

Historia contra la quimiofobia alimentaria

José M. Mulet

Resumen: Para el público la palabra “química” asociada a la alimentación significa malo o peligroso. La historia demuestra que esta afirmación es falsa. Gracias a la comida hemos aprendido aspectos básicos de la química y gracias a la química hemos mejorado la seguridad y la calidad de los alimentos. En este artículo describo como descubrimos algunos de los principios básicos de la química como las reacciones redox o ácido-base, gracias a la alimentación, de la misma manera que disciplinas como la bioquímica no nacen de la ciencia básica o de aplicaciones médicas sino al investigar los procesos que sufren los alimentos.

Palabras clave: Quimiofobia, historia, alimentación, bioquímica, enzima.

Abstract: For most people the word “chemistry” associated to food stands for bad or toxic. History teaches us that this affirmation is false. Thanks to food, we have learned basic aspects of chemistry and thanks to chemistry we have improved food security and quality. In this paper I describe how the civilization discovered and learned how to use some principles of chemistry such as redox or acid-base reactions by manipulating what they were going to eat. Similarly, the discipline of biochemistry did not originate from basic science or for health purposes, but from the investigation of the changes affecting food.

Keywords: Chemophobia, history, feed, biochemistry, enzyme.

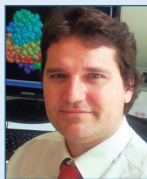
Introducción

Debido a los recortes en educación y en ciencia últimamente se oye hablar mucho de la generación perdida y del impacto nefasto que tendrán estas medidas en el futuro. Por desgracia el problema viene de hace bastante. Ya dijo Carl Sagan “Vivimos en una sociedad profundamente dependiente de la ciencia y la tecnología y en la que nadie sabe nada de estos temas. Ello constituye una fórmula segura para el desastre”. Y desgraciadamente lo estamos sufriendo, cada vez más. La incidencia del sarampión se ha incrementado un 88,7 % en año y medio por la moda de no vacunarse. Por otro lado, hay empresarios que están ganando fortunas vendiendo pulseras que mejoran el equilibrio porque llevan un holograma, bolas ecológicas que lavan la ropa sin detergente (pero emitiendo iones negativos), o píldoras de azúcar, que etiquetadas con el sugerente nombre de homeopatía, se venden como remedio para todos los males.

Tener un conocimiento mínimo de conceptos básicos de química como las leyes de la termodinámica, el principio de conservación de la carga o el número de Avogadro serviría

para reconocer que realmente nos están timando. Pero este conocimiento no existe y la gente se deja estafar. Por eso es tan importante la labor de docentes y profesores de ESO y de Bachillerato porque son la primera línea de batalla contra la pseudociencia y contra la falta de cultura científica de nuestra sociedad. Un buen material para combatir la quimiofobia es darse cuenta que muchos de los aspectos fundamentales de la química o el nacimiento de la bioquímica se lo debemos a que comemos química, y en algún momento nos dimos cuenta.

Un aspecto preocupante de la quimiofobia es que en la sociedad ha quedado establecido que la palabra química tiene un carácter peyorativo. Desgraciadamente parece que entre los publicistas de productos alimentarios se ha impuesto la tendencia de demonizar la química. La norma es decir que la mejor comida es la natural (signifique lo que signifique el término) y que utilizar la palabra química es poco menos que decir que estás comiendo veneno. Tenemos el ejemplo de Eduard Punset, que para el español medio es la imagen de un científico de la misma manera que durante muchos años Ramón Sánchez Ocaña era la imagen de un médico de familia, aunque ni Punset es científico ni Sánchez Ocaña médico. Recientemente Eduard Punset ha protagonizado una campaña para un pan de molde que se anunciaba como “*todo natural, nada artificial*”. Esta campaña incluye un anuncio que a mí me causa vergüenza ajena en el que afirma, ante unas presuntas nietas, que el pan que promociona no utiliza nada artificial, mientras con aire despectivo aparta una serie de matraces y probetas llenos de agua teñida de vistosos colores. El problema es que este tipo de mensajes cala en la población. Hace poco me encontré una distribuidora de carne de ternera ecológica que anunciaba que su carne no tenía nada de química. Por lo visto, la carne no era de terneras reales sino de terneras espirituales. También desanima leer el estudio sobre comprensión de la ciencia publicada en fechas recientes por la fundación BBVA. Según dicho estudio, el 54,9% de los españoles piensa que “las plantas no tienen ADN, pero las transgénicas sí”, el 75,7%, que “los antibióticos destruyen los virus”; el 69,6%, que “los átomos son más pequeños que



J. M. Mulet

Instituto de Biología molecular y celular de Plantas (IBMCP)
 Universidad Politécnica de Valencia-CSIC
 Camino de Vera S/N
 46022 Valencia
 C-e: jmmulet@ibmcp.upv.es

Recibido: 29/05/2012. Aceptado: 27/06/2012.

los electrones”; el 67,1% que “los láseres funcionan mediante ondas sonoras”; el 58,7%, que “toda la radiactividad es producida por la actividad de los seres humanos” y el 55,1%, que “casi todos los microorganismos son perjudiciales para los seres humanos”.

Es decir el *marketing* quimiofóbico en alimentación encuentra un terreno abonado en el imaginario colectivo de la población. Además, funciona como refuerzo positivo entre anunciante y consumidor, con el mensaje: “yo creo que lo natural es mejor y la química es artificial y mala, este fabricante me dice que tengo razón y además me señala que su producto es natural (el de los otros fabricantes debe ser artificial)”. Por una parte vendes y por otra tienes un cliente pensando que el producto que le acabas de vender es mejor para su salud. Lo más curioso es ¿qué entienden como natural? Cualquiera diría que el pan de molde se recolecta en el bosque o se pesca, pero es un alimento procesado. ¿Un alimento procesado es natural? Pues es una contradicción, puesto que son términos antagónicos. Otra particularidad en el consumidor medio es que es muy exigente con la comida, pero no con otros aspectos de su vida cotidiana. Existe también una medicina “natural” y alternativa que es claramente una pseudociencia, pero no tiene tanto predicamento como la alimentación. Si algo va a servir para aliviarte un dolor no pones ninguna pega, pero como tenemos la suerte de poder comer todos los días nos adornamos con tonterías. De hecho muchos que se manifiestan en contra del uso de aditivos alimentarios o del uso de transgénicos no ponen ninguna objeción al hecho de que en las farmacias se vendan transgénicos y moléculas de síntesis química.

Para combatir esta quimiofobia no hay nada mejor que sumergirse en la historia de la alimentación y de la química, que siempre han ido de la mano. Asociamos el avance de la química, la bioquímica o incluso a la biotecnología con aplicaciones médicas, cuando realmente, el nacimiento y desarrollo inicial de esas disciplinas está intrínsecamente relacionado con la alimentación y con el estudio de la comida. Se considera como inicio de la bioquímica el experimento de Wöhler en 1828 cuando demostró que los cristales de urea sintetizados a partir de un compuesto inorgánico (el cianato amónico) eran indistinguibles de los aislados a partir de la orina, demostrando que la materia biológica tenía la misma composición que la inerte. Esto contradecía a Berzelius, uno de los padres de la química moderna, que sostenía que la materia viva era diferente de la inerte, teoría que en su momento se llamó *vitalismo*. Años después Pasteur recoge algunas de las ideas de Berzelius. Si bien el experimento de Wöhler demuestra que la materia inerte es indistinguible de la viva, Pasteur propugnó que las reacciones químicas de un ser vivo se regían por unas leyes diferentes que las de la materia inerte. El alemán Justus von Liebig, en cambio, defendía que todas las reacciones químicas que sucedían en un ser vivo deberían poder ser reproducidas fuera de él. La polémica la zanjó Büchner cuando fue capaz de reproducir la fermentación de la levadura *in vitro*, demostrando que la bioquímica no es más que la química que se da dentro de un ser vivo. Las leyes que rigen las reacciones químicas son las mismas dentro y fuera de una célula. De hecho ahora sabemos que son iguales en todo el universo. Recapitulemos, en este párrafo he nombrado a cinco químicos ilustres y su participación en el nacimiento de la

bioquímica. Curiosamente si llegaron a muchos de sus descubrimientos no fue por investigar enfermedades humanas, sino por fijarse en la química que hay detrás de la comida. Gracias a los alimentos básicos nos hemos familiarizado con conceptos fundamentales de la química que hoy aparecen en los libros de ESO o de bachillerato. Pasteur descubrió la isomería óptica a partir de los cristales de ácido tartárico del mosto, Liebig fue el inventor del fertilizante sintético y del concentrado de carne (la marca de productos alimentarios *Liebig* perduró muchos años después de su muerte) y en 1837 fue el descubridor de la emulsina, la enzima capaz de descomponer la amigdalina de las almendras en glucosa, ácido cianhídrico y benzaldehído (algunas fuentes atribuyen este descubrimiento a Wöhler o que se realizó de forma conjunta entre ambos). La primera reacción que se realizó *in vitro* fue una reacción clave en la industria alimentaria, como es la fermentación alcohólica de la glucosa. Es decir, gracias a la química que hay en la comida han nacido ciencias como la bioquímica (Figura 1).

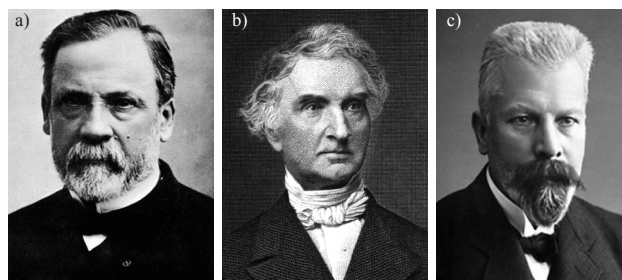


Figura 1. Louis Pasteur (a), Justus von Liebig (b) y Eduard Buchner (c).

No obstante, esta historia no se remonta al siglo XIX, es mucho más antigua. El hombre ha aprendido química y a utilizarla en la medida que necesitaba alimentarse, mucho antes de pensar en otras necesidades. Por ejemplo, veamos el caso de la leche. Cuenta la leyenda árabe que un mercader llenó con leche un pellejo de estómago de cordero que normalmente se utilizaba para transportar agua. Cuando llegó a su destino la leche había cuajado y se había convertido en queso y en suero. Cierto o no, la coagulación de la leche por medio de pepsinas presentes en el estómago o en el intestino de animales es una reacción química conocida desde el origen de la civilización, a pesar de que la enzima responsable no fue aislada hasta el año 1874 por el danés Hansen y llamado originalmente renina. Gracias a la leche también hemos tenido el primer contacto con las reacciones ácido-base, y cómo pueden alterar la solubilidad de determinadas sustancias. La leche, cuando no se sometía a ningún tratamiento térmico, se agriaba con el tiempo. Esto producía por una parte una precipitación, un cambio en el sabor y, sobre todo, permitía alargar su conservación. Lo que estaba pasando es que las bacterias crecían en la leche y consumían los azúcares presentes en ella transformándolos en lactato, lo cual bajaba el pH del medio, provocando el característico sabor agrio del yogurt. También se produce ácido fórmico, que es un conservante. Este cambio del pH hacía que la principal proteína de la leche, la caseína dejara de ser soluble. La caseína precipitada se digiere mejor, además, el ácido láctico producido reacciona con el calcio e incrementa su biodisponibilidad al poder absorberse en forma de lactato cálcico. Algunas bacterias ambientales provocaban

sabores desagradables o que el yogurt fuera tóxico, por lo que pronto se domesticaron bacterias que hacían yogurt con características óptimas como el *Streptococcus thermophilus* y el *Lactobacillus bulgaricus* por el método de utilizar una partida de yogurt con sabor agradable para inocular la leche recién ordeñada, de esta forma se aumentaba el tiempo de conservación y se evitaba que fuera contaminada por otras bacterias que no producían el efecto deseado. Por lo tanto, acidificar la leche es algo que ha resultado interesante a lo largo de la historia para civilizaciones muy diferentes. El yogurt que consumimos en Europa tiene su origen en Bulgaria, aunque las menciones históricas más antiguas se remontan al 500 a. C. en la India y en Irán y es el producto de una fermentación bacteriana, en la mayoría de los casos por parte de las dos especies mencionadas anteriormente que actúan de forma simbiótica. El *dahi* indio es un yogurt similar al europeo que además es utilizado en cosmética y en diferentes rituales religiosos. El *laben* consumido en Egipto también procede de una fermentación bacteriana. Sin embargo la misma idea de acidificar la leche por acción de microorganismos puede cambiarse utilizando bichitos con núcleo, es decir, eucariontes. El *kefir* de oriente medio se hace por fermentación de levaduras, similar al *kumys* de Asia central, que tiene la particularidad de elaborarse a partir de leche de yegua. Hoy en día en muchos lugares de África todavía se transporta la leche en calabazas vacías, lo que provoca que los ácidos de la fruta, junto con el calor y alguna que otra bacteria ambiental la convierta en yogurt durante el transporte. Estudiando la leche no sólo hemos aprendido química, sino que también hemos sacado aplicaciones. Por ejemplo el test de Berridge que mide el tiempo que tarda en coagularse una determinada cantidad de leche sirve para evaluar la actividad proteasa de diferentes enzimas o extractos enzimáticos.

No obstante la leche no es lo único que nos ha enseñado química ni el único alimento que somos capaces de modificar en nuestro propio beneficio. Hay una bebida que nació a la vez que la civilización y a la que en cierta forma le debemos nuestra historia. Hace unos 8000 años los sumerios en Mesopotamia humedecían cebada o trigo de Emmer (un antepasado del trigo actual) para hacerlo germinar. Una vez germinado se desmenuzaba y se mezclaba con agua. Ese jugo se almacenaba en cubas que empezaban a burbujear. No siempre se separaba el cereal del líquido por lo que a veces se bebía directamente de la cuba succionando por tubos, inventando otro gran avance de la civilización como son las pajitas (qué hubiera sido de los granizados de limón veraniegos sin este invento mesopotámico). Realmente lo que estaban haciendo es domesticar o dirigir reacciones químicas. Si con la leche aprendimos lo que son las reacciones ácido-base, la elaboración de la cerveza sirvió para aprender a hidrolizar el almidón o cómo un polímero se puede descomponer en monómeros que tienen propiedades muy diferentes. Al germinar se activan unas enzimas llamadas celulasas, que destruyen las envolturas externas del grano del cereal y permiten que otras enzimas, las amilasas, hidrolicen el almidón que contiene el grano a azúcares más simples como maltosa o glucosa. Estos azúcares son utilizados por las levaduras como alimento produciendo etanol. Varios milenios después Büchner fue capaz de reproducir esta reacción en un tubo de ensayo (Figura 2).



Figura 2. La cerveza en la historia. (a) Bajorrelevo mesopotámico donde se aprecia como se bebía cerveza utilizando una pajita. (b) Figura egipcia que representa la elaboración de la malta. (c) A partir del siglo VI, las abadías centroeuropeas se convierten en centros de elaboración de cerveza, algo que recuerdan muchas etiquetas.

La cerveza sumeria se contaminaba frecuentemente por bacterias que realizaban la fermentación láctica del azúcar, lo que le daba un sabor agrio, pero mejoraba su conservación. En Egipto en cambio se inventó la primera botella de cerveza. En la antigua Europa prerromana también se preparaba algo similar a la cerveza al que se le añadía miel para preparar una bebida conocida como hidromiel. Y en Centroeuropa, en el siglo VI, los monjes empezaron a “profesionalizar” en la elaboración de la cerveza por la máxima que “*liquida non fragunt ienum*” (el líquido no vulnera el ayuno) y allí fue donde se hace un invento decisivo, la adición del lúpulo, que gracias a su contenido en terpenos y humulonas, actúa como conservante, permite su conservación durante todo el año y le da su sabor amargo característico. Es decir, los antiguos monjes descubrieron cómo sacar provecho de otra disciplina: la química orgánica de productos naturales, asignatura que yo, y otros muchos lectores de esta revista, cursamos en la carrera. Pero la cerveza sirvió para algo más. El hecho de que en su proceso de elaboración se calentara y de que contuviera alcohol la convertían en una bebida sanitariamente más segura que el agua de las ciudades, que servía para consumo humano y también como alcantarilla. Por lo tanto, gracias al consumo generalizado de cerveza, se pudieron controlar enfermedades como el tífus o el cólera, lo que permitió que las ciudades medievales aumentaran la población. Este aumento de población incide en un aumento de recursos de las ciudades y así pasamos del románico al gótico, es decir, las pirámides de Egipto se construyeron con la ayuda de los botellines de cerveza, y las grandes catedrales góticas indirectamente también. Se puede concluir que tan magnos monumentos y las civilizaciones que los construyeron no se hubieran llevado a cabo

sin la participación de amilasas, glucanasas, la fermentación alcohólica y las propiedades bactericidas de algunos compuestos naturales. La idea es tan buena que ofrece infinidad de variaciones, tantas como tipos de cerveza diferentes existen. Una de mis preferidas es la cerveza de mijo africana. Esta bebida se fermenta con la levadura *Schyzosaccharomyces pombe*, que en la naturaleza habita en la piel de los plátanos.

Una historia similar pasa con el vino que además nos ha servido para introducirnos en el concepto de las reacciones redox gracias a la oxidación de la glucosa. Tradicionalmente se creía que el vino fue descubierto hace 6000 años en el monte Ararat, más que nada porque lo dice la Biblia. En el Génesis capítulo 9, a partir del versículo 20, se relata cómo Noé, después de que el arca embarrancara en el monte Ararat plantó una viña, hizo vino y se emborrachó, pasando a ser una de las primeras borracheras documentadas de la historia (Figura 3). Este pasaje bíblico también nos muestra que algunas actitudes de la gente cuando ha bebido más de lo que debe son innatas a la especie humana y se siguen repitiendo cada fin de semana. Noé en plena euforia etílica se quitó la ropa y empezó a bailar desnudo. Su hijo Cam lo vio y avisó a sus dos hermanos Sem y Jafet. Noé en vez de agradecer que el hermano avisara, se enfadó por haberlo visto en tan lamentable estado y le echó una maldición. La historia sagrada atribuye a Cam ser el padre de los cananeos, que según algunas escuelas serían los antepasados de los actuales africanos, por este motivo este fragmento de la Biblia es utilizado por los supremacistas blancos como justificación de sus ideas racistas (*¡no hay que mezclar ciencia y religión!*). La arqueología le ha dado la razón en parte a la Biblia. La fabricación de vino se puede rastrear arqueológicamente buscando restos de ácido tartárico en la arcilla. Gracias al trabajo del arqueólogo y químico analítico Patrick Mc Govern, de la Universidad de Pensilvania, sabemos que el vino en occidente tiene un origen geográfico similar y próximo en el tiempo a la cerveza. Los restos más antiguos se han hallado en la ciudad iraní de Hajji Firuz Tepe y datan de hace 7400 años, aunque luego su difusión divergió, centrándose en el arco mediterráneo mientras la cerveza conquistaba Centroeuropa. No obstante, el vino no sólo se inventó en Mesopotamia. Los chinos llevaban más de 1500 años de ventaja cuando en Mesopotamia se empezó a fermentar el mosto. Los restos más antiguos que indican fabricación de vino datan de Jiahu, en la provincia de Henan y son de hace 9000 años. Este vino contenía además cera de abejas, arroz fermentado y bayas, lo que posiblemente aportarían las levaduras para la fermentación. De hecho la técnica



Figura 3. *Noé borracho*, de Giovanni Bellini (óleo sobre lienzo realizado en Venecia entre 1500 y 1515).

fue perfeccionándose y durante la dinastía *Shange* el vino contenía resina de pino (como la *retsina* griega de la actualidad), alcanfor, aceitunas y curiosamente, ajeno. Muchos siglos después el ajeno se haría popular como ingrediente de la absenta, sobre todo entre los impresionistas, que usaron (y abusaron) de esta bebida como fuente de inspiración, bautizándola como “el hada verde”. Los chinos también utilizaban plomo para sus recipientes igual que los romanos de la época imperial, lo que sirvió para introducir el concepto químico de inhibición no competitiva de enzimas, aunque de forma bastante desagradable. El pH ácido del vino disuelve el plomo, que debido a su afinidad por los puentes disulfuro de las proteínas es un potente inhibidor de enzimas y por tanto muy tóxico... por lo tanto lo de la “química mala” en los alimentos no se puede decir que sea un problema de la alimentación moderna, al revés, ahora sabemos detectar y evitar los compuestos nocivos de la alimentación.

El vino también tuvo un papel fundamental en el desarrollo de la química moderna en el siglo XIX. En 1810 Gay-Lussac descubrió que la fermentación convierte el azúcar de la uva (glucosa) en dióxido de carbono y alcohol etílico. En 1856 un comercial de una fábrica de alcohol llamado Bigo consultó a Pasteur debido a que a partir de algunos barriles de jugo de remolacha se producía alcohol pero en otros se producía una masa gris, viscosa con olor ácido. Examinando al microscopio muestras de barriles “sanos” y “enfermos” Pasteur descubrió que en los sanos había unas esferas amarillas que forman racimos, que ya habían sido identificadas como levaduras responsables de la fermentación unos años antes. Concretamente en 1837, Cagniard-Latour, Kützing y Schwann, trabajando independientemente, demostraron que la levadura estaba formada por células vivas que se reproducían. Pasteur descubrió que los barriles donde no se producía etanol, se veían al microscopio unos palitos temblones más pequeños y que se producía ácido láctico. Pasteur denominó a los palitos bacterias por *bakterion*, palabra griega que significa palito. Pasteur también descubrió que un tratamiento térmico de poca duración eliminaba las bacterias, y que este tratamiento no solo era aplicable al jugo de remolacha, también a la leche o al mosto de vino. Este tratamiento fue denominado pasterización, otro avance de la química hecho gracias a observar los alimentos. Y por supuesto, la disputa de Liebig y Pasteur que dio origen a la bioquímica, sobre si las reacciones de un ser vivo se pueden dar fuera de él, fue resuelta gracias a la fermentación alcohólica *in vitro* conseguida por Büchner en 1897, aunque en 1858 Mauritz Traube, un estudiante de Liebig, ya había adelantado que las levaduras contienen fermentos que actúan como moléculas químicas definidas y que son capaces de catalizar reacciones químicas fuera de las células. De hecho al estudio de las fermentaciones alimentarias debemos la misma palabra enzima (que en griego significaría, en la levadura) nombre acuñado en 1876 por Kühne, para designar algo presente en las células de levadura capaz de catalizar reacciones químicas, pero que no era la levadura misma, que mantenía el nombre de “fermento”.

Y hay muchísimos más ejemplos de cómo hemos aprendido química estudiando la alimentación. De hecho muchos de nuestros alimentos más sociales también son fermentados y sufren un elaborado procesamiento químico, aunque este hecho no es tan asumido como el de las bebidas alcohólicas. El café se fermenta con bacterias para degradar la pulpa y con

ella la pectina que le da firmeza, estas pectinasas también son responsables de que las manzanas y las peras se hagan pochadas y la industria alimentaria las utiliza para aclarar los zumos de frutas y que se queden transparentes y fluidos. Algunos cafés de élite sufren fermentaciones peculiares. Por ejemplo, para elaborar el café indonesio *kopi luwak*, los granos son ingeridos por civetas. Las enzimas digestivas (proteasas) del animal se encargan de degradar la cubierta, y a su vez, rompen proteínas que le dan mal gusto (Figura 4). Después de este procesado, totalmente natural, los granos son separados del resto de excrementos del animal y procesados para hacer un café que se vende a 400 euros el kilo al distribuidor y por el que fácilmente se pueden cobrar alrededor de 100 euros por una taza. Otro ejemplo sería el tratamiento al que debemos someter a la orquídea *Vanilla planifolia*. Sus frutos deben secarse a la luz del sol. En este proceso, y por acción de varias enzimas, se genera un glicósido llamado vainillina, principal responsable del aroma característico.

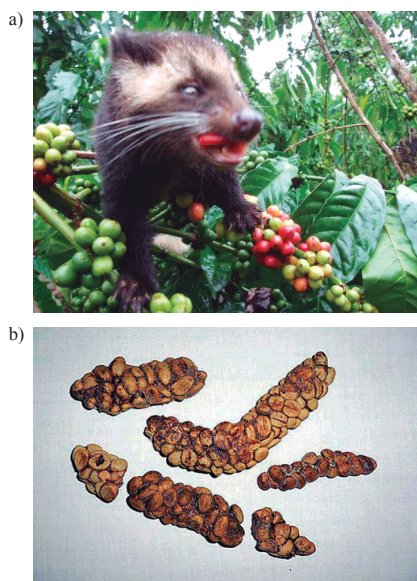


Figura 4. Biorreactores animales para el café más caro del mercado, el *kopi luwak*. (a) La civeta encargada de digerir los granos de café. (b) Aspecto de los granos tras ser “procesados”.

Los diferentes tipos de té que conocemos no dependen únicamente de la variedad de la planta de té (*Camellia sinensis*) que utilizamos. El té no solo es un producto fermentado, sino que además según la fermentación tendremos las diferentes variedades. Al marchitarse las hojas se produce una

pérdida de agua y una rotura de las membranas celulares, esto provoca una oxidación celular y las hace más sensible al ataque de levaduras y bacterias. El proceso de los cambios químicos se puede trazar por la aparición de polifenoles, responsables del cambio de color de verde a castaño rojizo y después marrón oscuro o violeta. Para elaborar té negro y té rojo la fermentación se desarrolla durante más tiempo, mientras que en el té verde el proceso de oxidación se detiene al poco tiempo mediante un tratamiento térmico. El té menos fermentado es el té blanco, el oolong o el té amarillo, que se hace a partir de hojas jóvenes y solo se permite una oxidación muy corta para que desarrolle el aroma. Si la fermentación fuera demasiado corta no sabría a nada, pero si fuera larga desarrollaría un sabor amargo desagradable.

Conclusiones

En esta reseña he tratado de argumentar por qué anunciar una comida como que no contiene química es una gran barbaridad y profundamente inexacto. En la naturaleza todo está formado por átomos que a su vez forman moléculas, moléculas que a los químicos nos da por identificar y que además participan en reacciones que a los químicos también nos gusta investigar, es lo que tiene haber estudiado química. La comida no es una excepción, también son moléculas que reaccionan entre ellas siguiendo inexorablemente las leyes de la termodinámica para formar otras moléculas diferentes y también las estudiamos los químicos. Así que guste o no, la comida tiene química, es más, hemos aprendido mucha química gracias a la comida y lo que nos queda. Aunque en un anuncio comercial se diga que un pan es natural o la carne de ternera ecológica se anuncie como que no tiene química.

A continuación se citan diversos libros generales y sitios web relacionados con el tema de este artículo.

Bibliografía

1. C. Sagan, *El Mundo y sus Demonios*, Planeta, Barcelona, **1997**.
2. R. Renneberg, *Biología para principiantes*, Reverté, Barcelona, **2008**.
3. J. M. Mulet, *Los Productos Naturales ¡vaya timo!*, Laetoli, Pamplona, **2011**.
4. S. Damodaran, K. L. Parkin, O. R. Fennema, *Química de los Alimentos*, 3ª ed., Acribia, Zaragoza, **2010**.
5. Blog “Los productos naturales ¡vaya timo!”: <http://www.losproductosnaturales.com>, visitada el 28/08/2012.
6. Página web de “European Food Safety Authority”: <http://www.efsa.europa.eu/>, visitada el 28/08/2012.