, tot i que hi ha la possibilitat de certes reaccions de Maillard entre els grups carbonils dels sucres i els aminoàcids. El canvi més important que pot produir l'extrusió és la desnaturalització de les proteïnes però, també produeix variació en la solubilitat de la proteïna en aigua, alteració de la textura, millora de la digestibilitat i reducció de la lisina. Les pèrdues en vitamines són molt variables. Així en els cereals extrusionats a 154°C, es manté el 95% de la Vitamina B1, les pèrdues de Vitamina B2, B6, niacina i àcid fòlic són poc rellevants i, en canvi, les pèrdues de Vitamina C i β -carotè poden arribar a ser del 50% (35).

L'esterilització per extrusió té aplicacions a camps molt diferents com productes de confiteria, com pega dolça, xiclets, caramels, productes de cereals com cereals d'esmorzar, torrades, proteïnes vegetals texturitzades, obtenció de midons modificats, hidrolitzats de caseïnats, etc.

3.3.3.- Deshidratació per fluids supercrítics

Els fluids supercrítics tenen la propietat d'extreure components d'una mescla de forma selectiva. Si d'un aliment s'extreu l'aigua, es pot aconseguir l'estabilització microbiològica de l'aliment per reducció de l'activitat d'aigua i per tant, la deshidratació per fluids supercrítics és una tècnica de conservació, que permet obtenir aliments deshidratats d'una gran qualitat.

A la taula 9 s'inclouen les principals característiques de la deshidratació per fluids supercrítics.

Manteniment de les característiques nutricionals
No desnaturalització de components termolàbils
Condicions suaus de temperatura
Absència d'alteracions químiques
Selectivitat
Versatilitat
Absència de residus de dissolvents
Respecte mediambiental

Taula 9.- Característiques de la deshidratació per fluids supercrítics

Els fluids en condicions supercrítics mostren propietats intermèdies entre els líquids i els gasos. Una característica important és la compressibilitat que, conjuntament amb la baixa viscositat, alta difusivitat i baixa tensió superficial confereixen les característiques ideals pels fluids utilitzats a l'extracció supercrítica.

El diòxid de carboni és el fluid ideal ja que les condicions supercrítics de temperatura (31,1°C), pressió (72 atmosferes) i densitat (0,47 g/ml) per aquest gas són molt assequibles.

En relació als efectes sobre les propietats sensorials dels aliments, la deshidratació produeix modificacions en l'estructura i les característiques sensorials dels aliments. Aquests canvis estan relacionades amb els processos de deshidratació convencionals però, queden molt minimitzats en el procés de deshidratació per fluids supercrítics, ja que es treballa a temperatures pròximes a la temperatura ambient. El mateix és aplicable als possibles efectes sobre les propietats nutricionals dels aliments deshidratats per aquest procés.

3.3.4.- Escalfament no convencional (no òhmica)

En aquest grup de tecnologies tèrmiques s'inclou l'escalfament per altes freqüències, que són ones electromagnètiques en l'interval de 30 kHz a 300 GHz, entre les quals s'hi

troben les microones, les radiofreqüències i l'infraroig. Tanmateix, en aquest grup s'inclou l'escalfament dielèctric. Aquestes tecnologies permeten la conservació dels aliments mitjançant l'escalfament no òhmic. A la Figura 7 es mostra l'espectre electromagnètic i els intervals de longitud d'ona a on es troben els diferents tipus de radiació.

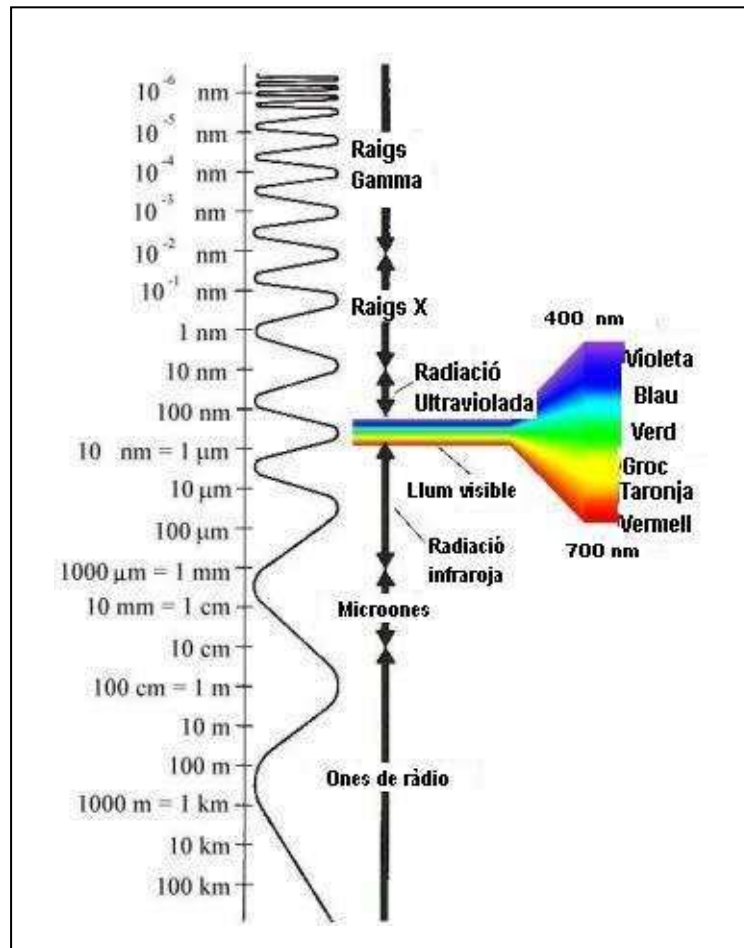


Figura 7.- Espectre electromagnètic

Les tècniques d'escalfament no convencional es basen en la interacció de la radiació electromagnètica de determinades longituds d'ona amb l'aliment en el qual, provoca vibració o rotació de les molècules, el que comporta una dissipació d'energia tèrmica que permet l'escalfament. Les radiacions de microones i de radiofreqüència tenen major poder de penetració en l'aliment, mentre que l'infraroig és una radiació de baixa penetració i produeix un efecte més superficial.

En l'interval de 30 kHz a 300 MHz, la radiofreqüència és idèntica a la radiació en microones en termes de escalfament, però té l'avantatge de que permet un escalfament

més uniforme en aliments de composició homogènia i sobre tot, un major poder de penetració, fet que permet la seva utilització per la pasteurització o esterilització de productes líquids. Així, la radiofreqüència s'utilitza submergint l'aliment en aigua amb el que s'aconsegueix una uniformitat en l'escalfament. Les aplicacions més importants són l'assecatge i l'escalfament de productes de pa, galetes, entre d'altres. (36).

La generació de calor per microones en els aliments, utilitzant com a freqüències per ús industrial 915 i 2450 MHz (per evitar interferències amb sistemes de telecomunicacions), es produeix per dos mecanismes: en primer lloc la conducció iònica provoca un desplaçament dels ions presents en l'aliment segons la direcció del camp elèctric altern degut a la radiació de la microona. En segon lloc, per rotació dels dipols que s'orienten en el camp elèctric d'elevada freqüència, i que genera fricció i calor. Degut al calor produït per la rotació i la fricció entre partícules, aquesta tecnologia s'anomena sovint escalfament volumètric (37).

L'ús de microones s'ha aplicat a la pasteurització i l'esterilització d'aliments (38). Altres aplicacions inclouen la descongelació, assecatge al buit, liofilització, assecatge, cocció, escaldat en carns, peix, llavors, grans de cereals, verdures, fruites, pasta, etc. (39).

Pel que fa a la radiació infraroja, aquesta produeix una certa vibració en els enllaços intra i intermoleculars de les molècules que formen part dels aliments, lo que comporta una fricció molecular i l'elevació de la temperatura.

Finalment, l'escalfament dielèctric és l'elevació de la temperatura que es produeix en un aliment quan està sotmès a un camp elèctric altern. El calor es genera per fricció deguda a la rotació de les molècules bipolars que s'orienten segons el camp altern d'elevada freqüència.

A la taula 10 s'inclouen les característiques principals d'aquestes tècniques.

MICROONES I RADIOFREQUÈNCIA
Escalfament volumètric
Rapidesa
Gran penetrabilitat
Elevada eficiència energètica
Falta d'uniformitat
Equips de cost elevat

INFRAROIG
Tractament uniforme
Estalvi energètic
ESCALFAMENT DIELÈCTRIC
Escalfament molt ràpid
Pèrdues baixes d'energia
Sobreescalfament local baix
Inactivació a temperatura subletal

Taula 10.- Característiques principals de les tècniques d'escalfament no òhmica

Les tècniques d'escalfament no òhmica poden exercir certs efectes sobre les propietats dels aliments (40, 41):

a) Sobre l'estructura i les característiques sensorials:

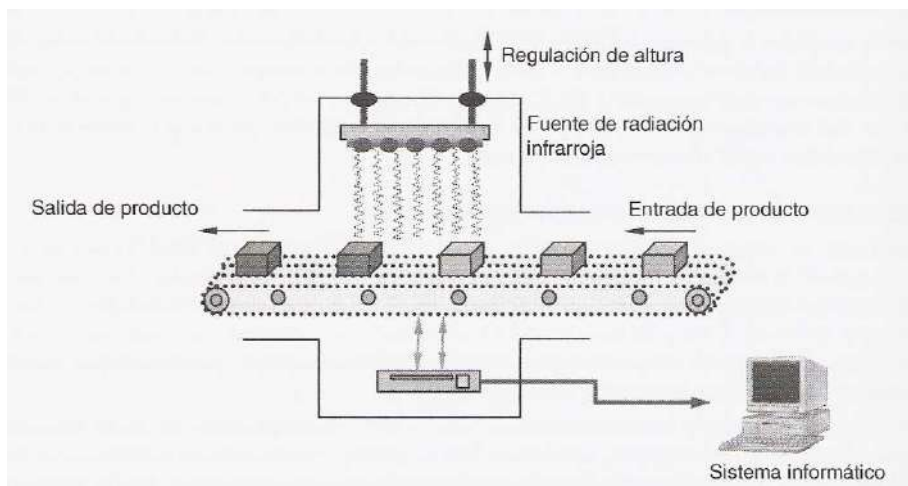
L'aplicació més ràpida i uniforme de l'escalfament volumètric generat per microones, radiofreqüència, infraroig o escalfament dielèctric produeix una millor qualitat sensorial en els aliments tractats amb aquestes tècniques, en relació a tractaments de pasteurització d'esterilització amb les tècniques convencionals.

b) Sobre les propietats nutricionals dels aliments:

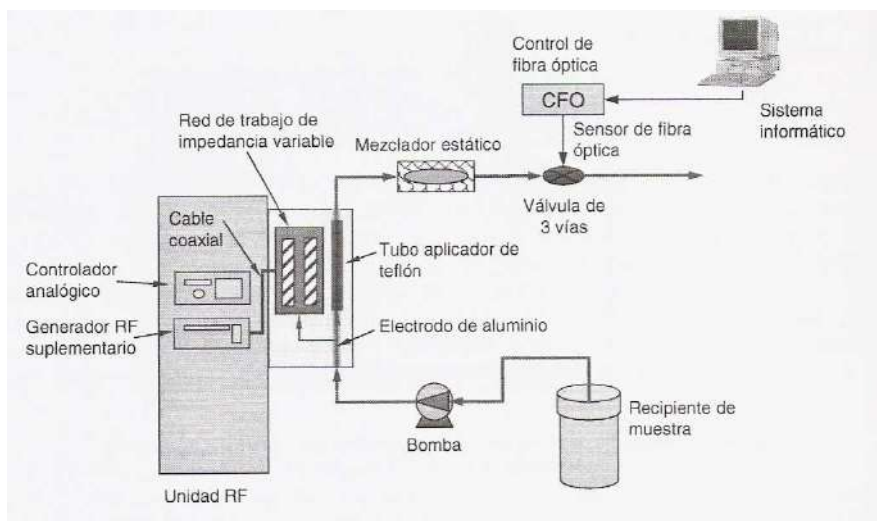
Les vitamines B1, B6 i C s'han utilitzat com a indicadores de canvis durant el procés amb les tècniques d'escalfament no òhmica i s'ha observat, que la termodegradació és comparable o, fins i tot inferior, a la que s'obté amb els mètodes convencionals.

A la figura 8 s'inclouen esquemes d'equips d'escalfament per radiofreqüència, de radiació infraroja i per microones.

(a)



(b)



(c)

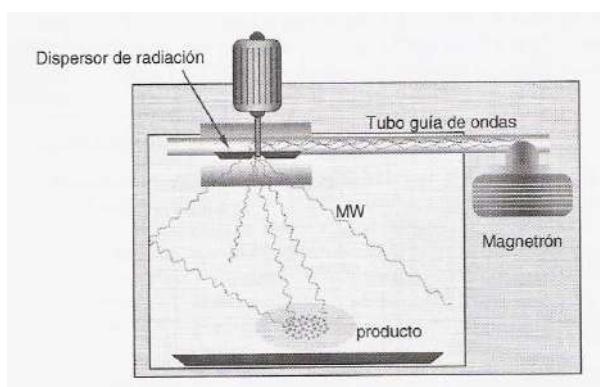


Figura 8.- Equipos d'escalfament continu de radiofreqüència (a), infraroig (b) i discontinu de microones (c) (17)

Com aplicacions industrials de les tècniques d'escalfament no òhmica podem citar la aplicació a escala pilot de la pasteurització de la llet amb radiofreqüència i en condicions de flux laminar, a fi d'establir la seva efectivitat sobre *Listeria* i *Escherichia coli*, amb bons resultats. També s'han fet estudis en productes carnis, en plats precuinats i en suc i begudes.

La radiació microones i la radiofreqüència s'utilitzen industrialment també per a la descongelació i la deshidratació d'aliments.

3.3.5.- Radiacions ionitzants

La història de la irradiació dels aliments va començar casi amb el descobriment de la radioactivitat. Al 1895, Roentgen descobreix els raigs X i al 1896, Becquerel la radioactivitat.

Al 1950 es van desenvolupar els primers programes de recerca en irradiació d'aliments i el primer ús comercial d'aliments irradiats va ésser al 1957, en la producció d'espècies a Alemanya. Tanmateix fa unes dècades les farinetes infantils es promocionaven com a aliments irradiats (veure Figura 9)



Figura 9.- Envàs de farinetes infantils irradiades

La irradiació d'aliments s'ha descrit com una tecnologia per reduir o eliminar bacteris patògens com *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocitogenes*, *Yersinia enterocolitica* etc., però aquest tractament sempre ha estat conflictiu per les seves suposades repercussions en la salut humana. Per aquesta raó és una de les tècniques més estudiades i investigades i, s'ha demostrat que és innòcua i compte amb l'aprovació de la OMS, la FAO i la IAEA, que han autoritzat les fonts de radiació per al tractament d'aliments, fonts que s'indiquen a la taula 11 (42, 43, 44).

Font de radiació	Energia (MeV)
⁶⁰ Co (Raigs γ)	1,25
¹²⁷ Cs (Raigs γ)	0,66
Raigs X	≤ 5
Acceleració electrons	≤ 10

Taula 11.- Fonts de radiació utilitzades per al tractament d'aliments i aprovades per la OMS, FAO i IAEA

D'aquestes fonts les més utilitzades són els electrons accelerats i els raigs gamma procedents del ⁶⁰Co. A la taula 12 s'inclouen les característiques del processament d'aliments per irradiació.

Possibilitat de tractar aliments envasats
Temps curts de processament
Alteracions funcionals reduïdes
Estabilització comparable a una pasteurització tèrmica
Canvis fisicoquímics reduïts
Conservació característiques sensorials i nutricionals
Efectivitat sobre formes vegetatives i espores

Taula 12.- Principals característiques de la irradiació d'aliments

Les radiacions ionitzants produeixen la disfunció cel·lular i la mort microbiana per danys a l'ADN i desnaturalització de les proteïnes. Els bacteris Gram negatius dels gèneres *Aeromonas*, *Proteus*, *Serratia* i *Vibrio* són molt sensibles a les radiacions ionitzants, els gèneres *Salmonella*, *Escherichia* i *Shigella* tenen una sensibilitat mitja i *Actinobacter* i *Moraxella* són els més resistents. Entre les Gram positives, les espècies de *Streptococcus* i de *Chlostridium* presenten una elevada resistència. Els fongs tenen

una resistència semblant a la dels bacteris no esporulats, els llevats una resistència intermèdia i els virus són els microorganismes més resistents a les radiacions.

Les tècniques d'irradiació poden tenir efecte sobre les propietats dels aliments (45, 46, 47):

a) Sobre l'estructura i les característiques sensorials:

La irradiació no provoca canvis en l'estructura dels aliments, però certes dosis de radiació poden produir olors estranys i dosis elevades poden decolorar els aliments.

b) Sobre les propietats nutricionals dels aliments:

Els components més sensibles a les radiacions ionitzants són els lípids, les proteïnes i les vitamines. La irradiació causa la radiolisi de l'aigua generant radicals lliures de gran poder oxidant, que ataquen els dobles enllaços dels àcids grassos poliinsaturats. La irradiació pot produir l'autooxidació si hi ha oxigen o bé, en absència d'oxigen, pot comportar descarboxilació, deshidratació i polimerització.

De forma similar als lípids, la fracció proteica pot ésser atacada pels radicals lliures produïts per la irradiació, donant lloc a reaccions de desaminació, descarboxilació, reducció de ponts disulfur, oxidació de grups sulfhidril, trencament d'enllaços peptídics, entre d'altres.

En relació a les vitamines liposolubles, la vitamina E és la més sensible a les radiacions ionitzants i les vitamines D i K són les més estables. Entre les hidrosolubles, la vitamina B1 és la més sensible i les altres vitamines del grup B son força estables a la irradiació.

Les radiacions ionitzants s'apliquen de forma industrial i/o experimental a diferents aliments com productes carnis, ovoproductes, peixos, marisc, fruites, espècies i vegetals deshidratats.

A la Unió Europea, la utilització de les radiacions ionitzants com a mètode de conservació dels aliments no està molt estesa. Les opinions favorables del Comitè Científic de l'Alimentació Humana sobre la irradiació de fruites, hortalisses, cereals, patates, condiments i espècies, peixos, mol·luscs, carns fresques, carn d'aus, i altres aliments van ser revisades i confirmades al 2003. Tot i el dictàmen del Comitè Científic, la llista positiva admesa només consta d'una categoria d'aliments, herbes aromàtiques seques, espècies i condiments vegetals. La utilitat de la irradiació per evitar els riscos microbiològics així com, la seguretat d'aquesta tecnologia per a la salut humana ha fet que molts organismes internacionals avalin el seu ús (48, 49).

3.3.6.- Radiacions ultraviolades

La radiació ultraviolada entre 200 i 280 nm no és una radiació ionitzant, però té propietats germicides conegudes des de fa molts anys, ja que produeix danys al ADN microbià i desnaturalització de les proteïnes.

A la taula 13 s'inclouen les característiques de la radiació ultraviolada.

No és radiació ionitzant
Permet el tractament continu
Temps curts de processament
Baix cost
Alta qualitat organolèptica
Baixa penetració
Afavoreix enranciments oxidatius
Efectivitat sobre formes vegetatives i esporulades

Taula 13.- Principals característiques de la radiació ultraviolada

Les tècniques de radiació ultraviolada poden exercir efecte sobre les propietats dels aliments. El principal problema és que poden generar hidroperòxids amb afectació de la fracció greixosa, i iniciar reaccions d'oxidació en altres molècules.

En relació a les aplicacions industrials, la radiació ultraviolada s'utilitza molt a la indústria alimentària per a la desinfecció de l'aigua, l'aire, superfícies d'instal·lacions, maquinària, estris i envasos. Pel que fa a aliments s'ha utilitzat per a controlar les alteracions fúngiques post-collita de fruites, en el processament de suc de fruita, i en la fotoactivació de vitamina D a la llet (50).

3.3.7.- Camps elèctrics polsats

Aquesta tecnologia consisteix en l'aplicació de polses de curta durada (microsegons) de camps elèctrics d'alta intensitat, superiors a 20kV, i a temperatura ambient. És aplicable a la inactivació de microorganismes i d'enzims i és una de les tecnologies no tèrmiques que s'està investigant més i que està adquirint un interès comercial més gran. Permet

reduir dràsticament la població microbiana a temperatures baixes, sense modificar la qualitat de l'aliment (51, 52).

A la taula 14 s'inclouen les característiques dels camps elèctrics polsats.

Permet el tractament continu
Temps curts de processament
Baix cost
Alta qualitat organolèptica i nutricional
L'efectivitat depèn de la conductivitat del medi
No produeix inactivació completa d'enzims acceleradors
No és totalment efectiu en espores
És aplicable a aliments líquids

Taula 14.- Principals característiques dels camps elèctrics polsats

L'aplicació de sèries de polsos d'alt voltatge i curta durada trenca les membranes cel·lulars de les formes vegetatives de bacteris, fongs i llevats. Per desestabilització de la bicapa lipídica i de les proteïnes de membrana, augmenta la permeabilitat de la membrana, es modifica la pressió osmòtica a l'interior i la membrana cel·lular es pot trencar, fenomen que es coneix com electroporació.

Els camps elèctrics polsats no produeixen modificacions sensorials sobre els aliments tractats i, en tot cas, són sempre menors als produïts per la pasteurització tradicional en suc i llet. Els camps elèctrics polsats s'han aplicat, a escala pilot, a aliments líquids com suc de fruita, llet, orxata, ou líquid, iogurt per augmentar la seva vida útil (53).

3.3.8.- Polsos de llum

Els polsos de llum consisteixen en centelleigs intensos de llum blanca d'ampli espectre que inclouen longituds d'ona des de 170 nm a l'ultraviolat fins a 2600 nm a l'infraroig, éssent la seva durada de microsegons. Aquesta aplicació de polsos produeix la inactivació dels microorganismes per alteracions en el seu ADN (54).

A la taula 15 s'inclouen les característiques dels polsos de llum

Radiació no ionitzant
Innòcua
Baix cost
Alta qualitat organolèptica i nutricional
No és aplicable a tots els tipus d'aliments
Baixa penetració
Efectiva contra bacteris, fongs, llevats, virus i espores
Es pot utilitzar radiació més energètica que amb tecnologia contínua

Taula 15.- Principals característiques dels polsos de llum

Pràcticament no s'han descrit efectes nocius sobre les propietats sensorials i nutricionals dels aliments tractats amb aquesta tecnologia (55). Es pot utilitzar per augmentar la vida útil de diferents aliments, però atès el baix poder de penetració, les aplicacions es limiten a tractament de superfícies o esterilització d'envasos. S'ha aplicat a fruites i altres vegetals, peix i marisc, productes carnis, lactis i ou líquid (56).

3.3.9.- Aigua electrolitzada i ozonització

L'aigua oxidant electrolitzada, produïda per electròlisi, s'utilitza pel rentat de fruites i hortalisses. És un tractament ràpid que s'ha demostrat efectiu en la reducció de patògens. Té dues aplicacions fonamentals a la indústria alimentària: com a solució esterilitzant quan s'empra aigua electrolitzada àcida procedent de l'ànode, o bé, com a solució desincrustadora o netejadora quan s'utilitza aigua electrolitzada alcalina procedent del càtode (57).

L'ozó és un oxidant fort i un desinfectant molt potent. S'utilitza per a la desinfecció d'aigües, d'estris i d'equips. També s'ha emprat en aliments com fruites i altres vegetals, espècies, productes lactis i ovoproductes (58).

3.3.10.- Biopreservació. Bacteriocines, cultius protectors i biofilms

Les bacteriocines són pèptids o proteïnes produïdes per bacteris que inhibeixen o eliminen altres bacteris i les més estudiades i conegudes són les produïdes per bacteris lactis. A la figura 10 s'inclou una classificació de les bacteriocines, que es divideixen en tres grups. El primer inclou pèptids petits com la Nisina i pèptids globulars com la Mersacidina. Al grup II hi pertanyen bacteriocines termostables i de petita mida i, finalment, el grup III inclou grans molècules termosensibles (17).

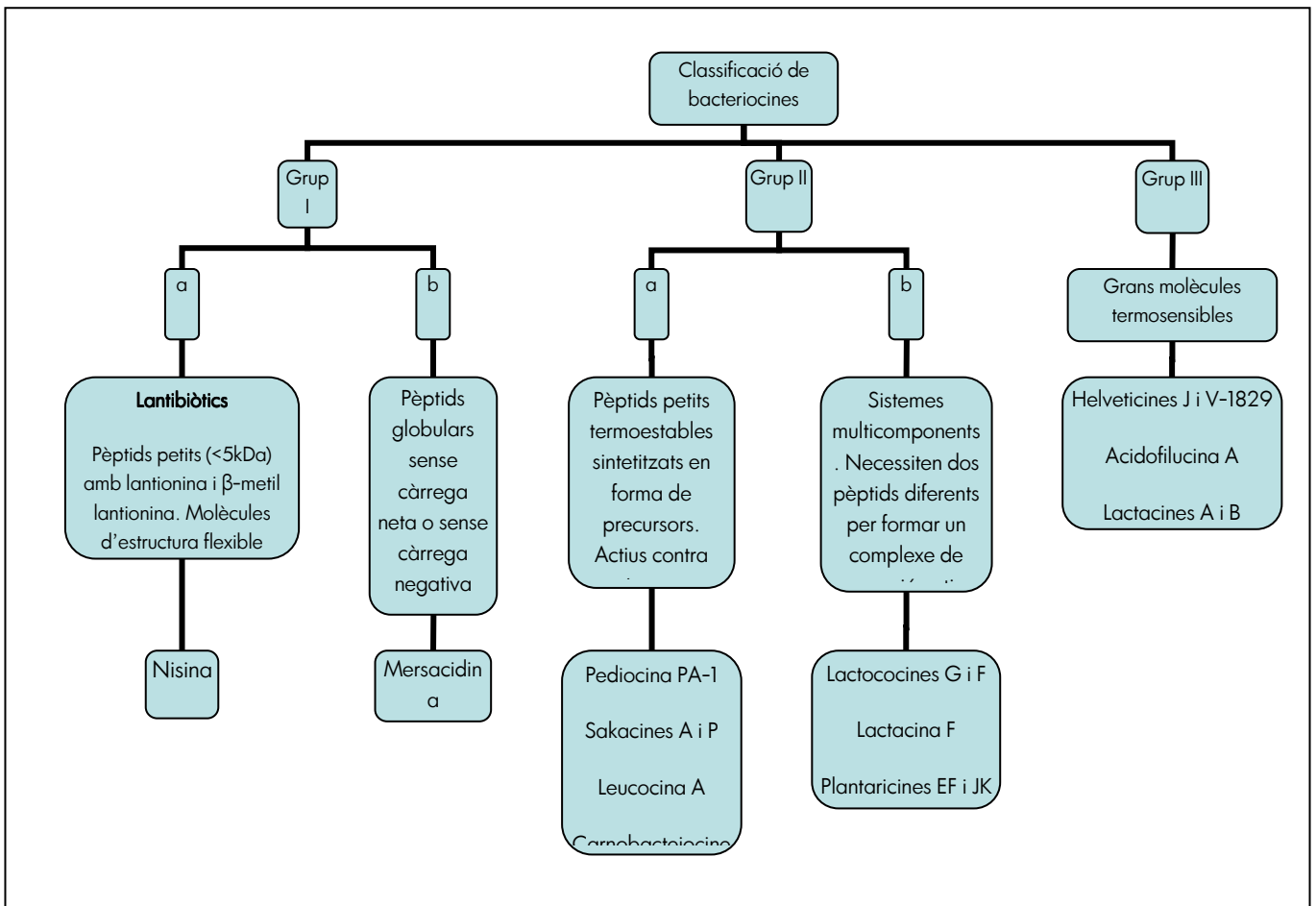


Figura 10.- Classificació de les bacteriocines

Les bacteriocines actuen produint porus a la membrana, alterant el potencial transmembrana i el gradient de pH, el que afavoreix la sortida a l'exterior del contingut cel·lular dels bacteris i la seva mort.

A la taula 16 s'inclouen les característiques de l'ús de les bacteriocines a la indústria alimentària.

Moltes són termostables
Efectivitat sobre bacteris: formes vegetatives i espores
Algunes són inestables durant l'emmagatzematge
Percepció de substància natural
Poden generar resistències
Poden interaccionar amb components dels aliments
S'inactiven per enzims proteolítics
Difusió limitada en matrius sòlides
Espectre d'activitat reduït

Taula 16.- Principals característiques de l'ús de les bacteriocines a la indústria alimentària

No s'han publicat efectes de l'ús de les bacteriocines sobre les característiques organolèptiques ni nutricionals dels aliments, o en tot cas positius per acció del microorganisme productor, que pot afavorir processos fermentatius.

En els darrers anys ha augmentat l'interès en l'ús de bacteriocines com a estratègia bioconservant, amb l'objectiu de donar resposta a la demanda dels consumidors de productes més segurs i, amb una menor utilització d'additius (59).

Com aplicacions industrials les bacteriocines s'han emprat per allargar la vida útil de suc de fruita i, per al control de *Listeria* en verdures i hortalisses. En productes lactis, la nisina, una de les bacteriocines més utilitzades produïda per *Lactococcus lactis*, i altres bacteriocines s'han utilitzat per evitar el creixement de *Clostridium* i *Listeria* en formatges i postres lactis. Està autoritzada per diferents productes a Europa, els Estats Units, Austràlia i Nova Zelanda (60, 61, 62).

També s'han descrit aplicacions combinades de bacteriocines amb altes pressions hidrostàtiques, o bé, amb camps elèctrics polsats, combinacions efectives sobre diferents agents patògens (63). Tanmateix, s'han utilitzat en peix i materials d'envasament especials, tipus pel·lícules de plàstic.

3.3.11.- Productes naturals. Olis essencials

Els olis essencials obtinguts de diferents materials vegetals dels grups dels terpens, fenols, esters, aldehids i cetones com el limonè, mentol, carvacrol, timol, eugenol, geraniol, perillaldehid, cinamaldehyd, àcid cinàmic, carvona, citral, acetats de geraniol i de eugenil, etc., tenen activitat bactericida sobre diferents microorganismes patògens com espècies de *Salmonella*, *Escherichia*, *Listeria*, *Staphylococcus* i *Bacillus*, i es poden utilitzar per a la conservació dels aliments (64).

A la taula 17 s'inclouen les característiques de l'ús d'olis essencials a la indústria alimentària.

Percepció de substàncies naturals
Productes ecològics
Activitat antimicrobiana variable
Modifiquen el perfil organolèptic de l'aliment
Baixa solubilitat en aigua
Interacció amb altres components de l'aliment
Elevat cost
Difusió limitada en matrius sòlides
Espectre d'activitat reduït

Taula 17.- Principals característiques de l'ús d'olis essencials a la indústria alimentària

Els olis essencials modifiquen el perfil sensorial dels aliments però no són molècules que puguin desnaturalitzar proteïnes o vitamines i, en conseqüència, no tenen efecte sobre les característiques nutricionals.

S'han descrit aplicacions dels olis essencials en fruites i vegetals, productes derivats de la farina, productes carnis, lactis i peix.

3.3.12.- Enzims: Lisozim. Sistema lactoperoxidasa. Peròxid d'hidrogen. Lactoferrina

El lisozim és un enzim amb activitat bactericida que es troba de forma natural en moltes secrecions mucoses com la saliva o les llàgrimes. També és abundant a la clara d'ou, d'on s'extreu comercialment. Aquest enzim actua sobre el peptidglicà de la paret cel·lular del bacteri, produint la seva hidròlisi.

L'aplicació més important del lisozim és la prevenció del creixement de *Clostridium tyrobutyricum* en formatges de pasta dura, però hi ha estudis d'aplicacions en fruites i verdures, productes lactis i carnis i vi (65).

El sistema lactoperoxidasa es troba de manera natural a la llet i una de les seves funcions biològiques es l'efecte bacteriostàtic en presència de peròxid d'hidrogen i tiocianat. L'enzim, en presència de peròxid d'hidrogen catalitza l'oxidació del tiocianat donant lloc a diferents productes, amb activitat antimicrobiana, com l'hipotiocianit. Aquests compostos oxiden els grups sulfhidrils de diferents enzims i d'altres proteïnes microbianes, així com, el NADH i el NADPH, pertorbant els sistemes de transport d'energia i aminoàcids o l'activitat dels enzims glicolítics (66).

El sistema lactoperoxidasa té una acció bacteriostàtica i/o bactericida sobre bacteris Gram negatius, catalasa positius. Els bacteris Gram positius són més resistents i només s'inhibeix el seu creixement.

Els efectes del sistema lactoperoxidasa sobre les propietats nutricionals dels aliments no són gaire coneguts, però pel seu mecanisme d'acció no és previsible una alteració de les vitamines o de la proteïna de l'aliment.

A nivell industrial, el sistema lactoperoxidasa s'ha utilitzat en el control de la microflora de la llet i per l'elaboració de formatge. Tanmateix s'ha proposat com una solució per el control de psicòtrofs en llet fresca i derivats com llet pasteuritzada, mantega, gelats i formatges, incloent patògens com *Listeria monocitogenes*, *Yersinia enterocolitica*, i *Bacillus cereus*.

L'activació del sistema lactoperoxidasa es pot realitzar addicionant peròxid d'hidrogen a la llet, però en molts països és una pràctica no permesa. Es pot produir a la pròpia llet addicionant glucosa oxidasa i glucosa, obtinguda per acció de la β -galactosidasa, obtenint un sistema d'esterilització continu en fred. (Figura 11).

El sistema lactoperoxidasa s'ha utilitzat en programes del tercer món per tal d'evitar els problemes de pèrdua de la cadena del fred des del munyit fins al consum de la llet fresca. Finalment, el sistema lactoperoxidasa també s'ha aplicat a suc de fruites i vegetals, i productes carnis i peix.

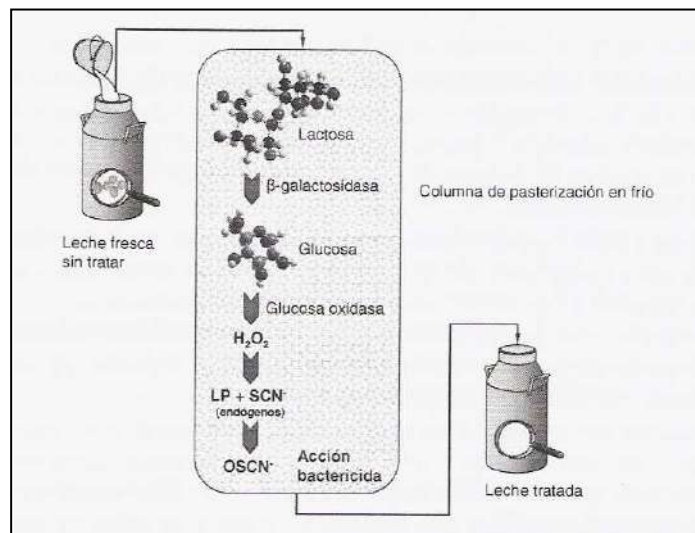


Figura 11.- Sistema de pasteurització en fred amb generació *in situ* d'H₂O₂ per activació del sistema lactoperoxidasa (17)

La lactoferrina és una glicoproteïna globular multifuncional de la família de les transferrines amb capacitat de fixar ferro (Fe⁺³). Té capacitat bactericida, fungicida i forma part del sistema defensiu de les mucoses dels mamífers. De forma natural està present a la llet, les llàgrimes i la saliva. El mecanisme d'acció antibacteriana no està totalment descrit, però es coneix que és necessària la unió de la lactoferrina a la membrana externa dels bacteris.

La lactoferrina, en ésser un pèptid petit no produeix efectes sobre les característiques organolèptiques dels aliments ni modifica el seu valor nutricional. La seva utilització ha estat principalment en el món carni.

3.3.13.- Sonicació. Ultrasons

Els ultrasons poden definir-se com ones acústiques no audibles d'una freqüència de 20 kHz, fins a 10 MHz. Les freqüències de 20 a 100 kHz produeixen la inactivació dels microorganismes (67).

El mecanisme d'inactivació consisteix en la desconfiguració de membranes per pressió i cavitació gasosa que explica la generació i evolució de microbombolles en un medi líquid. En els diferents cicles de pressió i expansió les microbombolles arriben a explotar alliberant tota l'energia acumulada, alterant l'estructura de les cèl·lules del seu microentorn, i produint un augment de la temperatura i de radicals lliures (68).

A la taula 18 s'inclouen les característiques de l'ús dels ultrasons a la indústria alimentària.

Aplicables en tractaments continus
Baix consum
Baix cost
Baixa efectivitat en espores
Associable a altres tractaments
No hi ha interaccions amb components dels aliments
Permeten inactivació d'enzims
Dependència de les propietats físiques del medi
Espectre ampli d'activitat
Percepció de procés natural

Taula 18.- Principals característiques de l'ús dels ultrasons a la indústria alimentària

Els ultrasons poden afectar la textura dels aliments, així com, el color i, pràcticament, no s'ha observat alteracions de les característiques nutricionals, excepte alguna reducció en la vitamina C.

Pel que fa a les aplicacions els ultrasons s'han emprat en llet, mel, fruites, vegetals, productes carnis i ovoproductes.

Per les seves limitacions, els ultrasons s'han utilitzat en combinació amb altres tècniques de conservació. Així, l'aplicació d'ultrasons i tractaments tèrmics suaus, a temperatures inferiors a 100°C, es coneix com termoultrasonicació, i la combinació amb altes pressions, inferiors a 600 MPa, es coneix com manosonicació. La combinació de les tres tecnologies s'anomena manotermosonicació (69).

3.3.14.- Fermentació

La fermentació és una tècnica que permet augmentar la vida útil dels aliments i s'utilitza des de fa milers d'anys. La producció durant la fermentació de molècules

bacteriostàtiques com etanol, àcids orgànics, bacteriocines, antibiòtics, etc., afavoreix l'estabilització microbiològica del producte fermentat

En els processos fermentatius es pretén eliminar la font de carboni/energia fàcilment metabolitzable d'un aliment, transformant-la en molècules amb activitat bacteriostàtica o bactericida com àcids orgànics dèbils o etanol.

A la taula 19 s'inclouen les característiques de la fermentació com a tècnica de conservació a la indústria alimentària.

Percepció de procés natural i saludable
Desenvolupament de nous productes
Poden originar components funcionals
Associable a altres tractaments
No hi ha interaccions amb components dels aliments
Permet millores en la qualitat sensorial
Permet millores en la qualitat nutricional
Espectre ampli d'activitat

Taula 19.- Principals característiques de la fermentació com a tècnica de conservació a la indústria alimentària

Els diferents tipus de fermentació produeixen compostos, per metabolització dels substractes, amb poder bactericida i/o bacteriostàtic. Aquests compostos, en generar-se d'una forma majoritària defineixen els tipus de fermentació: etanol a la fermentació alcohòlica, àcid làctic a la fermentació làctia, àcid acètic a la fermentació acètica i àcid propiònic a la propiònica. Avui dia l'ús de cultius iniciadors permet incrementar la utilitat d'aquestes tecnologies (70).

La fermentació modifica de forma important les característiques sensorials i nutricionals dels aliments fermentats en relació als originals. Es pot modificar la textura, l'aroma, el sabor i augmentar la seva digestibilitat per proteòlisi i hidròlisi de macrocomponents de l'aliment, metabolització de la lactosa, etc. Així, la textura i el sabor es modifiquen en el iogurt i les llets fermentades, hi ha canvis de sabor a les begudes alcohòliques (vi i cervesa), el vinagre etc. Moltes vegades aquestes modificacions en les textures, sabor, i aroma son molt més apreciades pel consumidor que els propis productes originals.

Al llarg de la història són nombroses les aplicacions de la fermentació com a tècnica per a perllongar la vida útil del molts aliments com vi, cervesa, llets fermentades (iogurt, kèfir etc), formatges, vegetals fermentats (adobats), carns (embotits, pernils etc), entre d'altres. A més, la fermentació pot ser utilitzada de forma combinada amb altres tècniques de conservació d'aliments.

3.3.15.- Tecnologia d'obstacles. Tractaments combinats

La tecnologia d'obstacles inclou combinacions de tecnologies tradicionals i emergents amb tractaments que, de forma individual resultarien subletals pels microorganismes però que, de forma conjunta, presenten una eficàcia elevada sobre microorganismes patògens i alterants.

La tecnologia d'obstacles ja ha estat utilitzada, de forma intuïtiva, en molts productes tradicionals. Així en el pernil curat es combina la baixa activitat d'aigua per l'assecatge, l'addició de sal amb la inoculació d'un cultiu bacterià per evitar el creixement d'altres microorganismes i, l'addició de nitrats/nitrits per evitar el creixement de *Clostridium*.

L'efecte de la utilització d'obstacles tradicionals i emergents pot ser sumatori dels efectes individuals o sinèrgic. L'objectiu, mitjançant reducció de les intensitats dels tractaments aplicats, és obtenir graus elevats d'inhibició de creixement de microorganismes i, alhora les modificacions mínimes en les característiques nutricionals i sensorials de l'aliment tractat (59).

A la taula 20 s'inclouen exemples d'associacions de diferents tècniques emergents recollides a la bibliografia.

Tècnica 1	Tècnica 2
Altes pressions hidrostàtiques	Processament tèrmic pH baix Antimicrobians (bacteriocines, lisozim) Atmosferes modificades Anhídrid carbònic
Camps elèctrics polsats	Tractament tèrmic pH baix Antimicrobians Altes pressions hidrostàtiques
Irradiació	Tractament tèrmic pH baix Antimicrobians Altes pressions hidrostàtiques

	Microones Baixa temperatura i atmosfera modificada
Ultrasons	Antimicrobians pH baix Altes pressions hidrostàtiques Baixa A_w
Olis essencials	Refrigeració Temperatura Antimicrobians (nisina) Atmosferes modificades
Bacteriocines	Antimicrobians Bacteriocines Envasament al buit
Antimicrobians	Sistema lacto-peroxidasa Temperatura

Taula 20.- Exemples d'associacions de diferents tècniques emergents recollides a la bibliografia (17)

A la taula 21 s'inclouen les característiques de la tecnologia d'obstacles com a tècnica de conservació a la indústria alimentària.

Dosis subletals
Conservació multiobjectiu
Percepció de procés natural
En molts casos efectivitat en termoresistents i espores
No hi ha interaccions negatives amb components dels aliments
Manté la qualitat sensorial
Manté la qualitat nutricional
Espectre ampli d'activitat
Efectes sinèrgics

Taula 21.- Principals característiques de la tecnologia d'obstacles com a tècnica de conservació a la indústria alimentària

S'han descrit aplicacions de la tecnologia d'obstacles, combinant tècniques tradicionals i emergents en fruites, vegetals, productes lactis, ovoproductes, begudes amb sucre, productes carnis i peix.

3.3.16.- Noves tendències d'envasament. Envasos actius

Les noves tecnologies d'envasament van més enllà que la simple protecció passiva de l'aliment i pretenen, a més a més, la inhibició del creixement de microorganismes d'una forma activa. La nanotecnologia permet obtenir materials molt prims, impregnats de diferents agents entre els que es troben substàncies antimicrobianes, antioxidants, etc.

S'han descrit moltes aplicacions de les noves tecnologies d'envasament destinades a augmentar la vida útil d'aliments com fruites, vegetals, productes carnis, peix, etc. A la taula 22 s'indiquen les característiques de les noves tecnologies d'envasament i a la taula 23 s'inclouen diferents aplicacions de les noves tecnologies d'envasament.

Nanotecnologia: Pel·lícules adaptades i de poc gruix
Envasos comestibles
Indicadors de temps i temperatures
Absorbents d'humitat
Manteniment de propietats nutricionals i sensorials
Sistemes d'absorció i d'alliberament d'aromes
Inhibidors de maduració
Antimicrobians, bacteriocines i enzims

Taula 22.- Principals característiques de les noves tecnologies d'envasament

Aplicació	Descripció
Bacteriocines	Immobilització de bacteriocines per desenvolupar envasos bioactius
Antimicrobians	Pel·lícules amb continguts bactericides o bacteriostàtics d'olis essencials, lisozim, sistema lactoperoxidasa, lactoferrina
Pel·lícules i recobriments comestibles i antimicrobians	Pel·lícules comestibles amb polisacàrids i proteïnes enriquides en antimicrobians convencionals i emergents
Biopolímers desenvolupats per nanocomposició	Biopolímers naturals desenvolupats a partir de polisacàrids i proteïnes per nanocomposició
Processament termoplàstic de proteïnes per la formació de pel·lícules	Termoprocessament de proteïnes vegetals i/o animals per extrusió o compressió, per l'elaboració de pel·lícules o recobriments
Antioxidants	Incorporació d'antioxidants o captadors d'oxigen. Sistemes enzimàtics (glucosa oxidasa-glucosa i alcohol oxidasa-etanol)
Emissors de CO ₂	Sistemes que creen condicions d'anòxia per alliberament de CO ₂
Inhibidors d'enzims de maduració	Absorbents d'etilè com carbó actiu, gel de sílice amb KMnO ₄ , Kieselguhr, bentonites, zeolites, ozò
Dessecants	Absorbents d'humitat com gel de sílice, propilenglicol, alcohol polivinílic, terra de diatomees
Precursors/inhibidors d'aromes, pigments, vitamines	Addició de substàncies que es comporten a la pel·lícula o recobriment com precursors d'aromes, o que inhibeixen l'alliberament d'aromes de l'aliment. Addició de pigments i vitamines
Indicadors de tractaments tèrmics	Molècules marcadores que indiquen el tractament tèrmic que ha sofert l'aliment i la seva durada

Taula 23.- Aplicacions de noves tecnologies d'envasament (17)

4.- Consideracions finals

Les tecnologies de conservació d'aliments més emprades tenen una llarga història d'ús, però hi ha la necessitat de millorar la conservació dels aliments ja que els requeriments del consumidor actual de disposar d'aliments més saludables, més frescos, més pràctics, per poder menjar o beure arreu i a qualsevol moment, però al mateix temps més segurs que mai i, si poden ser a un baix preu millor, constitueixen un repte per la indústria alimentària. Aquesta necessitat s'ha de resoldre a través de la recerca fonamental i del desenvolupament en les àrees de la química, la bioquímica i la microbiologia dels aliments i, òbviament, en l'àrea de la tecnologia de processos, en especial d'elaboració, envasament i conservació.

Els requeriments de la recerca per avançar en el coneixement de les complexes interaccions entre proteïnes, hidrats de carboni, lípids i altres components dels aliments, conjuntament amb el repte que suposa establir processos de conservació que mantinguin la integritat dels nutrients i les característiques sensorials dels aliments, al mateix temps que garanteixin la seva seguretat, mai ha sigut tant elevada com avui.

Davant d'aquests reptes en aconseguir aliments segurs, amb unes característiques de qualitat idònies i disponibles per la població arreu del món, els projectes de recerca en aquest àmbit no haurien d'estar influïts per la disminució de pressupostos en R+D que impliquen les circumstàncies econòmiques actuals. Els projectes de recerca en tecnologies emergents a llarg termini que es desenvolupen a les universitats i centres de recerca com són les tecnologies de altes pressions, els camps elèctrics polsats, els ultrasons, la radiació ultraviolada, la irradiació, els microones, les radiofreqüències etc., i la seva combinació amb diferents tècniques clàssiques, són la resposta actual a l'objectiu de la conservació d'aliments que la ciència ha tingut des del seu inici.

Definir els beneficis científics i pel consumidor dels aliments sorgits d'aquests processos requereix un gran nombre de assaigs i temps, el que significa que el mercat potencial d'aquestes tecnologies pot necessitar molt temps per emergir. Per tant durant aquest temps és imprescindible continuar amb el suport als avenços científics i tecnològics. La indústria alimentària ja està incorporant aquestes noves tecnologies basant-se en els resultats de la recerca que diferents grups estan efectuant en Universitats i Centres de Recerca. Aquestes tecnologies avui emergents s'aniran consolidant, abaratint el seu cost i essent recollides per les legislacions, fet que farà que, en un futur més o menys proper i, de manera gradual, siguin habituals en el món alimentari.

Les noves tecnologies tenen capacitat per produir els aliments segurs, més nutritius, frescos i mínimament processats, com el consumidor d'avui demana i, per tant, la recerca en l'aplicació d'aquestes tècniques ha de seguir avançant tant en l'àmbit de la seva efectivitat microbiana com en el de la seva innocuïtat i aplicabilitat industrial.

Com hem vist al llarg d'aquest discurs, la conservació dels aliments ha estat sempre un repte per la humanitat. Algunes fites es varen aconseguir de forma intuïtiva, però els coneixements que aportat la ciència han sigut i seguiran essent cabdals per trobar les millors tecnologies que permetin assolir els objectius de conservació d'aliments que a cada moment puguin sorgir.

Moltes gràcies.

5.- Bibliografía

1. Desrosier NW. The technology of food preservation. Westport EUA: Avi Publishing Co; 1963.
2. Aleixandre JL. Conservación de alimentos. Servicio Publicaciones, Universidad Politécnica de Valencia; 1997.
3. Casp A, Abril J. Procesos de conservación de alimentos. Madrid: A. Madrid Vicente y Mundi-Prensa Ed; 1999.
4. Gould GW. Mechanisms of action of food preservation procedures. Essex: Elsevier Science Publ; 1989.
5. Farkas J. Future trends in Food Technology; Novel Food and Transgenic Food. A review. Hannover: Symposium on Nutrition and Food Safety. 2000.
6. Shafiur RM. Manual de conservación de alimentos. Zaragoza: Ed. Acribia; 2002.
7. Jay JM. Modern Food Microbiology. New York: Van Nostrand Reinhold Co, Nova York; 1986.
8. Bourgeois CM. Microbiologie alimentaire. Vol 1. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Paris: Tec-Doc Lavoisier; 1996.
9. Zeuthen P, Bogh-Sorensen L. Food preservation techniques. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd; 2003.
10. Labuza TP. Effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. Food Technol. 1980; 34: 36-41.
11. Sokhansanj S, Jayas DS. Drying of foodstuffs. A Handbook of industrial drying. Vol. 1. New York: Marcel Dekker Inc; 1995.
12. Lund DB. Effects of blanching, pasteurization and sterilization on nutrients. A nutritional evaluation of food processing. Harris RS i Karmas E Eds. Nova York: AVI Publishing; 1975.
13. HEC, Healthy Eating Club, 2001 [Internet]. Food preservation methods, Stability of nutrients in foods. Disponible a <http://www.healthyeatingclub.org/info/articles/food-proc/food-pres.htm>. [Accés 31 de gener de 2012].
14. Gould GW. Preservation: Past, present and future. Br Med Bull. 2000; 56: 84-96.

15. Barbosa-Cánovas GV, Pothakamury UR, Palou E, Swanson B. Nonthermal preservation of foods. Nova York: Marcel Dekker Inc; 1998.
16. Soliva R, Martín O 2007. [Internet]. Nuevas tecnologías en la conservación de alimentos. Disponible a: <http://www.higienealimentaria.com/jornada020207/default.htm>. [Accés 15 d'abril de 2012].
17. Morata A. Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. Madrid: A. Madrid Vicente Ed; 2009.
18. Floros JD, Newsome R, Fisher W. Feeding the world today and tomorrow: The importance of Food Science and Technology. 2010, *Comprehensive Rev Food Sci Food Safety*. 2010; 0:1-28.
19. Bover-Cid S, Garriga M. Simulador HP³: Una herramienta de fácil uso para la predicción del efecto de las altas presiones. *Eurocarne*. 2012; 206: 62-67.
20. Nunes H, Grebol N. Las altas presiones, una realidad industrial al alcance de todas las empresas cárnicas. *Eurocarne*. 2011; 202: 54-59.
21. Smelt JPPM. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends Food Sci Technol*. 1998; 9: 152-158.
22. Trujillo AJ, Capellas M, Saldo J, Gervilla R, Guamis B. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products. A review. *Inn Food Sci Emerg Technol*. 2002; 3: 295-307.
23. Lopez Fandiño R, Carrascosa AV, Olano A. The effects of high pressure on whey protein denaturation and cheese-making properties of raw milk. *J Dairy Sci*. 1996; 79: 929-1126.
24. Zabetakis I, Koulentianos A, Orruño E, Boyes I. The effect of high hydrostatic pressure on strawberry flavour compounds. *Food Chem*. 2000; 71: 51-55.
25. Hugas M, Garriga M, Montfort JM. New mild technologies in meat processing high pressure as a model technology. *Meat Sci*. 2002; 62: 359-371.
26. Klepacka M, Porzucek H, Piecyk M i Salanski P, Effect of HP on solubility and digestibility of legume proteins. *Polish Food Nutr Sci*. 1996; 12: 41-49.
27. Polydera AC, Stoforos NG, Taoukis PS. Effect of high hydrostatic pressure treatment on post processing antioxidant activity of fresh Navel orange juice. *Food Chem*. 2005; 91: 495-503.
28. Agroindustria [Internet]. Disponible a: <http://agroindustriacarnica.blogspot.com.es/2010/04/bioencapsulacion-y-altas-presiones.html>. [Accés 25 de febrer de 2012].

29. Morales P, Calzada J, Nuñez M. Effect of high-pressure treatment on the survival of *Listeria monocytogenes* Scott A in sliced vacuum-packaged iberian and serrano cured hams. *J Food Prot.* 2006; 69: 2539-2543.
30. Garriga M, Grebol N, Aymerich MT, Montfort JM, Hugas M. Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life. *Innovative Food Sci Emerging Technol.* 2004; 5: 451-457.
31. Picart L, Thiebaud M, René M, Guiraud JP, Cheftrel JC, Dumay E. Effects of high pressure homogenization of raw bovine milk on alkaline phosphatase and microbial inactivation. A comparison with continuous short-time thermal treatments. *J Dairy Res.* 2006; 73: 1-10.
32. Bríñez WJ, Roig-Sagués AX, Hernández-Herrero MM, Guamis-Lopez B. Inactivation by ultrahigh pressure homogenization of *Escherichia coli* strains inoculated into orange juice. *J Food Prot.* 2006a; 69: 984-989.
33. Bríñez WJ, Roig-Sagués AX, Hernández-Herrero MM, Guamis-Lopez B. Inactivation of *Listeria innocua* in milk and orange juice by ultrahigh pressure homogenization. *J Food Prot.* 2006b; 69: 86-92.
34. Universidad de Huelva. [Internet]. Disponible a [http://www.uhu.es/prochem/wiki/index.php/K-Esterilizaci%C3%B3n_por_extrusi%C3%B3n_\(HTST\)](http://www.uhu.es/prochem/wiki/index.php/K-Esterilizaci%C3%B3n_por_extrusi%C3%B3n_(HTST)). [Accés 15 de febrer de 2012].
35. Athar N, Hartdacre A, Taylor G, Clark S, Harding R, McLaiughlin J. Vitamin retention in extruded food products. *J Food Composition Analysis.* 2006; 19: 379-383.
36. Tang J, Wang Y, Chow Ting Chan TV. Radio-frequency heating in food processing. Barbosa-Canovas GV, Cano MP, Tapia MS (eds). *A Novel food processing technologies.* Boca Ratón EUA: CRC Press; 2005; 501-524.
37. Ibarz A, Falguera V. Innovacions en l'enginyeria d'aliments. *Tecnologies emergents.* TECA. 2011; 13; 11-20.
38. Guan D, Gray P, Kang DH, Tang J, Shaper B, Ito K, Younce F, Yang TCS. Microbiological validation of microwave-circulated water combination heating technology by inoculated pack studies. *J Food Sci.* 2003; 68: 1428-1433.
39. Fito P, Chiralt A, Martin ME. Current state of microwave applications to food processing. Barbosa-Canovas GV, Cano MP, Tapia MS (eds). *A Novel food processing technologies.* Boca Ratón EUA, CRC Press; 2005; 525-537.

40. Valero E, Villamiel M, Sanz J, Martínez-Castro I. Chemical and sensorial changes in milk pasteurized by microwave and conventional systems during cold storage. *Food Chem.* 2000; 70: 77-81.
41. Lau Mh, Tang J. Pasteurization of pickled asparagus using 915MHz microwaves. *J Food Eng.* 2002; 51: 283-290.
42. OMS. La irradiación de los alimentos: Una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos. Ginebra; 1989.
43. Narvaiz P [Internet]. Disponible a <http://www.nutrinfo.com/pagina/info/irrad0.pdf>. [Accés 25 de març de 2012].
44. MP, 2001. Ministerio de la Presidencia. RD 348/2001 de 4 de abril por el que se regula la elaboración comercialización e importación de productos alimenticios e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes. BOE núm 82 pp 12825-12830.
45. Nouchpramoul K. Elimination of *Salmonella* in frozen shrimp by radiation treatment. *Food Irradiat News.* 1985; 8: 14-15.
46. Singh H, Lacroix M, Gagnon M. Post-irradiation chemical analyses of poultry. A review. Canadá: Health and Welfare; 1991.
47. Giroux M, Lacroix M. Nutritional adequacy of irradiated meat. A review. *Food Res Int.* 1998; 31: 257-264.
48. CAC 2003. General Standard for irradiated foods. Codex Stan 106-1983, Rev 1-2003. Roma; Codex Alimentarius Commission, 2003.
49. CDC 2010 [Internet]. Food irradiation. Centers for Disease Control and Prevention Disponible a <http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/foodirradiation.htm>. [Accés 25 de maig de 2012].
50. Sizer CE, Balasubramaniam VM. New intervention processes for minimally processed juices. *Food Technol.* 1999; 53: 64-67.
51. Quass DW. Pulsed electric field processing in the food industry. A status report. Palo Alto EUA: CR-109742. Electric Power Institute; 1997.
52. Señorans FJ, Ibáñez E, Cifuentes A. New trends in food processing. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2003; 43: 507-526.
53. Sanchez-Moreno C, De Ancos B, Plaza L, Elez-Martinez P, Cano MP. Nutritional approaches and health-related properties of plant foods processed by high pressure and pulsed electric fields. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2009; 49: 552-576.

54. Barbosa-Cánovas GV, Góngora-Nieto MM, Swanson BG. Nonthermal electrical methods in food preservation. *Food Sci Technol Int.* 1998; 4: 363-370.
55. Dunn J, Ott T, Clark W. Pulsed light treatment of food and packaging. *Food Technol.* 1995; 49: 95-98.
56. Dunn J. Pulsed light and pulsed electric field for foods and eggs. *Poultry Sci.* 1996; 75: 1133-1136.
57. Park H, Hung YC, Kim C. Effectiveness of electrolyzed water as a sanitizer for treating different surfaces. *J Food Prot.* 2002; 65: 1276-1280.
58. Rice RG, Farguar JW, Bollyky LJ. Review of the application of ozone for increasing storage times of perishable foods. *Ozone Sci Eng.* 1982; 4: 147-163.
59. Galvez A, Abriouel H, Lopez RL i Omar NB. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol.* 2007; 120: 51-70.
60. FSIS/USDA 2001. Food safety and Inspection Service. United States. Dept. Agriculture. Agency Response Letter GRAS Notice No GRN 00065 (Nisine), 2001.
61. MSC, 2002. Ministerio de Sanidad y Consumo. RD 142/2002 de 1 de febrero por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios así como sus condiciones de utilización. BOE núm 44 pp 6756-6799.
62. FSANZ 2007. Food Standards Australia and New Zealand. Application A565 – Nisin- extension of use as a Food Additive. Final Assessment Report, 2007.
63. Hereu A, Bover-Cid S, Garriga M, Aymerich T. La teoría de obstáculos como estrategia para incrementar la seguridad alimentaria en jamón curado loncheado. *Eurocarne.* 2010; 192: 52-59.
64. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. A review. *Int J Food Microbiol.* 2004; 94:223-253.
65. Bester BH, Lombart SH, Influence of lysozyme on selected bacteria associated with gouda cheese. *J Food Prot.* 1990; 53: 306-311.
66. Reiter B. The lactoperoxidase system. A Developments of dairy chemistry. Fox PF, (Ed). Londres: Elsevier APP Sci Publ. 1985; 3: 294-312.
67. Herrero AM, Romero de Avila MD. Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas. *Rev Med Univ Navarra.* 2006; 50: 71-74.
68. McClements DJ. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends Food Sci Technol.* 1995; 6: 293-299.

69. Knorr D, Zenker M, Heinz V i Lee DU. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends Food Sci Technol.* 2004; 15: 261-266.
70. Paul-Ross R, Morgan S, Hill C. Preservation and fermentation: past, present and future. *Int J Food Microbiol.* 2002; 79: 3-16.

DISCURS DE CONTESTACIÓ

de l'Acadèmic Numerari

Molt Il·ltre. Dr.....