

LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS. ALGUNAS NOTAS SOBRE SU DESARROLLO HISTÓRICO

Miguel Calvo Rebollar*

RESUMEN

El procesado de los alimentos ha dependido desde su origen del desarrollo de los medios materiales y luego del conocimiento científico. Así encontramos desde el desarrollo de la cocción cuando se dispuso de vasijas de cerámica en el Neolítico a los nuevos sistemas de envasado al disponer de plásticos con propiedades de barrera específicas. También ha dependido, en su desarrollo estructurado como Ciencia y Tecnología de los Alimentos, del desarrollo alcanzado por la Química, la Microbiología y la Bioquímica.

Esta dependencia, junto con la resistencia de los consumidores de todas las épocas a modificar un hábito tan importante como es la comida, ha producido, aún más que en otros campos, un desarrollo no lineal de la Ciencia y la Tecnología de los Alimentos, desde muchos siglos prácticamente sin cambios a las modificaciones casi explosivas en las últimas décadas.

SUMMARY

Food processing has been based from his origin on the development of available materials and of the scientific knowledge. Thus we find from the boiling of food in the Neolithic due to the development of pottery, to the new systems of packaging in the last decades with the manufacture of plastics with specific barrier characteristics. The structured development as Food Science and Food Technology as also depended on the development of Chemistry, Microbiology and Biochemistry.

This dependency, along with the resistance of the consumers of all the times to modify a part of the life as important as it is the food, has produced, more than in other fields, a nonlinear development of Food Science and the Technology, for many centuries practically without changes and with almost explosive modifications in the last decades.

INTRODUCCIÓN

Según las definiciones ya clásicas del Institute of Food Technologists de Gran Bretaña, la Ciencia de los Alimentos es la disciplina que utiliza las ciencias biológicas, físicas, químicas y la ingeniería para el estudio de la naturaleza de los alimentos, las causas de su alteración y los principios en que descansa el procesado de los alimentos, mientras que la Tecnología de los Alimentos es la aplicación de la ciencia de los alimentos para la selección, conservación, transformación, envasado, distribución y uso de alimentos nutritivos y seguros. En las propias definiciones se destacan tanto su carácter multidisciplinar como la interrelación entre Ciencia y Tecnología. El análisis de su historia, siquiera sea somero, permite ver como se entrelazan

los avances en las ciencias básicas, especialmente en bioquímica, y en la ingeniería para permitir su desarrollo. Es más, en muchos casos el desarrollo o la expansión de un proceso de tecnología alimentaria depende de progresos en otras áreas aparentemente tan alejadas como la metalurgia, la fabricación de vidrio o los avances en la industria de los plásticos.

La Tecnología de los Alimentos en sentido amplio, considerada como un conjunto de operaciones más o menos estructuradas destinadas a la modificación de las propiedades de los alimentos (independientemente de la correcta comprensión de los fenómenos implicados, subyacente en la definición del IFT), tiene su origen en el descubrimiento del fuego. Con él se pudo modificar el aroma y la textura de los alimentos cocinados, introduciendo a la vez un principio de tratamiento antimicrobiano y de conservación. Posteriormente, en el Neolítico, la aparición de la agricultura y de la ganadería permi-

tió contar con un suministro relativamente estable de materia prima, y dio lugar, probablemente por métodos de ensayo y error, a gran parte de los sistemas de procesado de los alimentos que aún utilizamos. Los avances más o menos simultáneos en otras tecnologías, particularmente la introducción de recipientes de cerámica, permitió tanto la cocción como la conservación en condiciones mucho mejores.

En los primeros registros históricos, en especial en los correspondientes a la civilizaciones mesopotámicas y egipcias, y en sus obras de arte, nos encontramos con que alimentos elaborados como el pan, vino, cerveza, aceite, vinagre y queso estaban ya disponibles varios milenios antes de nuestra era. También se utilizaban tecnologías como el secado, la cocción, la conservación con sal, etc. Esto implica que, aunque con una base empírica, ya se utilizaban tecnologías basadas en el calor, la reducción de la actividad de agua, los enzimas y los microorganismos.

* Tecnología de los Alimentos. Departamento de producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza.

LA ÉPOCA ROMANA

A la civilización romana se deben las primeras obras escritas de cierta extensión relacionadas con los alimentos, su elaboración y sus propiedades. Además difundieron por toda Europa, entre otras técnicas, el cultivo de la vid y la elaboración del vino, además de alimentos nuevos, procedentes de Oriente, como las gallinas, y consecuentemente los huevos y los «ovoproductos». En cuanto a la elaboración del aceite de oliva, aunque posiblemente se fundaran en técnicas incluso anteriores, desarrollaron molinos giratorios y prensas que se han estado utilizando durante 2.000 años casi sin variaciones. Por otra parte, las factorías de salazones alcanzaron tamaños suficientes para considerarlas verdaderas industrias, incluso con los criterios actuales.

Algunos escritores romanos, como Columella, en su *De Re Rustica* y el desconocido autor que en el siglo III escribió la obra *De Re Coquinaria* con la atribución a Apicius, reflejan algunas de las técnicas de conservación de alimentos utilizadas en su época. El segundo detalla los pasos a seguir para conservar carne fresca en vasijas que contenían miel, o una mezcla de vinagre y mostaza o miel con sal, mientras que el primero da recetas para la preparación de la carne de cerdo deshidratada y en salazón, así como para la fabricación del queso. Plinio, en su monumental *Historia Natural*, describe detalladamente diferentes alimentos y técnicas de procesado. Es especialmente notable su recomendación, que considera práctica habitual en su época, de escaldar las aceitunas con agua hirviendo antes de prensarlas, para obtener un aceite de mejor calidad. Posiblemente, aunque Plinio no lo supiera, la desnaturalización térmica de las lipasas era efectivamente un buen método para mejorar la calidad del producto, considerando la tecnología de molinos y prensas existente entonces.

LA EDAD MEDIA Y EL RENACIMIENTO

El avance fundamental en la Edad Media fueron las técnicas de destilación. El alcohol se obtuvo por primera vez en Europa, por destilación del vino,

en la escuela de medicina de Salerno, en el siglo XI. A mediados del siglo XIV, la destilación era ya una técnica practicada ampliamente para la obtención de productos de uso farmacéutico y de bebidas alcohólicas. Es de notar el empirismo subyacente a la práctica de estas operaciones, en ausencia del concepto de «temperatura», y por supuesto, de los medios para medirla. En época medieval, con el desarrollo de las ciudades, empieza también la producción industrial de alimentos que hasta entonces eran de fabricación fundamentalmente doméstica, como la cerveza, con la normalización incipiente de las calidades y de las composiciones. En la segunda mitad del siglo XV aparecen leyes sobre esos alimentos, como la normativa sobre la utilización del anhídrido sulfuroso (obtenido quemando azufre) en la conservación de la cerveza, prohibiéndolo en la ciudad alemana de Colonia y limitando su uso a «media onza por tonel» en Rothenburg.

La aparición de la imprenta fue clave, como en todas las facetas del saber humano, en la expansión de los conocimientos sobre las propiedades y sobre la modificación de los alimentos. El primer libro impreso sobre procesado de los alimentos, que equivale a lo que llamaríamos ahora un libro de cocina, fue el de *Platina* (1475), reeditado en sucesivas ocasiones en las décadas siguientes. También fueron impresos como incunables los clásicos latinos y varias obras medievales de carácter enciclopédico, en algunos casos con un contenido significativo de temas relacionados con los alimentos. Mención especial merece el libro *De Proprietatibus rerum*, de Bartholomeus Anglicus, escrito hacia 1240, que fue reimpresso varias decenas de veces, en distintos idiomas, en el primer siglo de existencia de la imprenta.

EL INFLUJO DE AMÉRICA

El continente americano aportó una serie de nuevos productos alimenticios, y en algunos casos también los procesos asociados para su procesado. Acosta (1590) describe en su obra la utilización como alimento del maíz y de la yuca (mandioca), así como las características de otros vegetales sudamericanos. El proceso de detoxificación de la

mandioca, algo que no tenía equivalente entre los materiales utilizados en alimentación en el Viejo Mundo, despertó el interés de otros estudiosos. Aunque de época más tardía, es notable, por su claridad y precisión, la descripción de ese mismo proceso que encontramos en el libro de Gumilla (1741) sobre las regiones del río Orinoco.

Desafortunadamente, la precisión en la descripción del procesado no tuvo lugar en todos los casos. El maíz llamó la atención de los españoles inmediatamente de su llegada a América. Sin embargo, en el viejo continente comenzó su difusión por Siria, posiblemente a través de mercaderes venecianos. En 1520 ya era popular en esa zona, y poco después también en Egipto. Hacia 1550 llegó hasta China. En Europa, la introducción fue más lenta, pero en el siglo XVIII y XIX era el alimento básico en muchas zonas. La utilización del maíz como si fuera trigo y no como se utilizaba en la América prehispana, es decir, sin el procesado en medio alcalino, con ceniza, para liberar la niacina, dio lugar a las epidemias de pelagra que afectaron a estas zonas. En este sentido, ya Casal, al describir la pelagra en su libro publicado póstumamente, menciona entre sus posibles orígenes la alimentación, y cita específicamente el hecho de que las personas que la padecen basan su dieta en el maíz.

El chocolate fue uno de los primeros alimentos del Nuevo Mundo en llegar a Europa, pero uno de los últimos en terminar con las propiedades con las que actualmente nos resulta más habitual. Casi inmediatamente después de la conquista de Méjico en 1517 por Cortés llegó a España, donde tuvo una gran aceptación. En el siglo XVII se difundió por toda Europa, pero siempre como bebida. En 1828 Van Houten consiguió extraer la manteca del cacao por prensado. En 1842, el inglés John Cadbury fabricó por primera vez el chocolate en forma sólida, para comer como tal, y en 1876, Daniel Peter fabricó por primera vez chocolate con leche.

También el fenómeno de los «alimentos viajeros» se produjo a la inversa. Pueden considerarse representativos los casos del trigo y de la caña de azúcar, que llegaron a América en los últimos años del siglo XV y primeros años del XVI.

SIGLOS XVII Y XVIII

El mayor aporte del siglo XVII a la Tecnología de los Alimentos es posiblemente el desarrollo por Papin de su famosa marmita (y especialmente de su eficiente válvula de seguridad), que permitía la cocción a presión mayor que la atmosférica, y consecuentemente a temperaturas de más de 100 °C. Sin embargo, su aparato no tuvo casi trascendencia práctica inmediata. La aplicación propuesta por el inventor, la cocción de huesos, daba lugar a una disolución en agua de gelatina y poco más, casi sin valor nutritivo, en contra de las exageradas reivindicaciones de su creador. Otras aplicaciones del autoclave, como la utilización en la industria conservera o en el cocinado doméstico, deberían esperar hasta el siglo XIX.

Por otra parte, el examen de los materiales alimentarios permitió el aislamiento de algunos de sus componentes. En 1619, Fabrizio Bartoletti aisló la lactosa de la leche. Posteriormente, Glauber aisló la fructosa de la miel y Grimaldi separó el gluten de la harina de trigo.

En el siglo XVIII, especialmente en su segunda mitad, nos encontramos con la descripción detallada de los procesos de transformación de los alimentos, y con el inicio de su racionalización, gracias a los progresos de la física y la química. Los estudios de Marggraf sobre la remolacha le llevaron a reconocer en 1747 la presencia en ella de un azúcar idéntico al de la caña de azúcar. La continuación de los estudios sobre el procedimiento de extracción y, sobre todo, los de carácter agronómico, permitieron a su discípulo Acharad poner en funcionamiento en 1802 una fábrica azucarera en Cunern (Alemania), publicando el mismo año los resultados de su estudio. Hay que resaltar que Acharad se preocupó en encontrar aplicaciones para todos los subproductos del proceso. También hay que destacar la obra de Parmentier, conocido sobre todo por su difusión de la patata en Francia, pero que en 1784, el mismo año que publicó su famoso «Examen Chimique de la Pomme de Terre», publicó también un notable estudio sobre panadería. También la leche fue objeto de su interés en años posteriores. En 1780, Carl W. Scheele demostró que la lactosa, conocida desde más de un siglo antes, era también un

azúcar. Este mismo investigador aisló en 1784 el ácido cítrico del jugo de limón. Otras sustancias que también aisló y estudió fueron el glicerol, el ácido láctico y el ácido tartárico.

Por otra parte, la tecnología mecánica experimentó un notable avance, que se tradujo en la construcción, por ejemplo, de molinos más eficientes, con sistemas mecánicos de transporte, o en el desarrollo de la prensa hidráulica por J. Bramah, en 1795.

SIGLO XIX. LA CONSERVACIÓN POR EL CALOR

El descubrimiento de Nicolas Appert, la conservación de los alimentos por calentamiento en recipientes cerrados, marcó un hito en los anales de la Tecnología de los Alimentos. Appert comenzó a trabajar en su método en 1795, en una pequeña fábrica situada en Massy, en las afueras de París, utilizando recipientes de cristal cerrados con tapones de corcho, que calentaba en baños con agua hirviendo. Ya desde 1803, las conservas se destinaban fundamentalmente al aprovisionamiento de la marina de guerra francesa, aunque también se vendían al público. La fábrica mantuvo la actividad de su fundador hasta 1933.

La eficacia de su método le valió a Appert una recompensa de 12.000 francos del Estado francés, (atribuida directamente, no como resultado de ningún concurso, como se lee con sorprendente frecuencia incluso en obras especializadas) con la condición de que publicara sus procedimientos, lo que hizo en 1810. Seguro de su ventaja frente a potenciales competidores, incluyó en su libro todos los pormenores, también las recetas que consideraba más adecuadas para cada tipo de alimento. Y algunos detalles fundamentales, que no todos sus imitadores tuvieron en cuenta: La importancia de la calidad de las materias primas y de la limpieza de materiales y recipientes.

Unos meses después de la publicación del libro de Appert, el británico Peter Durand propuso la utilización de recipientes metálicos, con recubrimientos y cierres de estaño, en una patente de un procedimiento de fabricación de conservas que en el resto era un simple plagio de la obra de Appert. Pero la

idea de los recipientes metálicos era especialmente valiosa, y en 1811 Donkin y May establecieron en Inglaterra la primera fábrica de alimentos enlatados. En 1818 Durand hizo lo mismo en Estados Unidos, aunque fue Underwood, en 1821, el que verdaderamente consiguió el desarrollo comercial del proceso. En 1822, Joseph Moulin, de Nantes (Francia) empezó a comercializar sardinas en aceite enlatadas.

Sin embargo, la utilización amplia y con éxito del método de conservación por medio del calor no fue acompañada por una interpretación adecuada de las causas de esa eficacia, que por ejemplo Gay-Lussac atribuyó a la ausencia de oxígeno, producida en su hipótesis por la expulsión del aire durante el calentamiento y por la reacción del oxígeno restante con componentes de los alimentos. En este caso nos encontramos con un ejemplo de cómo una interpretación errónea de un fenómeno resulta sumamente perjudicial para el desarrollo de un método muy prometedor, que por esto progresó lentamente durante décadas. La observación de que un aumento de la temperatura mejoraba los resultados y, sobre todo, permitía disminuir el tiempo de tratamiento, hizo que se utilizaran baños de soluciones salinas en lugar de agua, o incluso el calentamiento directo a la llama, con los riesgos de explosión que implicaban estos sistemas, pero no autoclaves. La fábrica de Appert incluso disponía de autoclaves, pero se utilizaban exclusivamente en el cocinado previo de la carne que se enlataba. Hasta mediados de la década de 1840 no empezaron a utilizarse en la esterilización de las latas, y no se hicieron de uso general para esta aplicación hasta la década de 1870, tras los trabajos de Pasteur.

En España, la introducción de estas técnicas fue relativamente tardía. El libro de Appert no se publicó como tal en castellano, aunque sus ideas encontraron eco en un libro escrito por un autor que desconocemos, con las iniciales «D.J.A. y L.», y que fue publicado en Barcelona en 1832. La primera fábrica de conservas, dedicada a embotar melocotones, fue instalada en Logroño, en 1848, por Prudencio Trevijano. Pronto fue seguida por otras, y 15 años después el conservero era ya un sector con cierta importancia económica, con 20 fábricas en España.

HISTORIA NATURAL DE CAYO PLINIO SEGUNDO.

Traduzida por el Licenciado Geronimo de Huerta, Medico de su Magestad, y Familiar del santo Oficio de la Inquifision.

Tampliada por el mismo con Escolios, y Anotaciones, en que declara lo oscuro, y dudoso, y añade lo no sabido hasta estos tiempos.

DEDICADA
Al Catolico Rey de las Españas don FELIPE QVARTO nuestro Señor;
T O M O S E G V N D O.



Año

1629

*Singula dum lustrat, fulgentes reddidit orbis:
Percutit, illuminat, his nocet, illa solet.*

CON PRIVILEGIO.

EN MADRID, Por Iuan Gonçalez.

QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

Con el desarrollo de la química a finales del siglo XVIII, se dispuso de las herramientas necesarias para el estudio detallado de todos los materiales, incluidos los alimentos. Chaptal, químico francés, realizó aportaciones notables, especialmente en el aspecto de la química de los alimentos, primero en su libro de 1807 sobre la fabricación del vino (incluyendo la operación de adición de azúcar al mosto, en el proceso conocido todavía como «chaptalización») y luego en su tratado de química agrícola, publicado en 1823. En la práctica, intervino en la instalación de las primeras fábricas de azúcar de remolacha en Francia en 1811.

Ante un conjunto de conocimientos que ya empezaba a estar sistematizado en cierta forma, podía plantearse su transmisión ordenada en la docencia universitaria. En 1806, en la Universidad de Praga, Steinmann comenzó a impartir el primer curso de lo que puede considerarse como Química de los Alimentos.

En el campo del análisis, Accum, un químico con intereses en diversos campos, desde la mineralogía al alumbrado por gas, pasando por la fabricación de la cerveza, realizó un estudio detallado de los alimentos consumidos entonces en Inglaterra. Aunque ya antes se había alertado, también en España, de la adulteración y de la contaminación de los alimentos por sustancias peligrosas, como los compuestos de plomo, los resultados de Accum, publicados en 1820, pusieron ante los ojos del público y de las autoridades un grado de adulteración tan extenso como insospechado e inaceptable. Para él, las calderas de los cerveceros ingleses eran semejantes a la de las brujas de Mackbet. A los hechos denunciados se unió para conseguir un gran impacto emocional la tantas veces repetida frase del frontispicio de la primera edición de su libro *There is Death in the pot* (tomada de la Biblia), y el hecho de que incluyera los nombres de muchas de las personas condenadas judicialmente en Inglaterra por adulteración de alimentos. Desde el punto de vista científico, los detallados métodos de control que incluye para los principales adulterantes son particularmente valiosos. Su libro puso sobre la mesa la necesidad de establecer sistemas rigu-

Fig. 1. Portada del tomo segundo de la primera edición en castellano de la «Historia Natural» de Cayo Plinio Segundo, impreso en Madrid en 1629.

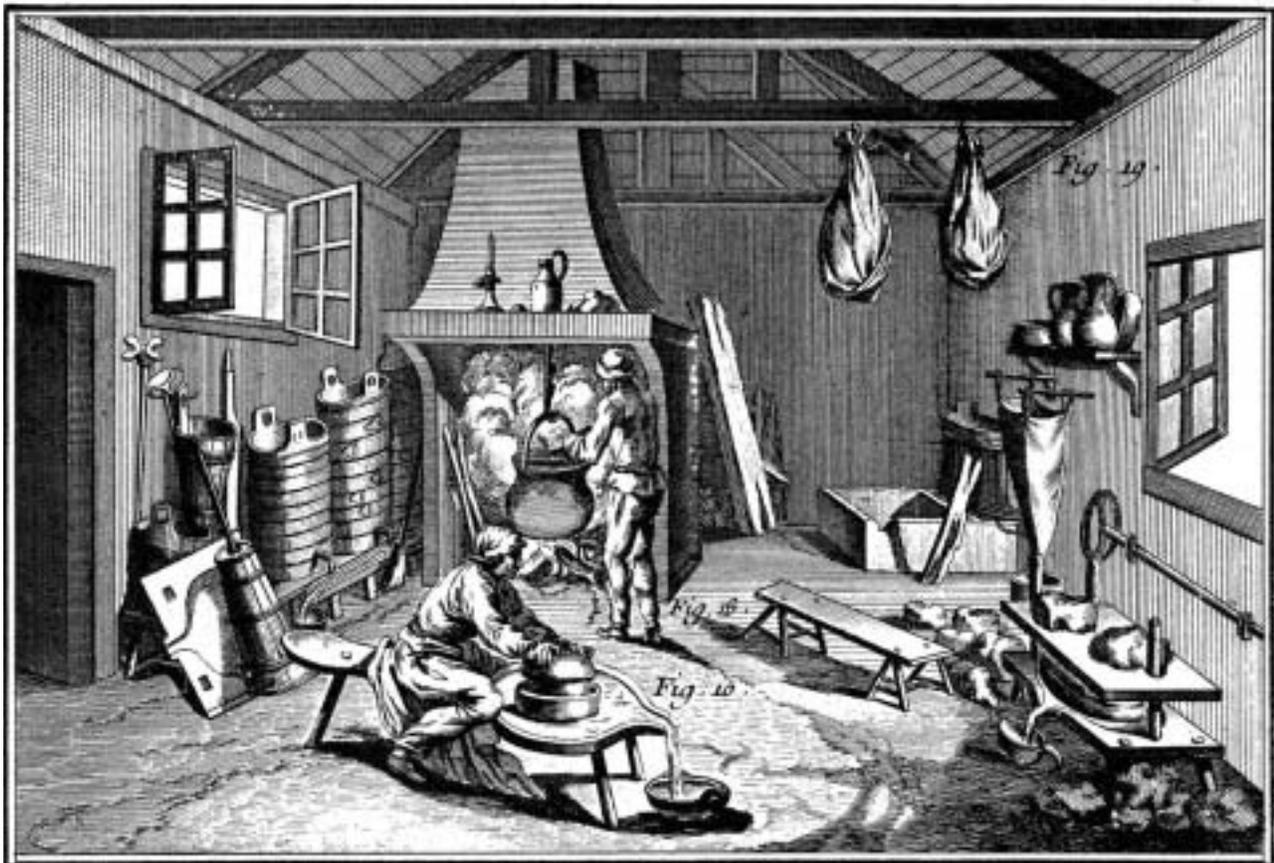


Fig. 2. *Fabricación de queso de Auvernia en 1768, según la Enciclopedia de Diderot y D'Alembert.*

rosos de control, que los avances de la química habían hecho posibles. También, en obras posteriores, demostró que la química podía aplicarse a la comprensión de los fenómenos que tienen lugar en el procesado de los alimentos.

A partir de 1811, el francés Chevreul realizó una serie de estudios sobre las grasas, logrando avances fundamentales en este campo, publicando sus resultados en forma de libro en 1823. Descubrió y puso nombre a los ácidos grasos esteárico y oleico, así como la estructura de los triglicéridos, planteando además el mecanismo de la saponificación. Sus trabajos permitieron también el desarrollo de industrias no alimentarias, como la fabricación de jabones, velas, etc.

En 1831 el científico francés Dumas publicó un método de medida del nitrógeno (y por lo tanto del contenido de proteína) fiable y relativamente sencillo, que sin embargo quedó casi olvidado. El método que se convirtió en referencia, y que todavía se utiliza extensa-

mente, es el desarrollado muy posteriormente por Johan Kjeldahl, en 1883, en Copenhague.

Justus von Liebig, profesor de la Universidad de Giessen (Alemania) entre 1824 y 1852, trabajó en distintos aspectos de la química orgánica, especialmente en su relación con la fisiología, los alimentos y la agricultura. Uno de sus aportes básicos fue la clasificación de los componentes de los alimentos en grasas, carbohidratos y proteínas, distinguiendo sus distintas funciones en el organismo. Pero otro aporte fundamental fue la difusión del convencimiento de que los métodos de la química podían aplicarse a los materiales sumamente complejos que forman los seres vivos. Escritor prolífico, publicó muchos trabajos relevantes con contenidos de química de los alimentos. Sus «Chemische Briefe», «Cartas sobre la Química», publicadas en 1844, se difundieron inmediatamente por todo el mundo, traducidas a los principales idiomas, incluido el español. Liebig hizo un gran

énfasis en el valor nutritivo de las proteínas de la carne, y, ante las dificultades del transporte en su época, inventó un método para obtener un «extracto» que fuera fácil de conservar. Previo acuerdo con Liebig, Georg Giebert, un ingeniero inglés, puso en marcha en 1862 una fábrica de este «extracto de carne Liebig» en Fray Bentos, en Uruguay. En poco tiempo, se fueron instalando fábricas en otros lugares, hasta desarrollarse como gran empresa multinacional.

En los países más desarrollados se hizo evidente la necesidad de crear instituciones que con su investigación apoyaran al desarrollo de la industria alimentaria. En 1867 se fundó en Alemania el Berliner Zuckerinstitut, para apoyar la industria del azúcar de remolacha. En 1881 pasó a formar parte de la Escuela Universitaria de Agricultura y posteriormente de la Universidad de Berlín. Todavía es un centro de investigación de referencia sobre este tema.

En 1879, C. Falhberg, que trabaja-



Fig. 3. Ilustración de la obra de José Gumilla «El Orinoco Ilustrado» (tomo 2 de la edición de 1791), en el que aparece un grupo de nativas americanas procesando la mandioca para eliminar su toxicidad. La mayor parte de las «vestiduras» corresponden en realidad a tachaduras en tinta de escribir realizadas por la censura de la época.

ba en la Johns Hopkins University, descubrió accidentalmente el sabor extremadamente dulce de un compuesto al que, por eso, decidió llamar «saccharin». Era la primera (y durante medio siglo, la única) de una serie de sustancias, descubiertas casi todas de forma accidental, que servirían para sustituir el azúcar, primero en épocas de escasez (la sacarina se popularizó durante la Primera Guerra Mundial) y luego en alimentos dulces bajos en calorías.

LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Algunos avances de la física y de la ingeniería, como la producción industrial de frío, fueron también de gran importancia en la Tecnología de los Alimentos. La utilización para la refrigeración de alimentos de la nieve y el hielo acumulados en invierno en depósitos especiales data posiblemente de hace 3.000 años, y hacia el año 1100 estaba bastante generalizada en el Medio Oriente islámico. Desde principios del

siglo XVIII algunos barcos pesqueros británicos estaban equipados con tanques de hielo, lo que permitía conservar el pescado durante su transporte hasta el puerto, pero a nivel global representaban poco más que una anécdota. A partir de la invención por Carl von Linde, hacia 1875, de la máquina de refrigeración con un compresor de amoníaco movido por una máquina de vapor, se pudieron desarrollar los sistemas a gran escala de refrigeración y congelación. En 1876, bajo los auspicios de Charles Tellier, el barco «Le Frigorifique», bautizado para la ocasión con un neologismo que luego quedaría en el idioma francés, y pasaría al castellano ligeramente modificado, cruzaba el Atlántico desde Sudamérica con un cargamento de carne congelada. En pocos años, los buques equipados con cámaras frigoríficas transportaban hacia Europa enormes cantidades de carne congelada procedente de Argentina y de Australia. Desde 1881 también empezó a transportarse mantequilla y queso refrigerados desde Australia a Gran Bretaña.

Por estos años también se aplicaron a los alimentos los procesos de deshidratación artificial y la concentración por evaporación a presión reducida. Esto permitió el desarrollo de productos como la leche condensada, primero en Estados Unidos, a partir de los trabajos de E. N. Horsford en 1849, y a partir de 1866, año en el que Henri Nestlé puso en marcha una fábrica en Suiza, también en Europa. La fabricación de mantequilla también experimentaría poco después una revolución, en este caso por la introducción de la primera máquina desnatadora centrífuga, en 1877, por Gustav de Laval.

Sin embargo, esto no era suficiente para asegurar el suministro de este alimento, especialmente a bajo precio, al creciente proletariado urbano. Los problemas en el suministro de mantequilla llevaron al gobierno de Napoleón III, en Francia, a encargar en 1867 directamente a Hippolyte Meges-Mouries la obtención de un producto barato que pudiera sustituirla. En 1869 tenía disponible una mezcla de grasa de sebo de vaca, leche y agua emulsionada que llamó «margarina», de la palabra griega «margaron», perla. Las circunstancias políticas y económicas de Francia llevaron a la quiebra a la fábrica de Meges-Mouries, pero los hermanos Jurgen, fabricantes de mantequilla de la peque-

ña ciudad holandesa de Oss recuperaron el invento (y al inventor) para su empresa, de donde se extendió rápidamente. El descubrimiento en 1897 por P. Sabatier y J. B. Senderens de la hidrogenación de los dobles enlaces utilizando níquel como catalizador, y la inmediata aplicación a las grasas insaturadas por W. Norman en 1902, contribuyeron al desarrollo de nuevas margarinas, con aceites vegetales hidrogenados como componentes fundamentales, que se empezaron a comercializar hacia 1910.

Por otra parte, en la década de 1880 se pusieron en funcionamiento las primeras máquinas para la fabricación automatizada de latas, que en la década siguiente llegaron a su apogeo. En 1892 se patentó el tapón corona, otro avance, aparentemente insignificante, pero con enorme trascendencia futura en el envasado de los alimentos. Con estos desarrollos, la industria alimentaria se incorporaba plenamente a la producción masiva.

LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

La Ciencia y la Tecnología de los Alimentos deben a Pasteur en primer lugar el paso fundamental del establecimiento del papel de los microorganismos como agentes causales de la alteración de los alimentos, además de aportes concretos también fundamentales en distintos campos, como las fermentaciones. Aunque no estaba directamente interesado en ese campo, se introdujo en él por la petición de ayuda, en el verano de 1856, de M. Bigo, dueño de una destilería. A partir de diciembre de 1857, Pasteur publica una serie de artículos sobre la fermentación, que culminan en su gran obra publicada en 1860. En ellos Pasteur describe los detalles químicos de las fermentaciones alcohólica y láctica, incluyendo la producción de componentes menores pero relevantes desde el punto de vista de las propiedades organolépticas de las bebidas, como el glicerol y distintos ácidos orgánicos.

Sus trabajos, publicados en forma de libros, sobre la fabricación del vino (1866) y posteriormente sobre la de la cerveza (1876), fueron fundamentales para el avance de estas industrias en Francia. En el primero de ellos intro-

A
TREATISE
ON
ADULTERATIONS OF FOOD,
AND CULINARY POISONS.

EXHIBITING

The Fraudulent Sophistications of
BREAD, BEER, WINE, SPIRITOUS LIQUORS,
TEA, COFFEE, CREAM, CONFECTIONERY,
VINEGAR, MUSTARD, PEPPER, CHEESE,
OLIVE OIL, PICKLES,
AND OTHER ARTICLES EMPLOYED IN DOMESTIC ECONOMY.

AND

METHODS OF DETECTING THEM.

By Fredrick Accum,
OPERATIVE CHEMIST, AND MEMBER OF THE PRINCIPAL
ACADEMIES AND SOCIETIES OF ARTS AND SCIENCES
IN EUROPE.

Philadelphia:
PRINTED AND PUBLISHED BY AB'M SMALL.
1820.

Fig. 4. Portada de la tercera edición (la primera americana) de la obra de Accum sobre la adulteración de los alimentos, publicada en 1820, el mismo año que las dos anteriores.

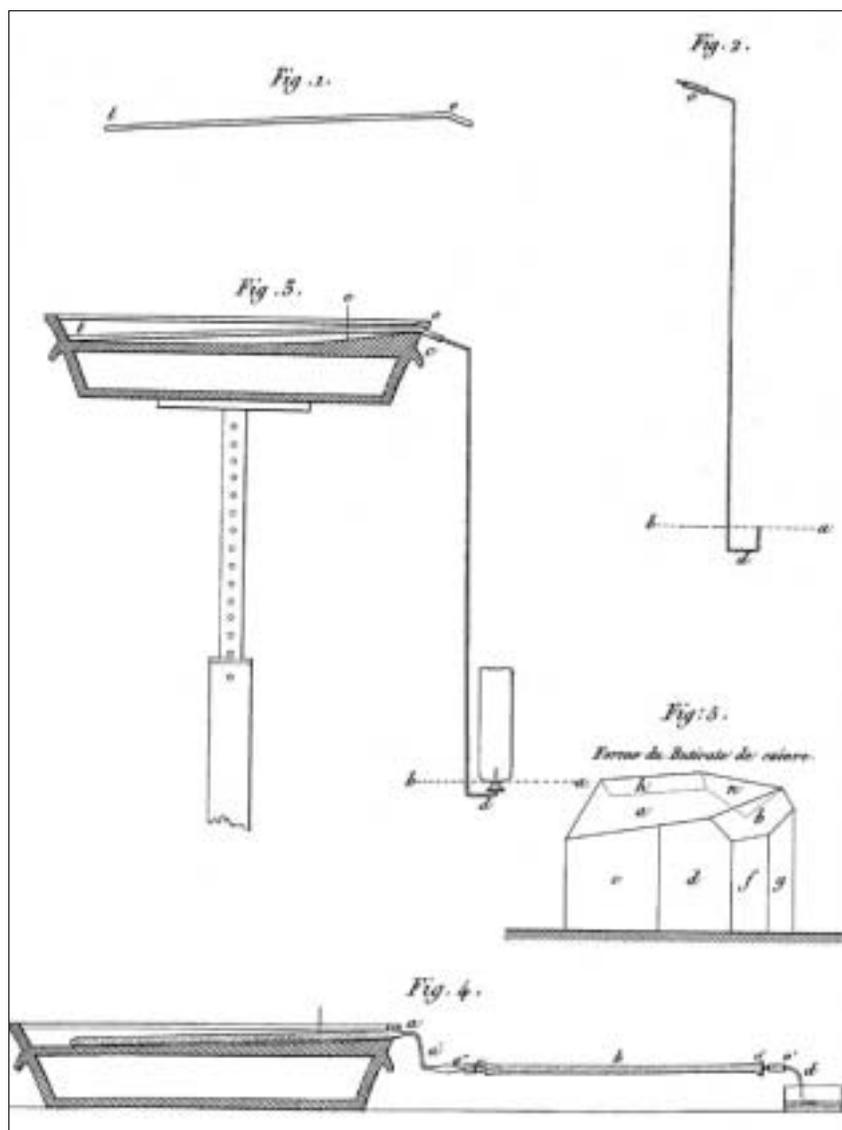


Fig. 5. Lámina del libro de Chevreul (1923) sobre las grasas animales, con los aparatos utilizados para su análisis elemental y la representación de un cristal de butirato de cobre.

dujo el tratamiento térmico a temperatura relativamente moderada, lo que luego se llamaría «pasterización», como un sistema de mejorar la conservación del vino, reconociendo explícitamente la deuda que sus aportaciones tenían con los trabajos empíricos de Appert, pero interpretando ya correctamente los fenómenos implicados, la destrucción de los microorganismos por el calor. El segundo libro citado no tiene un carácter propiamente práctico, y trata de aspectos concretos de esta industria solamente en su parte final, pero sus aportaciones a la microbiolo-

gía alimentaria (por ejemplo, en la selección de levaduras) son también muy relevantes.

La pasterización alcanzó pronto una gran importancia en el tratamiento de otros alimentos, especialmente de la leche, para mejorar su conservación y, sobre todo, para evitar la transmisión de determinadas enfermedades. Sin embargo, su aplicación a gran escala requirió el desarrollo de equipos de tratamiento continuo (inicialmente se pasterizaba la leche ya embotellada), que no estuvieron disponibles hasta los últimos años del siglo XIX. El avance posterior de la

microbiología permitió el estudio cuantitativo de los procesos de destrucción de microorganismos por el calor. En 1920, Bigelow y Esty publicaron un artículo en el que sentaban las bases de la termobacteriología tal como la conocemos actualmente.

LOS ENZIMAS

La acción catalítica, especialmente hidrolítica, de sustancias presentes en algunos materiales biológicos se conocía desde antiguo. En 1814, Kirchoff demostró la presencia en la malta de una sustancia, que clasificó como una «albúmina», que era capaz de hidrolizar el almidón. En 1833, Payen y Persoz propusieron ya aplicaciones industriales para esta «diastasa» obtenida de la malta. Sin embargo, Pasteur había sentado, en apariencia firmemente, el hecho de que las fermentaciones se debían a organismos vivos, aunque era evidente que quedaban actividades catalíticas presentes en los «fermentos desorganizados», restos de organismos no viables, que en 1876 William Kuhne llamó «enzimas». Unos años más tarde, Buchner demostró en una larga serie de artículos publicados a partir de 1897, que las reacciones producidas por los seres vivos podían individualizarse y atribuirse a sustancias concretas, pero sin determinar el carácter de esas sustancias.

Mientras se aclaraban los aspectos teóricos, el danés Christian Hansen obtenía, a partir de estómagos de ternera desecados, un extracto utilizable en la coagulación de la leche, la primera preparación enzimática purificada preparada para la industria alimentaria, aunque el material original se utilizara ya en la prehistoria. En 1874 comenzó la producción industrial en su fábrica de Copenhague, extendiéndose pronto a otros países. La disponibilidad constante de cuajo de buena calidad representó un impulso fundamental para la industria quesera. En 1891, el científico japonés, luego residente en Estados Unidos, Jokichi Takamine presentó la primera solicitud de patente para un enzima microbiano, una amilasa fúngica, obtenida a partir de un «fermento» japonés tradicional, el «koji» (*Aspergillus oryzae*), utilizado en la elaboración de distintos alimentos.

LAS VITAMINAS Y LA NUTRICIÓN

Las enfermedades carenciales aparecen ya en registros de las culturas más antiguas, aunque su correcta identificación tuvo lugar solamente en época relativamente moderna. Una de ellas en concreto, el escorbuto, se convirtió en una plaga para los navegantes en las grandes travesías, llegando a causar la muerte de más de la mitad de los componentes de algunas tripulaciones. La posibilidad de prevenirlo incluyendo ciertos alimentos en la dieta fue establecida en Inglaterra por Lind (1753) con suficiente claridad como para que poco después Cook, en su viaje de tres años alrededor del mundo, pudiera tomar las medidas adecuadas (suministro de verduras y frutas frescas, especialmente naranjas y limones) para que en su tripulación no apareciera un solo caso de esta enfermedad.

El análisis de los alimentos, cada vez más completo, había permitido identificar las grasas, proteínas, carbohidratos y minerales. Sin embargo, la idea de que en los alimentos existían otras sustancias todavía desconocidas pero indispensables para la vida fue expuesta ya por distintos investigadores a finales del siglo XIX. En 1881, Lunin publicó un artículo en el que por primera vez se demostraba que, mientras que la leche suministrada como único alimento era capaz de mantener con vida a los animales de experimentación, una mezcla en las mismas proporciones de sus constituyentes conocidos purificados no lo era. Había otras sustancias indispensables para la vida, presentes en la leche, que era necesario identificar. Y al menos eran dos, una presente en la fracción grasa y otra en la fracción no grasa: la sustancia (luego vitamina) «A», presente en la grasa, y la «B», en la no grasa. Posteriormente se vería que eran necesarias más letras.

El beri-beri se conocía desde antiguo en Extremo Oriente. En Europa se publicaron varias descripciones clínicas en el siglo XVII, la primera de ellas por Bontius en 1642. La introducción en las Indias Holandesas de una nueva tecnología, el descascarillado en seco del arroz, dio lugar a una epidemia de esta enfermedad, afectando también animales domésticos alimentados con el mismo arroz. El establecimiento de la relación

TRATADO DE LA CONSERVACION DE LAS SUSTANCIAS ALIMENTICIAS.

COMPUESTO POR

D. J. A. y L.



BARCELONA.

Imprenta de la V. de D. AGUSTIN ROCA impresor
de Camara de S. M. Mayo de 1832.

Fig. 6. Portada del libro de «D. J. A. y L.», sobre la conservación de las sustancias alimenticias, el primero en el que se describe con detalle en castellano el método de conservación de Appert.

causa-efecto no fue inmediato, pero el beri beri fue identificado como una enfermedad carencial por Christian Eijman. En 1911, Funk consiguió aislar de la cascarilla del arroz una sustancia que

era capaz de curarlo y prevenirlo. En su notable trabajo de revisión publicado al año siguiente, propuso el nombre de «vitamina», dado que se trataba de una amina y era «vital» en la alimentación.

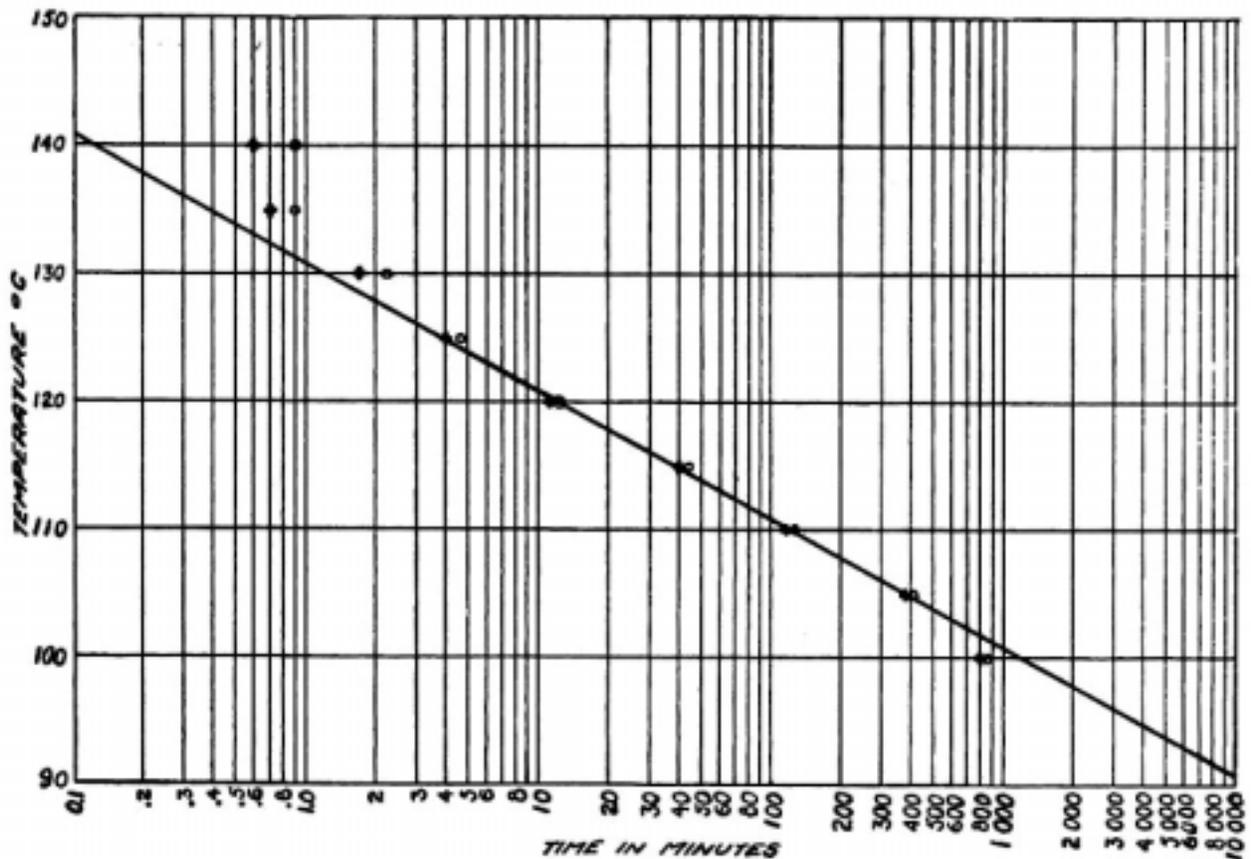


Fig. 7. Gráfica de tiempo de muerte por calentamiento con la clásica representación semilogarítmica en el artículo de Bigelow, publicado en 1921.

Distintos trabajos sobre la relación entre los alimentos y estas dos enfermedades, revisados por Funk en un artículo que representa un hito en el estudio de las vitaminas, mencionan incidentalmente el efecto del procesado. Indican que el calor intenso o prolongado destruye el efecto protector de frutas y verduras frente al escorbuto, que la esterilización de la leche se sitúa en el origen del escorbuto infantil, y que la sustancia que previene el beri-beri es destruida por los tratamientos en medio alcalino y por el calentamiento intenso. Ahora sabemos que el ácido ascórbico y la tiamina son precisamente las dos sustancias de las que las pérdidas en los alimentos pueden ser más importantes durante el procesado.

La pelagra se conocía en Europa desde la utilización general del maíz como alimento en algunas zonas. Durante mucho tiempo se consideró como una enfermedad infecciosa o como una intoxi-

cación ocasionada por sustancias presentes en el maíz alterado (a semejanza de la intoxicación producida por el cornezuelo del centeno), hasta los trabajos de Golberger realizados en el sur de Estados Unidos entre 1914 y 1928. Sus estudios con poblaciones sometidas a dietas controladas en orfanatos y presidios, así como los experimentos con perros, le permitieron definir la pelagra como una enfermedad carencial. En 1926 ya se sabía que esta sustancia pertenecía al grupo de la «vitamina B». En 1937 se encontró que esta vitamina era el ácido nicotínico, conocido desde bastante antes.

LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX

Una de las reacciones más conocidas e importantes en la química de los alimentos es el pardeamiento producido

por la reacción de proteínas y azúcares reductores. El resultado práctico de esta reacción fue aparente desde el mismo instante del descubrimiento del fuego. Sin embargo, el conocimiento de sus fundamentos comenzó en 1911, cuando el químico francés Maillard, que estaba estudiando la síntesis de las proteínas, utilizando distintos polioles como agentes de condensación de aminoácidos, observó al calentar una mezcla de aminoácidos y glucosa la aparición de los colores y aromas típicos de la reacción que luego llevaría su nombre. A finales de ese año presentó su descubrimiento en la Sociedad de Biología y el 12 de enero del año siguiente en la Academia de Ciencias, en cuya revista se publicó un resumen de su trabajo, con sus observaciones sobre distintos aminoácidos y azúcares. En años sucesivos, con la participación de otros químicos, como Lintner, se iría desarrollando el conocimiento de la reacción, y de su papel en

los alimentos, en sistemas biológicos y en otros procesos.

La química de proteínas también experimentó un avance sustancial, simbolizado por el trabajo de Brand et al., que en 1945 publicaron el primer análisis correcto de la composición de aminoácidos de una proteína, precisamente de una proteína de la leche de vaca, la beta-lactoglobulina.

Por otra parte la enzimología ya había nacido en el siglo XIX, y la base de la cinética de las reacciones catalizadas por enzimas quedó establecida por Michaelis y Menten en su clásico trabajo de 1913, pero quedaba por elucidar en primer lugar una cuestión esencial, cual era la verdadera naturaleza de los enzimas. Esto solamente quedó claro en 1926, cuando Sumner consiguió purificar y cristalizar la ureasa de una leguminosa, y dejar firmemente establecido que las enzimas eran proteínas, confirmando la hipótesis de Kirchhoff, anterior en más de un siglo. En la década siguiente esta rama de la ciencia experimentó notables, para quedar consolidada en la década de 1940.

No obstante, en el campo de la ciencia de los alimentos el desarrollo de la enzimología fue más lento. El papel del enzima polifenoloxidasas en el pardeamiento oxidativo de los vegetales no se establecería hasta finales de la década de 1940, con los trabajos del equipo de Ponting. Otros fenómenos en los que están implicados enzimas endógenos, como la transformación del músculo en carne, deberían esperar varias décadas más para ser bien comprendidos.

Lo mismo sucedió en los procesos relacionados con la fisiología vegetal. La maduración artificial de ciertas frutas, especialmente cítricos, se llevaba a cabo ya en el siglo XIX utilizando estufas que quemaban queroseno. El efecto se atribuyó al calor o al CO₂ producido, hasta que, en 1924, H. E. Denny, del U. S. Fruit Utilization Laboratory, en Los Ángeles, descubrió que la sustancia responsable era el etileno. En 1935, Crocker, Hitchcock y Zimmerman plantearían el papel de esta sustancia como hormona vegetal.

En el campo del análisis de los alimentos hay que hacer notar el valor de sistematización que tuvo la aparición en 1908 de la primera edición de la compilación de métodos de la AOAC. Casi un siglo después, y tras muchas edicio-

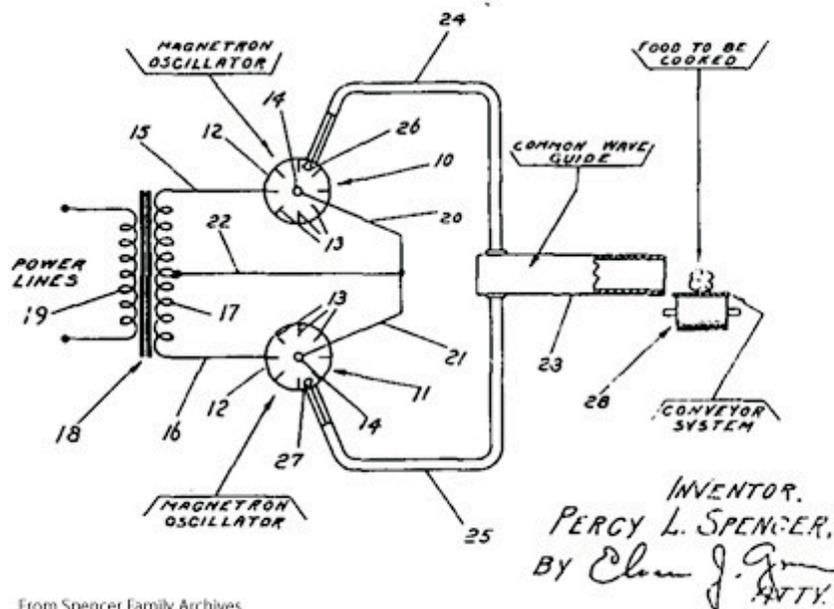
Jan. 24, 1950

P. L. SPENCER

2,495,429

METHOD OF TREATING FOODSTUFFS

Filed Oct. 8, 1945



From Spencer Family Archives

Fig. 8. Esquema que aparece en la patente original de Percy Spencer del horno de microondas. Figura reproducida con permiso de J. Carlton Gallawa, <http://www.gallawa.com/microtech/history.html>.

nes, siguen siendo la referencia básica.

Un avance que sería decisivo para la industria alimentaria se produjo muy lejos de ella, en la siderurgia de Krupp, en Essen (Alemania), en 1912: El acero inoxidable. A partir de aquí, sus instalaciones, autoclaves, calderas, alambiques y tuberías, de hierro, cobre o de los materiales más peregrinos, irían siendo substituidas por este nuevo material.

Desde principios del siglo XX se va produciendo también un cambio trascendental cuya huella no quedará impresa al principio en libros o revistas científicas, sino en viejas cajas de cartón u hoja de lata: el envasado de los alimentos para su venta directa, sustituyendo poco a poco a la distribución a granel. Esta tendencia, iniciada con el enlatado y el embotellado, continuará con el desarrollo de nuevos materiales de envasado. En 1924, Du Pont comienza a comercializar el celofán, y en los años siguientes se empezará a fabricar el PVC, el polietileno y otros plásticos.

En las dos primeras décadas de este siglo se produjo la expansión de las tecnologías de la congelación, utilizadas ya en el siglo anterior para el transporte de carne a gran escala, especialmente para la distribución directa al consumidor. A partir de los trabajos de Plank, realizados hacia 1916 sobre la congelación del pescado, se hicieron pruebas con otros productos, que resultaron positivas. Fueron fundamentales para ello las observaciones sobre la importancia de la velocidad de congelación en la calidad del producto final, realizadas a principios de la década de 1920, casi por casualidad, por Clarence Birdseye, un biólogo, en una expedición naturalista entre los nativos de la península del Labrador organizada por el U.S. Geographic Service. En 1924 fundó la empresa Birdseye Seafood Inc, comenzando en 1925 la comercialización de filetes de pescado congelado, aprovechando también el desarrollo reciente (estaban disponibles desde 1921) de máquinas fileteadoras. Su empresa también inició la comercialización de productos congelados en en-

vases de cartón para venta al detalle, y el sistema de venta en arcones congeladores expositores, aunque inicialmente con un éxito muy limitado.

En 1932, en Alemania se instaló el primer túnel de congelación, aunque en primer lugar la inexistencia de una cadena de frío que permitiera la distribución general de estos productos, y luego el estallido de la Segunda Guerra Mundial, cortarían momentáneamente los avances en este campo. En la segunda mitad del siglo, su expansión tendría gran influencia en el cambio de los sistemas de comercialización de los alimentos, e incluso de las formas de vida. El descubrimiento de los halocarbonos y de sus propiedades también impulsará la fabricación de sistemas frigoríficos más sencillos y eficientes.

Una forma primitiva de liofilización espontánea, aprovechando la baja presión y baja temperatura de las cumbres andinas, se practicaba ya con las patatas en el Perú prehispánico. La combinación de las técnicas de congelación y vacío permitió a Flosdorf, en 1945 desarrollar sistemas industriales de liofilización, que inicialmente se utilizaron en la industria farmacéutica y poco después en la alimentaria. El primer producto liofilizado a gran escala fue el café, que todavía representa el paradigma en este tipo de productos.

El nacimiento oficial de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos como disciplina científica tuvo lugar en Inglaterra en 1931 con la creación de la «Society of the Food Industry». De forma paralela se fueron desarrollando instituciones similares en otros países. En Canadá se creó el «Food and Nutrition Group» en 1937, celebrándose ese mismo año la primera conferencia sobre la conservación de alimentos en Estados Unidos. En la segunda conferencia, celebrada en 1939 en Massachusetts, se estableció el «Institute of Food Technologists» (IFT) que promovió la publicación, desde 1947, de la revista *Food Technology*. Dos años más tarde se inició la publicación de *Journal of Food Science*, sustituyendo a la revista *Food Research*, que había comenzado su publicación en 1936.

En España, se creó en 1939 la Sección de Fermentaciones Industriales del Instituto Santiago Ramón y Cajal de Investigaciones Biológicas, que en 1967 pasaría a ser el Instituto de Fermenta-

ciones Industriales. El Instituto de la Grasa, también dentro de CSIC, se fundó en 1947, comenzando a publicar en 1949 la revista *Grasas y Aceites*, la más veterana de las revistas españolas de ciencia y tecnología de los alimentos.

LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

En la década de 1950, distintas empresas desarrollaron los sistemas de tratamiento HTST, mientras que casi simultáneamente los trabajos del equipo de Esselen, en la Universidad de Massachusetts, permitieron encontrar los fundamentos de su eficacia con sus estudios sobre la cinética de inactivación de microorganismos y enzimas y de destrucción de nutrientes. También en esta década comenzaron a utilizarse a escala industrial, como antifúngicos, el ácido sórbico y sus sales. Aunque el ácido sórbico se conocía desde mediados del siglo XIX, su actividad como conservante se descubrió en 1939; entre 1954 y 1956 la empresa Hoetsch puso a punto un método industrial de obtención a partir del ácido acético, muy económico, que permitió la universalidad de su uso.

La obtención de glucosa a partir del almidón no puede considerarse tampoco precisamente una novedad. Ya en 1811, Kirchhoff había llamado precisamente «glucosa» al producto dulce que obtuvo en su intento de obtener un sustitutivo de la goma arábiga calentando almidón en presencia de un ácido. También se debe a Kirchhoff el descubrimiento de un enzima capaz de llevar a cabo el mismo proceso.

En 1866 se comenzó a producir industrialmente glucosa mediante tratamiento ácido del almidón de maíz, y en el último tercio del siglo XIX, los jarabes de glucosa obtenidos de esta forma tenían ya campos claros de aplicación en la fabricación de mermeladas y productos de repostería. Sin embargo el segundo de los descubrimientos de Kirchhoff en este campo, las enzimas para obtener glucosa por hidrólisis del almidón, sólo se puso en práctica a nivel industrial mucho después, y con enzimas microbianas. Ya se ha indicado la patente de Takamine de una amilasa fúngica. En 1917, Boidin y Efront patentaron en Estados Unidos la utilización

de la amilasa termoestable de *Bacillus subtilis* para hidrolizar el almidón, y en 1940 Dale y Langlois presentaron una patente específica para la obtención de jarabes de glucosa, pero este enzima no estuvo realmente disponible para uso industrial hasta la década de 1950, como consecuencia del avance de las técnicas de cultivo a gran escala desarrolladas por la industria de los antibióticos. La amiloglicosidasa, disponible desde la década de 1960 permitió obtener glucosa suficientemente pura como para que pudiera cristalizarse fácilmente. En la misma década los avances en microbiología industrial y en los sistemas de inmovilización de enzimas permitieron la producción a gran escala de fructosa, utilizando la glucosa isomerasa obtenida por la empresa Novo a partir de *B. coagulans*. En 1967 se producían ya jarabes de glucosa-fructosa de forma comercial mediante este sistema. A finales de la década de 1970 se desarrollaron las técnicas de separación por cromatografía a gran escala que permitieron la obtención de fructosa pura.

Los mismos fermentadores diseñados para la industria de los antibióticos se utilizaron para obtener a gran escala otros enzimas y, a finales de la década de 1960, también la goma xantana, un nuevo polisacárido que se uniría a otros, como la goma arábiga, con una tradición de milenios.

A lo largo de la segunda mitad del siglo XX, la industria ha tenido una contribución muy significativa en el desarrollo de la Tecnología de los Alimentos, mejorando y extendiendo las aplicaciones de las técnicas ya conocidas, como la deshidratación y el empleo del frío. Los alimentos congelados se popularizaron en Europa a partir de 1950, con el establecimiento de las cadenas de frío necesarias para su distribución a pequeña escala, hasta el consumidor final.

También los avances en el envasado han sido trascendentales para crear productos que ahora forman parte «natural» de nuestra sociedad. Inmediatamente después de terminada la Segunda Guerra Mundial, la empresa sueca Tetra Pak comenzó a desarrollar un concepto nuevo de envasado, mediante la formación in situ de envases de cartón recubiertos de plástico, y posteriormente también con una hoja de aluminio unida al cartón. En 1951 se presentó el primer envase de este tipo, de forma tetraédrica,

que se comercializaría al año siguiente. El envase prismático se empezó a utilizar en 1969, y su combinación con máquinas para el envasado aséptico, también en 1969, cambió la imagen de la leche y la estructura del sector lechero en las décadas siguientes. Por supuesto, este tipo de envase también se ha extendido a prácticamente todos los productos líquidos, desde el vino a las sopas preparadas. En general, se considera que el procesado y envasado aséptico ha sido el avance más importante en tecnología de los alimentos en los últimos 50 años.

El enlatado, ya con más de cien años de historia, tampoco se queda atrás en su desarrollo. En 1957 comienza a utilizarse el aluminio para la fabricación de latas, que en 1960 empiezan ya a contar con el sistema abre-fácil. Desde 1964 se fabrican algunas de solamente dos piezas, acelerando el proceso de fabricación y empleando menos materia prima.

El efecto térmico de las microondas se descubrió por puro azar en 1945, cuando Percy Spencer, trabajando en los laboratorios de la empresa Raytheon con magnetrones para sistemas de radar, observó la fusión de una barra de chocolate situada cerca de uno de estos aparatos. Las pruebas inmediatas con los materiales más a mano, granos de maíz y un huevo, dieron resultados tan satisfactorios (desde el punto de vista técnico) que inmediatamente se solicitó una patente para este sistema, que cambiaría aspectos importantes en la distribución y consumo doméstico de alimentos. A partir de la década de 1960, los hornos de microondas se convierten en un electrodoméstico popular en los países desarrollados.

En 1948 se aisló la vitamina B₁₂, la última de las conocidas, aunque su efecto en el tratamiento de la «anemia perniciosa» se había establecido ya desde 1925. En la década de 1950 se descubrieron los últimos componentes esenciales de la dieta, los elementos molibdeno (1953), selenio (1957) y cromo (1959). Y en una fecha sorprendentemente tardía, en 1965, la peculiaridad genética más importante relacionada con la alimentación, la intolerancia (o más bien la tolerancia) a la lactosa. En el año 2002 se encontró la mutación concreta responsable de esta tolerancia. Los avances en bioquímica y fisiología,

tanto vegetal como animal, se han trasladado al campo de la ciencia de los alimentos. Entre los avances más notables se pueden mencionar la comprensión de la ruta biosintética del etileno, aclarada en 1979 por Yang y Adams.

En diciembre de 1965, Jim Schlatter químico de la empresa G. D. Searle descubrió por casualidad el sabor extremadamente dulce del éster metílico del péptido aspartil-fenilalanina (luego conocido como «aspartame»). Su descubrimiento fue publicado cuatro años después, pero hasta 1981 no se autorizó definitivamente el uso del aspartame como edulcorante alimentario.

En el campo del análisis de los alimentos, los métodos de análisis enzimático, desarrollados inicialmente para su utilización en química clínica, han representado también un gran avance. A estos métodos se suman los instrumentales, en algunos casos con aplicaciones específicas en el campo alimentario, y en los últimos años, los métodos inmunológicos y los de la biología molecular.

Los cambios en el estilo de vida que se están dando en los países industrializados, junto con la gran difusión de congeladores y hornos de microondas, han incrementado la demanda de alimentos de más cómoda preparación y almacenamiento. En este sentido, las técnicas de envasado han experimentado un gran avance durante los últimos años. Las atmósferas controladas o modificadas se han utilizado para el transporte y almacenamiento de alimentos a granel desde hace varias décadas, pero con el desarrollo de plásticos con propiedades especiales de barrera, las atmósferas controladas se han extendido a los envases individuales de alimentos para su venta al público.

También en esa época experimenta un gran desarrollo la investigación en el campo específico de los alimentos, separándose institucionalmente de las investigaciones puramente químicas, biológicas o médicas. Centrándonos en España, en 1957 se creó el Departamento de Química Vegetal en la Universidad de Valencia, que en 1966 pasará a ser el Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos, y que desde 1960 edita la que se llamó *Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*, que luego pasará a ser *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimen-*

tos, y posteriormente *Food Science and Technology International*. En las décadas siguientes se irán creando departamentos especializados en alimentos en las facultades de Veterinaria y Farmacia, y en las Escuelas de Ingenieros Agrónomos.

A principios de la década de 1970, la empresa Pillsbury Co., dentro de su programa de suministro de alimentos para la NASA, desarrolló el sistema conocido como «Hazard Analysis and Critical Control Point», HACCP, («Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control» o «Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control», según quien lo traduzca al castellano). Presentado en público en 1971, fue inmediatamente aceptado, y en 1973 ya formaba parte de algunas reglamentaciones alimentarias estadounidenses. En este momento, el sistema es de uso general en toda la industria alimentaria de los países desarrollados. La industria alimentaria se ha visto también enfrentada al cambio en sus sistemas de control, especialmente con la introducción de los sistemas de gestión y aseguramiento de la calidad según las normas de la serie conocida como «ISO 9000».

Las radiaciones ionizantes, sin embargo, sirven como ejemplo de una técnica que ha encontrado grandes problemas en su desarrollo, problemas de difícil solución, debido a su asociación con la radiactividad, centrales nucleares, e incluso armamento nuclear, en la mente de los consumidores, además de los de coste y de sus limitaciones intrínsecas. La primera instalación comercial de irradiación se construyó en 1959 en Dandenong, Australia, para el tratamiento de lanas. En el campo alimentario, el primer equipo industrial, dedicado al tratamiento de patatas para evitar su germinación, se instaló en Shioro (Japón) en 1973. Desde entonces se han instalado algunos más, para tratamiento exclusivo de alimentos o de uso combinado con otras aplicaciones, pero su papel en la industria alimentaria global sigue siendo puramente anecdótico.

Mayor éxito ha conseguido otra tecnología, la extracción con fluidos supercríticos, a pesar de que el grado de aplicación práctica a gran escala no se corresponde todavía con el conocimiento existente sobre estos procesos, ni con el gran número de patentes existentes

que implican a los fluidos supercríticos. Aunque su poder disolvente se conocía desde el siglo XIX, su desarrollo a escala industrial se produjo en la década de 1960, por Kurt Zosel, del Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (Instituto Max-Planck de Investigaciones sobre el Carbón), en Mülheim, Alemania. La solicitud de la patente para la técnica básica de extracción utilizando CO₂ supercrítico fue presentada en 1964, y posteriormente se presentaron otras para distintas aplicaciones. En 1974, el mismo Zosel patentó la extracción de cafeína del café, la primera aplicación alimentaria. Desde 1980, esta técnica están ganando importancia en la extracción de aromas y sabores naturales (de lúpulo, por ejemplo), extractos de especias y aceites de semillas, aunque sin desplazar en la mayoría de las aplicaciones a los métodos clásicos con disolventes convencionales.

La ultrafiltración se conoce ya desde finales del siglo XIX, pero las malas propiedades de las membranas la hacía inutilizable para aplicaciones a gran escala. A principios de la década de 1960, el desarrollo de la técnica de fabricación de membranas permitió la construcción de plantas desaladoras de agua de mar mediante ósmosis inversa, y en la década de 1980 comenzó a utilizarse en la concentración de la leche. Su aplicación en la elaboración de queso ha sido el único cambio sustancial introducido desde el inicio de su fabricación en la prehistoria.

Aunque los alimentos actuales son los más seguros desde cualquier punto de vista, incluido el microbiológico, de toda la historia de la Humanidad, los microorganismos patógenos siguen siendo un problema, tanto los clásicos (*Salmonella*) como los que se han venido a llamar «patógenos emergentes», como *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, y algunas cepas enterohemorrágicas de *E. coli*. A ellos se ha unido, al menos en la percepción del público, el prion causante de la encefalopatía espongiiforme bovina.

EL CAMBIO DE SIGLO

En los últimos años, la informática y la biotecnología han condicionado el desarrollo de muchas industrias, entre ellas la alimentaria, y es de esperar que

en el futuro sigan influyendo notablemente. El uso de los microprocesadores ha permitido a la industria alimentaria automatizar en muchos casos el proceso de elaboración, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado, almacenamiento y distribución del producto. Los sistemas de medidas en tiempo real durante el procesado han ido mejorando también notablemente, con la introducción de nuevos sensores y la utilización de sistemas informatizados. Por otra parte, la introducción de Internet ha representado también cambios notables en la transmisión de la información, también, naturalmente, sobre alimentos y su procesado.

Los avances en la bioquímica del DNA tienen un momento clave en 1973, con la primera transferencia de un gen, llevada a cabo por Stanley Cohen y Herbert Boyer, que podemos considerar el origen de la «ingeniería genética». Sus avances, aplicados inicialmente a la medicina, también se han trasladado a la industria alimentaria. Desde 1984 se comercializan enzimas procedentes de microorganismos modificados genéticamente. En 1990 comenzó la comercialización de la primera proteína animal recombinante utilizada en la industria alimentaria, la quimosina para la fabricación de queso.

En esa fecha ya estaban también en desarrollo los vegetales transgénicos. El primero de ellos, una variedad de tabaco, fue obtenido en china en 1985. El primer vegetal transgénico para uso alimentario, desarrollado por la empresa Calgene, fue el tomate Flavr Savr, resistente al ablandamiento al contener un gen antisentido de la poligalacturonasa. Comenzó a cultivarse en 1992, siendo aprobado por la FDA en 1994, y aunque no ha tenido éxito comercial, la aproximación conceptual utilizada, la utilización de genes antisentido, resulta válida para la modificación de otros vegetales. Mejor resultado económico han obtenido los vegetales con genes de resistencia a insectos. El gen de la toxina de *Bacillus thuringiensis* fue clonado en 1981, y utilizado en el maíz desarrollado por Monsanto, que comenzó a comercializarse en 1996. También los genes de resistencia a los herbicidas glifosato y glufosinato se han utilizado en el desarrollo de variedades comerciales de maíz y soja que permiten una gestión más sencilla del tratamiento con

herbicidas por parte de los agricultores. Aunque en este caso el desarrollo de los productos transgénicos ha sido también más lento de lo esperado, por la reacción de algunos sectores sociales y la falta de reflejos de algunos políticos europeos, es de esperar que en el futuro inmediato aparezcan nuevas variedades con mejores propiedades desde el punto de vista agrario pero también con mejoras desde el punto de vista nutricional o desde el punto de vista de otras propiedades de interés para la industria alimentaria.

Por otra parte, aspectos de la química de los alimentos que parecían bien estudiados, como la reacción de Maillard, pueden deparar aún sorpresas. En el año 2002 se encontraron concentraciones sorprendentemente elevadas de acrilamida, sustancia conocida como cancerígena, en algunos alimentos fritos y horneados. El origen de esta sustancia parece estar en la reacción de la asparragina presente en forma libre con la glucosa.

La industria alimentaria está desarrollando actualmente nuevos procesos para elaborar alimentos destinados a grupos de población con necesidades especiales, como por ejemplo alimentos animales con menos colesterol, leches sin lactosa, cereales con hierro o leches enriquecidas con vitamina A y D. También se están desarrollando «alimentos funcionales», con propiedades especiales en la protección de la salud, a partir del conocimiento de los efectos fisiológicos de componentes como la fibra, las distintas familias de ácidos grasos insaturados, algunas proteínas, o componentes «no nutritivos» como los flavonoides, presentes en muchos vegetales. Sin embargo, queda aún mucho por saber en estos campos, y muchos de los supuestos efectos son por el momento poco más que operaciones de marketing. Además existe una serie de nuevas tecnologías como las altas presiones, el calentamiento óhmico, los pulsos eléctricos y los ultrasonidos que están aún en fase de experimentación, pero cuyo futuro parece en algunos casos prometedor.

REFERENCIAS HISTÓRICAS

La siguiente lista de referencias, en orden cronológico, corresponde a las obras a que

se hace alusión en el texto, aunque no se citen explícitamente. En su mayor parte constituyen hitos clave en el desarrollo de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos, y en otros casos, aunque sea de una forma más marginal, señalan también detalles que permiten comprender mejor su evolución.

Columella, Lucius Junius Moderatus. De Re Rustica. La primera edición impresa es de Nicolai Inenson Gallici, Venecia, 1472. La primera edición en castellano es de Madrid, 1824.

Apicius. Apitii Celii De Re Coquinaria libri decem. La primera edición impresa es de Giulielmus Signerre, Mediolani (Milán), 1498.

Plinius Secundus, Caius. Historia Naturalis. La primera edición impresa es de Johannes de Spira, Venecia, 1469. Existen decenas de ediciones en latín y en muchos otros idiomas europeos. La traducción al castellano (por Gerónimo Huerta) de los «libros» más interesantes desde el punto de vista de los alimentos se publicó en Madrid en 1629, dentro del tomo segundo de la edición de Juan González.

Anglicus, Bartholomeus. De Proprietatibus Rerum. Escrito hacia 1240. La primera edición impresa es de alrededor de 1474. Existen otras 15 ediciones antiguas en latín, 24 en francés, 3 en inglés, dos en castellano (de 1494 y de 1529) y una en holandés.

Platina, B. (1475). *De Honesta Uoluptate et Ualetudini: uel de Obsoniis et Arte Coquinaria libri decem.* Venecia, Laurenti de Aquila, Venecia, 188 fols.

Acosta, José de (1590). *Historia Natvral y Moral de las Indias*, en que se tratan las cosas notables del cielo, y elementos, metales, plantas y animales dellas: y los ritos y ceremonias, leyes, y gobierno y guerras de los indios. Sevilla, Juan de León. 535 págs. Se reeditó en 1591 (dos ediciones), 1608 y 1610. Existen ediciones en italiano de 1569, holandés en 1598 y 1624, alemán en 1598 y 1617, francés en 1598, 1600, 1616 y 1621, en inglés en 1604 y en latín.

Papin, Denis (1681). *A new digester or engine for softning bones.* Londres, Henry Bonwicke. 54 pags Publicado también en francés en 1682.

Papin, Denis (1687). *A continuation of the new digester of bones: it's improvements and new uses it hath been applyed to, both for sea and land: together with some improvements and new uses of the air pump, tryed both in England and in Italy.* Londres, Joseph Streater. 123 págs.

Lind, James (1753). *A Treatise of the Scurvy in Three Parts. Containing an inquiry into the Nature, Causes and Cure of that Disease, together with a Critical and Chronological View of what has been publis-*

hed on the subject. Edimburgo, Sands, Murray y Cochran. 456 pags. Publicado también en francés en 1756.

Gumilla, José (1741). *El Orinoco Ilustrado: historia natural, civil y geográfica de este gran río, y de sus caudalosas vertientes; gobierno, usos y costumbres de los Indios sus habitadores, con nuevas y útiles noticias de animales, árboles frutos yerbas y raíces medicinales.* Madrid, Manuel Fernández. 580 págs. Existen ediciones de 1745 y 1791, y otra en francés de 1758.

Casal, (1762). *Historia Natural y Médica de el Principado de Asturias.* Madrid, Manuel Martín. 404 págs.

Cook, James (1776). *The method taken for preserving the health of the crew of His Majesty's Ship The Resolution during her late voyage round the world. Addressed to Sir John Pringle. The Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 66, 402-406.

Parmentier, Antoine Augustine (1778). *Le Parfait Boulanger, ou Traité Complet sur la Fabrication & le Commerce du Pain.* París, Imprimerie Royale. 639 pp.

Marggraf, Andreas Segismund (1747). *Experiences chimiques faites dans le dessein de tirer un véritable sucre de diverses plantes, qui croissent dans nos contrées. Histoire de l'Academie Royale des Sciences et Belles Letres*, 3, 79-90.

Mitjavila y Fisonell, Vicente (1791). *Noticia de los daños que causan al cuerpo humano las preparaciones del plomo: ya administradas como medicina, ya mezcladas fraudulentamente con los alimentos de primera necesidad: se da un medio fácil é inteligible á toda clase de gentes para saber si el vino, pan, &c. están adulterados con plomo.* Barcelona, Manuel Texeró, 44 págs.

Chaptal, Jean Antoine Claude (1807). *L'art de faire le vin.* París, Deterville. 382 pp. Existe una segunda edición francesa de 1819 y otra de 1939.

Acchard, (1802). *Anleitung zum Anbau der zur Zuckerfabrikation anwendbaren Runkelrüben und zur vorteilhaften Gewinnung des Zuckers aus denselben.* Breslaw.

Appert, Nicolas (1810). *L'art de conserver, pendant plusieurs années, toutes les substances animales et végétales.* Paris, Patris, et cie. 116 pp. Se publicaron sucesivas ediciones en francés en 1811, 1813 y 1831; en italiano en 1810; en inglés en 1811, y 1812 (en 1812, en Inglaterra y en Estados Unidos), en alemán en 1810, 1811 y 1822, y en suco en 1811.

Accum, Friedrich Christian (1820). *A treatise on adulterations of food, and culinary poisons, exhibiting the fraudulent sophistications of bread, beer, wine, spirituous liquors, tea, coffee, cream, confectionery, vinegar, mustard, pepper, cheese, olive oil,*

pickles, and other articles employed in domestic economy. And methods of detecting them. Londres, Longman, Hurst, Rees, Orme, and Browne, 372 pp. El mismo año se publicó otra edición en Londres, y también en Filadelfia. En 1822 se publicó la cuarta edición, de nuevo en Londres.

Accum, Friedrich Christian (1821). *Culinary chemistry: exhibiting the scientific principles of cookery, with concise instructions for preparing good and wholesome pickles, vinegar, conserves, fruit jellies, marmalades, and various other alimentary substances employed in domestic economy, with observations on the chemical constitution and nutritive qualities of different kinds of food.* Londres, R. Ackermann. 336 pp.

Chevreul, E. (1823). *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale.* París, Levrault. 485 pp.

Chaptal, J. A. (1823). *Chimie appliquée à l'agriculture.* París, Huzard. 2 vols, 298+484 pp. Existe una traducción al castellano de 1829 y una segunda edición francesa del mismo año.

D. J. A. y L. (1832). *Tratado de la conservación de las sustancias alimenticias.* Barcelona, Imp. Vda. de Roca. 252 pp.

Payen, A. y Persoz, J. F. (1833). *Mémoire sur la diastase, les principaux produits de ses réactions et leurs applications aux arts industriels. Annales de Chimie et Physique*, 53, 73-92.

Liebig, Justus von (1840). *Die Organische Chemie in Anwendung auf Agrikultur und Physiologie.* El mismo año se publicó la edición inglesa.

Liebig, Justus von (1845) *Cartas sobre la Química y sobre sus Aplicaciones a la Industria, a la Fisiología y a la Agricultura.* Salamanca, Imprenta de Juan José Morán. 436 pp.

Liebig, Justus von (1847). *Chemische Untersuchung uber das Fleisch und seine Zubereitung zum Nahrungsmittel.* Heidelberg.

Liebig, Justus von (1847). *Researches on the Chemistry of Food, and the Motion of the Juices in the Animal Body.* Edited from the manuscript of the author by William Gregory. Londres, Londson, Taylor y Walton.

Pasteur, L. (1857). *Mémoire sur la fermentation alcoolique. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Académie des Sciences de Paris*, 45, 1032-1036.

Pasteur, Louis (1860). *Mémoire sur la fermentation alcoolique.* París, Mallet-Bachelier. 106 págs. Fue también publicada en alemán en 1871.

Pasteur, Louis, (1866). *Études sur le vin: ses maladies, causes que les provoquent, procédés nouveaux pour le conserver et pour le vieillir.* Paris, Imprimerie Impériale, 264 pp. Reeditado en 1873.

- Pasteur, Louis, (1868) Études sur le vinaigre, sa fabrication, ses maladies, moyens de les prévenir: nouvelles observations sur la conservation des vins par la chaleur. Paris, Gauthier-Villars y Victor Masson et fils. 119 págs.
- Pasteur, Louis (1876). Études sur la bière: ses maladies, causes qui les provoquent, procédé pour la rendre inaltérable, avec une théorie nouvelle de la fermentation. Paris: Gauthier-Villars 387 pp. Fue también publicada en inglés en 1879.
- Fahlberg, C. y Remsen, I. Ueber die Oxydation des Orthotoluolsulfamids. *Chem. Ber.* 1879, 12, 469-473.
- Lunin, N. (1881) Ueber die Bedeutung der anorganischen Salze für die Ernährung des Thieres. *Zeitschrift für Physiologische Chemie*, 5, 31-39.
- Buchner, Edward (1897). Über alkoholische Gärung ohne Hefezellen. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 30, 117-124.
- Association of Official Agricultural Chemists. Committee on Revision of Methods (1908). Official and Provisional Methods of Analysis. U. S. Government Printing Office. Washington, 272 pp.
- Funk, Casimir (1911). On the chemical nature of the substance which cures polyneuritis in birds induced by a diet of polished rice. *Journal of Physiology*, 43, 395-400.
- Funk, Casimir (1912). The etiology of the deficiency diseases. Beri-beri, polyneuritis in birds, epidemic dropsy, scurvy, experimental scurvy in animals, infantile scurvy, ship beri-beri, pellagra. *Journal of State Medicine*, 20, 341-368.
- Maillard, Louis Camille (1912). Action des acides aminés sur les sucres; formation des mélanoidines par voie méthodique. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences*, n.º 154, 66-68.
- Maillard, Louis Camille (1913). Genèse des matières humiques et des matières protéiques. Masson, Paris. 423 pp.
- Michaelis, L. y Menten, M.L. (1913). Die Kinetik der Invertinwirkung. *Biochem. Z.*, 49, 333-369.
- Goldberger, J. y G. A. Wheeler, G. A. (1920). The Experimental Production of Pellagra in Human Subjects by Means of Diet. Hygienic Laboratory Bulletin. Government Printing Office, Washington D. C.
- Bigelow, W. D. y Esty, J. R. (1920). The thermal death point in relation to time of typical thermophilic organisms. *Journal of Infectious Diseases*, 27, 602-617.
- Bigelow, W. D. (1921). The logarithmic nature of thermal death time curves. *Journal of Infectious Diseases*, 29, 525-536.
- Sumner, J. B. (1926). The isolation and crystallization of the enzyme urease. *Journal of Biological Chemistry* 69, 435-441.
- Brand, E., Saidel, L. J., Goldwater, W. H., Kasell, B. y Ryan, F. J. (1945). The empirical formula of β -lactoglobulin. *Journal of the American Chemical Society*, 67, 1524-1532.
- Ponting, J. D. y Joslyn, M. A. (1948). Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. *Archives of Biochemistry*, 19, 47-63.
- Mazur, R., Schlatter, J. y Goldkamp, A. The structure-taste relationship of some dipeptides. *J. Amer. Chem. Soc.*, 91, 2684-2691.
- United States Department of Health, Education and Welfare (1972). Proceeding of the 1971 National Conference on Food Protection. Government Printing Office, Washington D. C.
- Strandberg, G. W. y Smiley, K. L. (1972). Glucose isomerase covalently bound to porous glass beads. *Biotechnology and Bioengineering*, 14, 509-518.
- Cohen, S. N., Chang, A. C. Y., Boyer, H. W. y Helling, R. B. (1973). Constitution of biological functional bacterial plasmids in vitro. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 70, 3240-3244.
- Schnepf, E. y Whiteley, H. R. (1981). Cloning and expression of the Bacillus thuringiensis crystal protein gene in *Escherichia coli*. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 78, 2893-2897.
- Enattal, N. S., Sahi, T., Savilahti, E., Terwillinger, J. D., Peltonen, L. y Järvelä, I. (2002). Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nature Genetics*, 30, 235-237.
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. y Törnqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4998-5006.
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L. y Dodson, A. T. (2002). Food chemistry: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448-449.

NOTA PARA LOS AUTORES DE TRABAJOS

Se está estudiando la posibilidad de la publicación de los trabajos de nuestros colaboradores a través de INTERNET, además de la tradicional publicación en papel.

Por ello recomendamos a todos los autores que nos remitan sus trabajos en soporte informático.