



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

## “FÍSICO-QUÍMICA Y GASTRONOMÍA”

AUTORÍA <b>M<sup>a</sup> EUGENIA GONZÁLEZ GALLARDO</b>
TEMÁTICA <b>CIENCIA Y VIDA COTIDIANA</b>
ETAPA <b>BACHILLERATO</b>

### Resumen

Son numerosas las publicaciones que defienden que la enseñanza de las ciencias sólo tiene sentido si es capaz de proporcionar las claves para comprender, tomar decisiones y actuar en situaciones donde la ciencia tiene implicaciones en la vida personal y social; estudiar Física y Química debe ayudar a formar ciudadanos y ciudadanas con un comprometido sentido sociocientífico. Se trata en definitiva de inculcar una *alfabetización científica*.

### Palabras clave

Termodinámica, desarrollo tecnológico, moléculas tensoactivas, presión de vapor, físico-química del huevo, calentamiento del aceite, cocción de la carne, extracción del café, equilibrio térmico, verduras y frutas y frecuencia de resonancia.

### 1. FÍSICO-QUÍMICA Y GASTRONOMÍA.

#### 1.1. La aceituna en el martini.

En este apartado vamos a analizar el triunfo tecnológico del martini. Para ello iniciamos nuestro análisis haciendo un recorrido histórico.

Parece ser que la fermentación es tan vieja como la civilización. Todas las culturas conocidas han desarrollado algún tipo de bebida alcohólica. La cerámica mesopotámica describe escenas de elaboración de cerveza. El vino se menciona permanentemente en el Antiguo Testamento...

La temprana historia de la destilación es tan oscura como la de la fermentación. Según algunas conjeturas el alcohol se condensaba sosteniendo telas o pieles de ovejas sobre masas fermentadas en ebullición, que luego se retorcían para extraerlo. Estas técnicas pasaron de los primeros alquimistas egipcios a los árabes, y de éstos a Europa hacia el Siglo



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

XII. Los primeros licores denominados *aqua vitae* eran medicamentos escasos y costosos. Al añadirle aceite de enebro al *aqua vitae* se obtuvo el denominado *genièvre* que posteriormente dio lugar al término inglés *gin*. *Las versiones modernas son mezclas de alcohol y agua redestilada sobre hayas de enebro a las que se les puede añadir otros ingredientes. Para elaborar el producto en su versión actual, se necesita una muy considerable variedad de plantas, y, como es de suponer las fórmulas exactas son celosamente guardadas.*

*Aunque la ginebra es el principal ingrediente de los martinis no es el único, también lleva otra bebida alcohólica: el vermut.* De hecho el nombre del cóctel viene de la conocida marca *devermut Martini & Rossi*. No hay criterios fijos en cuanto a la proporción de volúmenes de vermut y ginebra. La *sequedad* de un martini depende de la pequeñez de la cantidad relativa de vermut.

Y si la ginebra es botánicamente compleja, el vermut constituye un auténtico compendio de taxonomía vegetal, ya que en sus secretas fórmulas intervienen más de 60 hierbas.

Por supuesto, el líquido es sólo una parte de la tecnología del martini. Descansando tranquilamente en el fondo de un vaso que contenga un martini siempre hay una gran aceituna verde. Durante mucho tiempo nos hemos preguntado cómo se volvieron comestibles las aceitunas. El método por el que actualmente se procesan las aceitunas verdes ilustran el problema. El fruto seco contiene un glucósido tan amargo que lo hace incomible. Las aceitunas verdes se cosechan aun cuando están inmaduras e inmediatamente se las pone en remojo en una disolución diluida de lejía. Luego se elimina el hidróxido mediante algunos lavados, y las aceitunas se sumergen en una disolución salina muy concentrada. Al cabo de varias semanas se le añade azúcar para mantener la fermentación. Después de seis meses las aceitunas se enlatan o se guardan en frascos. Lo que uno se pregunta es cómo a alguien se le ocurrió tratar un producto con lejía para volverlo comestible.

El último desarrollo tecnológico necesario para hacer posible un martini es la refrigeración doméstica adecuada. El moderno frigorífico de compresión-expansión se basa en la termodinámica y en el desarrollo del motor eléctrico a finales del siglo XIX. En el primer tercio del siglo XX, el frío ya era asequible y los puristas podían meter la ginebra en el congelador para evitar la contaminación de la pequeña cantidad de agua producida al disolverse el hielo.

Este recorrido histórico pone de manifiesto el gran triunfo tecnológico que encierra una copa de martini.

## 1.2. La pizza,

En este apartado tratamos las razones por las que la pizza se mantiene caliente durante tan largo tiempo. Se trata de adentrarnos en un terreno científico muy interesante por mucho tiempo inexplorado: la termodinámica de la pizza.



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

En una primera aproximación una pizza sin cocer consiste en tres discos cilíndricos superpuestos A, B y C. El disco A es una masa de harina y levadura, y tiene un espesor  $\alpha$ . El disco B se compone principalmente de un puré de tomate, y su espesor es  $\beta$ . El disco C es de mozzarella, y su espesor es  $\chi$ . En general  $\alpha > \chi > \beta$ . Trozos de otros materiales como orégano y pimienta sólo serán tenidos en cuenta en función de los efectos superficiales. Esta trilaminar pizza sin cocer se mete rápidamente en un horno isotérmico a 530 K.

Cuando la estructura de discos apilados se equilibra con la elevada temperatura circundante, se producen tres cambios. Primero, la base de masa se convierte en pan. Una sustancia de bajo contenido en agua con un gran número de pequeñas cámaras de aire no conectadas entre sí. Segundo, la pasta de tomate se deshidrata. Y, tercero, la mozzarella sufre una compleja serie de transformaciones que incluye la desnaturalización de proteínas y la reestructuración de lípidos. Estas transformaciones contribuyen, indudablemente, a que la mozzarella posea una tan elevada capacidad calorífica.

Tras sacarla del horno, la pizza se corta en porciones, y se mete rápidamente en una caja de cartón plana, que se cierra rápidamente y en ocasiones se precinta. Podemos considerar la pizza, desde un punto de vista termodinámico, como un plano. De este modo reducimos el problema de la transformación calorífica a una dimensión, representada por un vector normal a la superficie de la pizza.

El fondo es ahora una lámina de cartón, que es un mal conductor del calor. La siguiente lámina es la masa de la pizza cocida, que es un excelente aislante a causa de las diminutas cámaras de aire no conectadas que se forman en la cocción.

Con respecto a las propiedades térmicas de la parcialmente desecada pasta de tomate, la literatura científica consultada no es de gran ayuda. En base a consideraciones relativas a su composición, cabe esperar que la capa de tomate tenga una capacidad calorífica relativamente alta y una baja conductividad. Por lo tanto, hace de amortiguador entre la mozzarella y la base de pan.

La capa de mozzarella fundida, que llamaremos CMF, es obviamente la causa del trauma del paladar y, desde el punto de vista físico-médico, el agente clave en la etiología de la quemadura por pizza. Por la parte inferior, la CMF está muy bien aislada por las capas de pan y de cartón. En una primera aproximación, se puede decir que todo el calor se pierde hacia arriba, desde la superficie de la pizza hacia la tapa de la caja de cartón. Téngase en cuenta que el material intermedio, una fina capa de aire, es asimismo bien conocido por sus propiedades aislantes.

La pérdida de energía desde la cara superior de la CMF se produce mediante tres procesos: radiación, conducción y convección. La radiación puede determinarse de forma precisa utilizando la ley de Stefan-Boltzmann. En cualquier caso, el nivel de temperatura es tal que la radiación tiene una importancia secundaria. La convección también desempeña un papel secundario, debido a la relativa delgadez de la capa de aire y a la presencia de la capa de



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

cartón, que hace de escudo térmico. Parece claro que la conducción térmica a través del aire circundante la principal responsable del enfriamiento de la pizza encerrada en su caja.

Podemos afirmar, cualitativamente, que la CMF conserva sus propiedades quemantes por largo tiempo debido a dos razones principales: 1) La CMF parte de una temperatura inicial muy elevada, pues el horno de la pizza está a unos  $160^{\circ}\text{C}$  por encima de la temperatura de ebullición del agua. 2) La capa de mozzarella está encerrada entre láminas aislantes, por lo que pierde el calor muy lentamente.

Con ello finalizamos la exposición de una situación muy cotidiana desde un análisis científico.

### 1.3. El misterio de las hojas de té.

En este apartado vamos a explicar por qué al remover el té con sus hojas, éstas se reúnen en el centro de la taza y no contra las paredes, cómo se esperaría del efecto de centrifugación.

Las hojas de té se acumulan en el centro de la taza debido a la presencia de una corriente que, añadida al movimiento rotatorio de remover, fluye transversalmente, es decir en el sentido radial de la taza. El problema es idéntico al de un río que transporta continuamente material de la parte exterior a la parte interior. El agua del borde de la taza está sujeta a la fuerza centrífuga, la central no. Por otra parte, la pared y el fondo de la taza oponen al deslizamiento del agua una fuerza de rozamiento que está ausente en el volumen y no en la superficie. Como en el caso del río, el efecto combinado de las fuerzas provocan un flujo de líquido que sigue el trayecto de unas corrientes de colección. Las hojas de té yacen en el fondo, por tanto este trecho del ciclo del líquido las transporta hacia el centro, pero pesan demasiado para subir a la superficie, por lo que se asientan en medio de la taza.

### 1.4. ¿Qué ocurre al calentar un huevo?

Al cocer un huevo observamos en primer lugar pequeñas burbujas de aire que se forman en su cáscara debido a la expansión del aire de su interior que se salen por los poros de la cáscara. En el interior del huevo las proteínas se agitan rápidamente chocando entre ellas y con las partículas de agua debilitando los enlaces que las mantienen dobladas. Una vez que las cadenas de aminoácidos se han abierto, las partes hidrofóbicas de estas cadenas podrán ahora enlazarse con las cadenas de otras proteínas formando una red entrelazada. Los intersticios de esta red pueden contener restos de agua dando como resultado un gel sólido, *el huevo duro*. Debemos tener cuidado con la sobrecocción del huevo ya que puede hacer que se combinen algo de azufre y de hierro para dar sulfuro de hierro, perjudicial para la salud.



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

### 1.5. ¿Y al batir un huevo?

Al batir un huevo estamos aumentando la superficie de contacto con el aire, al introducirse las burbujas de aire entre las proteínas, modificándose las interacciones hidrofóbicas al desnaturalizar las proteínas del huevo (conalbúmina). Cuando una proteína se enfrenta a una burbuja de aire, los restos hidrofóbicos (repelidos por el agua) se orientan hacia las burbujas de aire y los hidrofílicos (atraídos por el agua) hacia el agua impidiendo que las proteínas enlacen entre ellas como ocurriría al calentar. Esta disposición de las proteínas permite capturar las burbujas de aire dentro de la clara dando a la mezcla una estabilidad estructural. La gran viscosidad de la clara batida se debe a las proteínas llamadas globulinas y ovomucina, las cuáles actúan de soporte facilitando un lento drenaje necesario para que la conalbúmina forme su red. Al aplicar calor sobre el producto resultante, el aire presente en las burbujas capturadas se expande y se solidifica la red en torno a las burbujas impidiendo que la estructura se derrumbe cuando estallen. Por este motivo si batimos bien los huevos nos saldrá una tortilla muy esponjosa.

### 1.6. El prodigio de la mayonesa.

¿Por qué mezclando debidamente yema de huevo, aceite y zumo de limón se puede obtener una mayonesa tan sólida cómo para obtener una cucharilla pie?

En realidad, la mayonesa puede considerarse una emulsión de aceite y agua, cuya consistencia se debe a las lecitinas contenidas en la yema de huevo. Se tratan de moléculas *tensoactivas* cuyas extremidades se comportan de modo diferente: una se liga al agua y la otra la repele. Sobre cada gotita de aceite se dispone al menos un estrato de lecitina, con la parte hidrófila vuelta hacia el exterior, de modo que puede ligarse a moléculas de agua. Las gotitas no tienden a fundirse una con otra porque sus superficies asumen una pequeña carga eléctrica que las hace repelerse. La lecitina tiene pues, el efecto de estabilizar la emulsión, endureciéndola. Naturalmente, en contra de lo que podría parecer, es preciso que la cantidad de agua –zumo de limón- sea suficientemente grande para mantener las gotitas de aceite separadas.

### 1.7. ¿Por qué se tuesta el pan?

El pan se tuesta al reaccionar un aminoácido presente en las proteínas del pan deshidratado y formando una capa de pan seco y crujiente sobre ella, al derretir los azúcares y el almidón del pan se logra un color oscuro.



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

**1.8. ¿Qué ocurre durante la maduración de la fruta?**

A medida que la fruta madura la degradación de la clorofila hace que aparezcan pigmentos amarillos *carotenos* y rojos *antocianos*, y el almidón de la fruta se transforma en azúcar disminuyendo su acidez.

**1.9. El frigorífico más antiguo del mundo.**

Vamos a explicar por qué para mantener fresca una bebida o un alimento, incluso a pleno sol, se envuelve a una tela mojada.

La tela mojada está inevitablemente sujeta a una continua evaporación. La evaporación del agua requiere una notable absorción del calor, unas 540 calorías por gramo. Parte del calor proviene del exterior, pero otra parte se extrae del espacio encerrado en la tela y, por tanto, lo que se encuentra en él se mantiene mucho más fresco que el ambiente que lo rodea.

**1.10. ¿Son buenas las frituras?**

Aunque el aceite de oliva es muy bueno para nuestra salud, al calentarlo en la fritura o en el rehogado sus propiedades varían. Los aceites se transforman en otros tipos de grasas, estas saturadas, que favorecen el asentamiento del colesterol en las arterias aumentando los riesgos cardiovasculares. Cuando el aceite humea o huele a frito es porque está quemado, pasando a contener sustancias tóxicas para el organismo. Peor resulta cuando este aceite se reutiliza en diferentes frituras ya que se arranca fácilmente. Además, la fritura absorbe aceite en gran cantidad resultando de digestión más lenta a parte de la gran cantidad de calorías que proporciona.

**1.11. ¿Por qué la carne asada tiene más sabor que la carne hervida?**

La carne hervida no supera nunca, durante la cocción la temperatura de 100°C. En los asados, que alcanzan temperaturas bastantes más altas, tienen reacciones en las que los azúcares y los aminoácidos de la carne pueden formar lazos cruzados y dar lugar a nuevos compuestos, situados sobre todo en la costra de la carne, de sabor intenso y nueva coloración, típicamente marrón. En la cocción al horno de microondas condiciones son análogas a las del hervido, lo que sugiere, en busca de nuevas perspectivas, emparejar la cocción del microondas con la del horno tradicional.



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

### 1.12. El café exprés.

Exponemos a continuación por qué el café hecho con una cafetera exprés es más fuerte y gustoso que el que se obtiene con filtros.

En la cafetera exprés, como con la cafetera del bar, se aprovecha la propiedad de que, bajo presión, el agua hierve a temperatura superior a los  $100^{\circ}\text{C}$  (ecuación de Clasius-Clapeyron). La cafetera inventada en Italia, está diseñada de modo que, cuando el agua empieza a hervir, el vapor generado no puede salir, sino que queda recogida en un espacio cerrado encima de la propia agua. De este modo ejerce una presión sobre el agua, forzándola a subir por un conducto central que la lleva al café molido. Si éste está debidamente comprimido, para atravesarlo el agua tiene que vencer una resistencia considerable. Esto tiene el efecto de aumentar la presión del vapor que empuja. A presión más elevada corresponde una temperatura de ebullición más alta, de modo que, cuando el agua finalmente el agua consigue filtrarse a través del café molido, ha alcanzado una temperatura superior a los  $100^{\circ}\text{C}$  (se puede estimar entre  $120$  y  $130^{\circ}\text{C}$ ). En estas condiciones el poder de extraer sabor y aroma de café aumenta mucho. Es muy probable, que el término *expreso* se haya acuñado a partir de la síntesis de la palabra *extra* y *pressione*, más que del hecho de que su preparación sea más rápida que con otros métodos.

### 1.13. Caliente y frío aparentes.

¿Por qué los objetos de diferentes materiales, aun hallándose a la misma temperatura, al tacto nos parece uno más caliente y el otro más frío? Un metal a  $10^{\circ}\text{C}$  parece helado y a  $50^{\circ}\text{C}$  abrasador, mientras que la madera, a una y otra temperatura, no nos parece muy diferente.

La sensación de frío o calor que se experimenta al tocar un objeto no depende sólo de su temperatura, sino también, en gran medida, de su conductividad térmica. Si dos objetos de diferentes temperaturas se ponen en contacto, el calor fluye espontáneamente del más caliente al más frío, hasta el momento en las dos temperaturas se igualan (equilibrio térmico). Ahora bien, en el caso de un dedo que toque un objeto más frío, cuanto más rápidamente sea capaz dicho objeto de pasar a otra parte el calor que recibe, más necesario será proporcionarle más para aproximarse al equilibrio térmico. La sensación de frío está asociada precisamente a la medida en que el calor es sustraído a nuestro dedo. La madera es un buen aislante térmico y se contenta con pequeñas cantidades de calor. Para un metal vale lo contrario. Naturalmente, el rozamiento resulta idéntico en el caso de que el dedo esté más frío que el objeto. A  $50$  grados el metal quema porque es capaz de hacer fluir el calor al punto de contacto en un tiempo breve. También una gran capacidad térmica-en el caso del mármol, que también es un aislante- puede producir efectos análogos a los de una elevada conductividad térmica.





ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

#### 1.14. ¿Cómo afecta la acidez a las verduras?

Los vegetales tienen color verde debido a la presencia en sus hojas de clorofila. La clorofila reacciona con los ácidos (vinagre, limón...) dándole un cambio de color bronce a las hojas.

#### 1.15. ¿Por qué lloramos al cortar la cebolla?

Al cortar la cebolla con el cuchillo estamos mezclando una enzima y una proteína produciendo un compuesto sulfurado llamado óxido sulfúrico de propanoetil que ataca las glándulas lagrimales y produce ese olor característico. Al ser soluble en agua si cortamos la cebolla con el cuchillo mojado en agua evitará que lloremos.

#### 1.16. ¿De dónde viene el sabor del ajo?

Al igual que en la cebolla, el ajo posee una proteína y una enzima que mezcladas al cortar el ajo con el cuchillo, producen un compuesto sulfurado que produce el olor característico del ajo.

#### 1.17. Música con copas.

Vamos a analizar por qué haciendo deslizar un dedo mojado sobre el borde de una copa de cristal- o pasando por dicho borde el arco de un violín- se puede producir un bello sonido prolongado en el tiempo. También detallamos cómo se relaciona el sonido emitido con el nivel de líquido de la copa.

Es un juego que todos hemos intentado con más o menos acierto. El roce del borde de la copa la hace vibrar, tanto longitudinalmente como transversalmente. Este segundo movimiento se acompaña con el del líquido contenido en el interior, que muestra ondas concéntricas. El espacio vacío de la copa hace de caja de resonancia, de modo que la altura de la nota emitida puede fijarse a priori, graduando el nivel hasta el que llenemos la copa. Lógicamente la *bondad* del resultado va a depender de la calidad del cristal del que esté hecha la copa. En tiempos de Mozart, se tocaba un instrumento, la glasharmónica, que constaba precisamente de una serie de copas de cristal tocadas con un arco de violín. Observando los datos siguientes podemos comprobar como varía la frecuencia del sonido emitido variando la cantidad de agua presente en la copa.

	COPA CASI VACÍA	COPA CASI LLENA
--	-----------------	-----------------





ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

1 <sup>er</sup> armónico	1400 Hz	1000 Hz
2 <sup>o</sup> armónico	2800 Hz	2000 Hz
3 <sup>er</sup> armónico	4100 Hz	2900 Hz

Nótese que la resonancia principal, cuando se llena la copa, baja de 1400 hercios a unos 1000 hercios, y correspondientemente descienden el segundo y tercer armónicos.

## 2. CONCLUSIÓN.

Los expertos en cocina saben desde hace mucho tiempo que la gastronomía es una actividad de naturaleza físico-química. Así en 1742, Marin escribe en los *Dons de Comus: La ciencia del cocinero consiste en descomponer, en hacer digerible, y en quintaesenciar la carne, en extraer los jugos alimenticios.*

Mi artículo pretende llevar al lector del asombro a la reflexión. Asombro de lo cotidiano e inmediato, reflexión sobre fenómenos aparentemente desconectados. Considero que uno de los puntos más descuidados en el aprendizaje de las ciencias es la ausencia de ejemplos accesibles para los estudiantes. Sólo habiendo interés y entusiasmo, podrán desarrollarse actitudes científicas. No tiene ningún efecto positivo dar una colección de fórmulas tediosas y faltas de sentido entre sí y con la realidad de los estudiantes. Para finalizar, es inútil esperar que los estudiantes cambien sus actitudes ante el aprendizaje si los profesores no cambiamos nuestra actitud ante la enseñanza, si no empezamos a descubrir la ciencia cómo algo que tiene que ver cotidianamente con nuestra vida. La gastronomía.

## 3. BIBLIOGRAFÍA.

- Harold Morowitz, J. (1991). *La Termodinámica de la pizza*. Barcelona:Gedisa.
- Frova, A. (1999). *Por qué sucede lo que sucede*. Madrid: Alianza Editorial.
- Vinagre Arias, F., Mulero, R. y Guerra, J.M. (1998). *Cuestiones curiosas de Química*. Madrid: Alianza Editotial.
- Messadié, G.(1995). *Grandes descubrimientos de la Ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.



ISSN1988-6047DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°47 – MES SEPTIEMBRE 2011

Autoría

---

- Nombre y Apellidos: M<sup>a</sup> Eugenia González Gallardo
- Centro, localidad, provincia: I.E.S. Saltés, Punta Umbría, Huelva.
- E-mail: m\_eugenia76@yahoo.es