



ISSN 1666-7948

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista **QuímicaViva**

Número 1, año 7, Abril 2008

quimicaviva@qb.fcen.uba.ar

Cómo aprender ciencia cocinando: CIENCIA EN PAELLA

Science in paille

M^a Ángeles Sánchez Guadix

**Profesora de Educación Secundaria en el IES “Isabel la Católica” de Guadahortuna
Granada España**

Email: mulhacen1@hotmail.com

Resumen

Es necesario introducir en las aulas aspectos relevantes y motivadores de la química. Uno de ellos es la química de la cocina, así como los trucos culinarios en la preparación de paellas que han funcionado generación tras generación gracias a la “investigación casera”. Es el momento de reflexionar sobre ellos, justificarlos científicamente y estudiar las posibilidades didácticas de los mismos.

Palabras clave

Química cotidiana, química culinaria,

Abstract

Relevant and motivating aspects of chemistry should be introduced in the classroom. One of them could be “chemistry in the kitchen”, commenting on cooking tricks when elaborating meals such as paelles, that have been perfected so well generations after generations, thanks to “home cooking research”. It is time to think about this subject, finding their scientific basis and investigating their didactic possibilities in the classroom.

Key words:

Daily chemistry, cooking chemistry

Introducción

Después de consultar las reflexiones de Porro (2007) sobre los motivos por los que estudiantes de secundaria no eligen química como carrera universitaria, comprendo que este problema es universal. Quizás una forma de despertar vocaciones químicas sea presentando de forma diferente esta materia que de por sí es suficientemente atractiva, y por qué no a través de la cocina.

Comer es una necesidad, pero a la vez un gran placer. También existe placer en el acto de cocinar, especialmente si lo aderezamos con un poco de ciencia para interpretar lo que estamos creando. La cocina debe ser divertida y relajante, además de creativa. Si estimulamos al alumnado para que aprendan ciencia cocinando y le permitimos experimentar y divertirse, irán descubriendo los placeres de la cocina, y por qué no, los de la ciencia, mientras que aprenden una lección para toda la vida (Sánchez Guadix 2007, Ortalli y Ricati, 2007).

Aprender ciencia preparando una paella

Uno de los platos por los que se conoce internacionalmente la gastronomía española es la paella. Recetas de paella existen tantas como personas que se pongan manos a la obra para prepararla. Hemos de elegir una, así que nos quedamos con la publicada en “El libro de las técnicas de cocina” de “El País-Aguilar”, 1997, para preparar una paella valenciana.

Ingredientes:

- 750 g de pollo
- 500 g de conejo
- 4 tacitas de café de arroz de grano medio
- 250 g de judías verdes (ferraura)
- 125 g de judías de grano tierno (tabella)
- 200 g de garrafón fresco (100 g si es seco)
- 2 tomates
- 8 cucharadas de aceite
- 1 ramita de romero
- 1 cucharadita de pimentón
- Azafrán
- Sal
- Dos litros de agua o caldo

Nota del editor:

garrafón: Variedad de alubia (judía, poroto, habichuela) ancha y grande de origen español, muy utilizada para la típica paella valenciana

judías verdes (ferraúra): chauchas

judías de grano tierno (tavella o tabella): porotos blancos

Procedimiento:

Freír: Trocear el pollo y el conejo, sazonarlos, calentar el aceite y freír las carnes hasta que estén doradas.

Rehogar: Añadir las judías verdes limpias a la paella si son frescas, si son de lata se incorporan con el arroz. Agregar el tomate pelado y picado o rallado y rehogar ambas verduras.

Cocer: cubrir con el agua hirviendo y cocer hasta que las carnes estén tiernas. Añadir los distintos tipos de judías (garrafón y tabella), así como la ramita de romero. Comprobar el punto de sal y agregar el pimentón y unas hebras de azafrán. Dejar cocer hasta que las carnes y los demás ingredientes se hagan y el caldo esté sabroso.

El arroz: Reservar un poco de caldo por si hiciera falta añadirlo durante la cocción del arroz. Cuando el líquido quede bajo los remaches de las asas de la paella, echar el arroz y mezclar con la espumadera para que resulte bien igualado. Cocerlo a fuego vivo los 10 primeros minutos, a fuego gradualmente más bajo 8 o 10 más. Por último dejar reposar 5 minutos fuera del fuego antes de servir

Si consideramos esquemáticamente esta receta, podemos comprobar que hay muchos momentos útiles para reflexionar aprendiendo ciencia y numerosos conceptos científicos que estudiar.

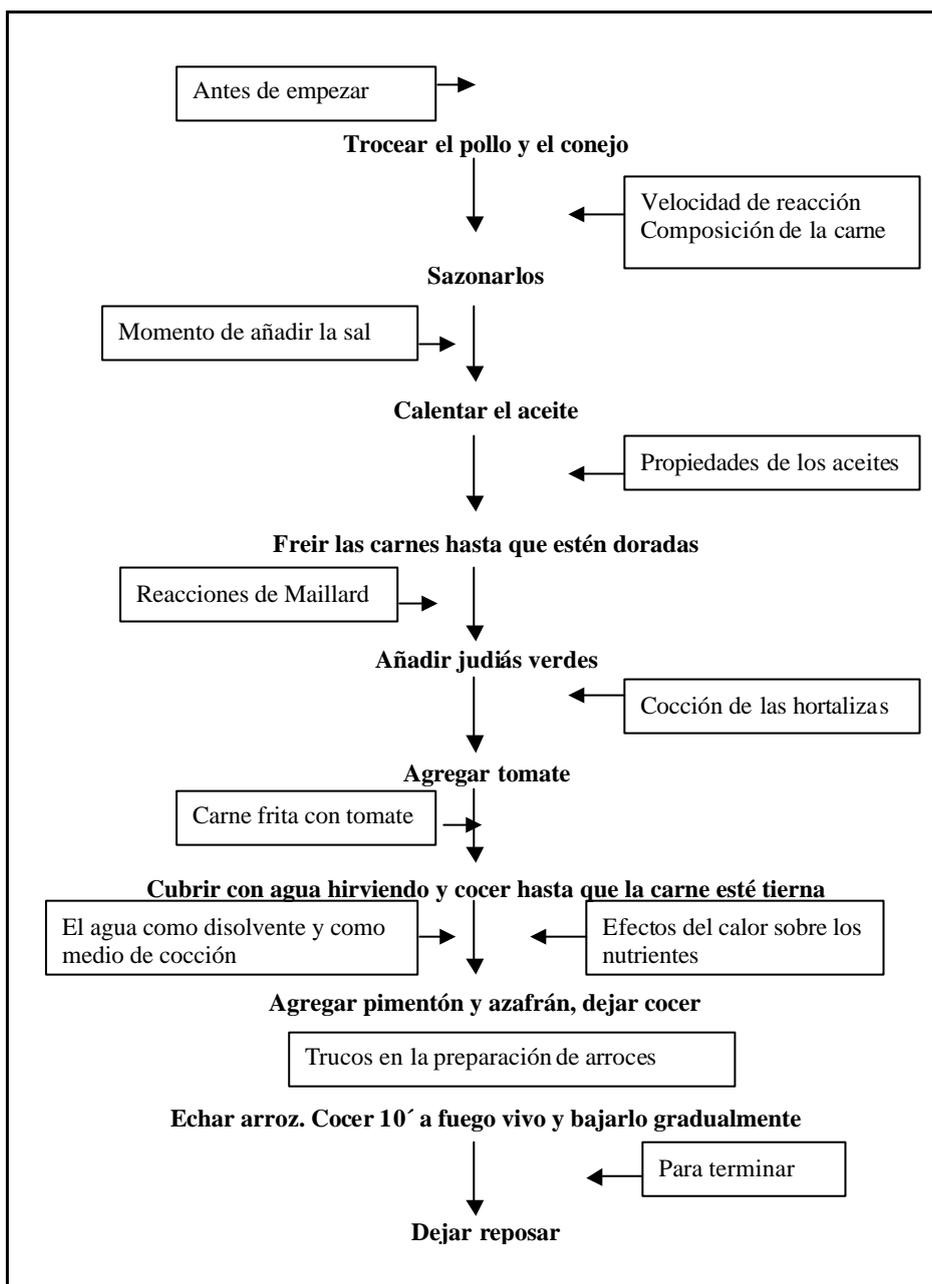


Figura I: Momentos de reflexión didáctica en la preparación de la paella

Veamos detenidamente estos momentos, así como sus aplicaciones didácticas

Antes de empezar:

Suele ser frecuente tener en casa algunos de estos ingredientes congelados, por ejemplo las carnes. Pues bien, didácticamente se puede hacer un repaso interesante sobre las propiedades térmicas del agua y del hielo. Así pues la conductividad térmica del hielo a 0°C ($2,24 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) es cuatro veces mayor que la del agua a la misma temperatura ($0,57 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$),

lo que indica que el hielo conduce la energía calorífica a una velocidad mayor que el agua inmovilizada, por ejemplo, en los tejidos. Recordemos que la velocidad de conducción del calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo, según la ley de Fourier, y que el factor de proporcionalidad es precisamente la conductividad térmica ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1} = \text{mkg s}^{-3}\text{K}^{-1}$).

Es importante también la difusividad térmica, ya que indica la velocidad a la que los alimentos sufren cambios de temperatura. La del hielo ($11,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) es, a 0°C , unas nueve veces mayor que la del agua ($1,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$). Las diferencias existentes entre los valores de conductividad y difusividad térmicas de agua y hielo explican por qué los tejidos se congelan más rápidamente que se descongelan. Cuestión ésta a tener en cuenta cuando hemos de descongelar para la preparación culinaria que nos ocupa.

Evidentemente, hemos de lavar las carnes y verduras antes de añadirlas al guiso, de hecho hemos encontrado un truco que dice:

“La mejor manera de lavar el arroz es ponerlo en un colador y meter éste en la cazuela con agua. De esta manera con la mano se va removiendo el arroz en el agua, que hay que cambiar varias veces hasta que éste del todo limpio”.

Ahora bien, modernamente hay un proceso industrial para recuperar parte de las vitaminas que se eliminan del arroz en el proceso de abrasión (eliminación de la cutícula en forma de salvado). Este proceso consiste en sumergir los granos de arroz en una disolución de vitaminas y después secarlo. Por tanto, el arroz no se debería lavar si no queremos perder estas vitaminas. Además, puede absorber agua, por lo que al final nos saldrá un arroz caldoso.

Son numerosas las cuestiones científicas que podemos plantear en el aula al hilo de estas observaciones. Por ejemplo, se puede realizar un estudio de la solubilidad de distintas sustancias en medio acuoso o plantear una investigación abierta sobre la cantidad de agua que puede absorber el arroz. En dicha investigación es de gran importancia el control de variables.

También es importante el recipiente donde preparamos este plato, de hecho, el recipiente plano y metálico que le da el nombre a este plato es la paella. Al ser de base ancha y paredes bajas, la evaporación de agua es más rápida y el grano queda suelto, seco y entero. También es necesario que el fondo sea plano para que reciba uniformemente el calor. Puede ser un buen momento para recordar las formas de transmisión del calor y las propiedades térmicas de los metales.

Velocidad de reacción

Hemos de reflexionar ahora sobre la necesidad de trocear y picar los ingredientes. En general, las reacciones ocurren tanto más rápidamente cuanto mayor sea la superficie de contacto entre los reactivos. Al cortar la carne o las verduras en trozos pequeños, aumenta la superficie de contacto con el aceite y por tanto la velocidad a la que ocurren los distintos cambios implicados en la fritura.

Como sabemos, otro de los factores que aumenta la velocidad de una reacción es el aumento de temperatura, esto justifica que las comidas se cocinen antes en una olla a presión que en una cazuela abierta.

El grado de agitación también facilita los cambios sufridos por los alimentos. Cuando se prepara una comida se emplea una cuchara o removedor para ayudar a que se mezclen todos los ingredientes de forma homogénea. Aunque las moléculas de cada una de ellos tienden de forma natural a mezclarse, tardarían mucho tiempo. Remover es aumentar la velocidad de las moléculas y por tanto facilitar el proceso.

Estas reflexiones culinarias se podrían justificar a la luz de la teoría cinética de la materia, piedra angular de la Química.

Composición de la carne

Si consideramos la composición de la carne (15-20% de proteínas de alta calidad o ricas en aminoácidos esenciales, glúcidos escasos y en forma de glucógeno, porcentajes variables de grasas, sales y vitaminas poco abundantes), podemos hacerle recordar al alumnado las moléculas orgánicas de interés nutricional así como sus funciones en el organismo. Puede ser un buen momento para determinar experimentalmente la proporción de agua que contiene la materia de los seres vivos, en este caso un trozo de carne de un animal. Para ello, basta con pesar un trozo y calentar convenientemente hasta su total deshidratación. La pérdida de peso corresponde al agua contenida en la muestra inicial. Una sencilla proporción nos permitirá calcular el porcentaje buscado.

También puede ser un buen momento para estudiar la desnaturalización de las proteínas. De hecho, la coagulación de las proteínas es una de las razones fundamentales por la que los alimentos cambian cuando se cocinan. Ahora bien, el calor no es la única manera posible de coagular las proteínas. Algunos disolventes orgánicos pueden producir efectos similares, por ejemplo, el alcohol etílico coagula la clara del huevo. En otros casos, se coagulan por la presencia de ácidos. La caseína es una proteína que se encuentra en la leche en forma coloidal; no se coagula por sí sola a bajas temperaturas pero sí lo hace si añadimos un ácido.

En el estómago de los mamíferos la leche se coagula gracias a una enzima llamada renina (más corrientemente cuajo).

Observando estos hechos es más fácil comprender la estructura de las proteínas como moléculas que contienen largas cadenas cuyos eslabones se llaman aminoácidos. Los aminoácidos tienen átomos de C, H, O, N y en algunos casos átomos de azufre. Debido a la disposición de los átomos en las cadenas, en sus extremos se originan pequeñas cargas eléctricas. Son estas cargas de igual signo las que mantienen muchas proteínas en estado coloidal.

La rotura del coloide y la consiguiente coagulación se logra de varias maneras:

- a) Si aumentamos la agitación de las moléculas al comunicar energía calorífica; es el caso de la coagulación de las proteínas del huevo y de la leche al hacer un flan. El calor suministrado hace que las moléculas de las proteínas adquieran un movimiento tal que es capaz incluso de vencer las fuerzas de repulsión eléctricas. De esta manera se juntan, coagulando la masa del flan.
- b) Si anulamos las cargas eléctricas; esto es lo que ocurre al añadir un ácido como el zumo de limón o vinagre a la leche. Las cargas eléctricas que contiene el ácido anulan las de las cadenas proteicas al ser de signo contrario y la caseína de la leche coagula.
- c) Si aumentamos la agitación de las moléculas por medios mecánicos: por ejemplo al batir la clara de huevo, el procedimiento es idéntico al de calentar.
- d) Si deshidratamos el coloide: la estabilidad de algunos coloides, por ejemplo, los de la clara y la yema de huevo, está determinada por la hidratación de sus moléculas. Si añadimos un agente deshidratante, la estructura coloidal se desmorona, y coagulan las proteínas. Este proceso es el que debe ocurrir al colocar la clara de huevo en alcohol; probablemente se produzca al mismo tiempo, y gracias a las moléculas de alcohol, un enlace químico entre las cadenas de proteínas. La acetona produce el mismo efecto que el alcohol.

Momento de añadir la sal

Nos encontramos ante otra situación interesante para reflexionar científicamente sobre los procesos osmóticos: si añadimos la sal al principio del guiso, la carne conservará sus jugos, ya que la concentración de la disolución salina será mayor en el medio de cocción que en el interior de la pieza y ésta conservará un gusto mayor. Pero si esperamos al final de la cocción para salar, las sales minerales de la carne pasarán al caldo para igualar la concentración salina. El caldo quedará enriquecido, pero la carne se volverá más insípida. Por lo tanto, si se persigue un buen guiso donde todos sus componentes deben aportar sus notas, se recomienda salar moderadamente al principio de la cocción.

Por otra parte, al hervir las verduras, conviene también echar un pellizquito de sal; se trata de aplicar el fenómeno de la ósmosis. Lo hacemos para que las verduras no se llenen de agua.

Además hemos de considerar los procesos de desnaturalización de las proteínas puesto que si el aceite está muy caliente este proceso ocurre rápidamente en las proteínas de la superficie de la pieza de carne dificultando el paso de sustancias. Al echar la carne en frío, la superficie de la carne mantiene una porosidad mayor durante más tiempo.

Propiedades de los aceites

Puesto que uno de los pasos fundamentales en la preparación de la paella, así como en la otros muchos platos, es la fritura previa, estamos en una situación excelente para reflexionar sobre la importancia gastronómica y nutricional de las grasas.

Si nos centramos en la primera, tenemos que recordar que muchas de las sustancias que proporcionan los matices del sabor, naturales o producidas durante los procesos culinarios son hidrófobas, por lo que se mezclan con las grasas y aparecen disueltas en ellas, igual ocurre con algunas vitaminas. Por tanto, un guiso sin grasa estará bastante más insípido.

Otro papel culinario importante de las grasas es el de transmitir el calor desde la cazuela a los alimentos de manera uniforme. El agua puede desempeñar bien este papel, pero tiene un límite, puesto que su punto de ebullición es de 100°C. Utilizando agua nunca se puede sobrepasar esta temperatura (a no ser que se cocine a presión), por tanto, si se quiere alcanzar los 150°C, indispensables para que tengan lugar las reacciones de Maillard, (de las que nos ocuparemos más detenidamente después), es necesario utilizar aceite.

Y hablando de temperaturas, es necesario recordar el punto crítico de la grasa empleada, o lo que es lo mismo, la temperatura máxima que dicha grasa soporta antes de empezar a quemarse y a generar compuestos tóxicos. La degradación del aceite se debe a que mucho antes de llegar a su punto de ebullición comienza a desestabilizarse generando multitud de derivados orgánicos; algunos de ellos son volátiles y comienzan a desprenderse en forma de humo. El punto crítico del aceite de oliva es, aproximadamente, de 210° C. El de los aceites de semillas, girasol, soja, maíz, etc., es, aproximadamente, de 170° C y el de las diferentes grasas animales, manteca, mantequilla, margarinas, sebos, etc., va de 80 a 120° C. Al ser 180-190° C la temperatura óptima de fritura de la mayoría de los alimentos, se puede afirmar que el aceite de oliva es la grasa más conveniente para las frituras.

Las cuestiones anteriores las recoge la sabiduría popular en forma de trucos o consejos, por ejemplo:



Figura II: Representación de la retroalimentación ciencia-cocina

- *El aceite debe calentarse a fuego moderado, no a fuego vivo.*
- *Nunca debe dejarse humear el aceite.*
- *Una forma sencilla de comprobar la temperatura del aceite consiste en echar una bolita de pan en él. Cuanto más rápidamente se sumerja el pan y más tarde en subir a la superficie, más frío está el aceite. Si el pan no llega a sumergirse y empieza rápidamente a dorarse, la temperatura del aceite es elevada, aproximadamente 180° C, idónea para empezar la fritura.*
- *Nunca deben mezclarse aceites de diferente procedencia, semillas y oliva, ni tampoco aceite nuevo con aceite usado.*

Puede ser interesante proponerle al alumnado recoger distintos trucos, similares a los considerados en este artículo, publicados tanto en libros de cocina como en revistas de sociedad, para buscarles la interpretación científica por la que funcionan.

Continuando con nuestra receta, recordemos que estábamos friendo las carnes y que posteriormente debemos añadir verduras. Ahora el término culinario más adecuado es sofreír o freír lentamente en una cantidad escasa de aceite. Se utiliza un fuego bajo para que dé tiempo a que el alimento suelte sus jugos, que se van añadiendo al aceite, de modo que al principio se alcanza alta temperatura, pero poco a poco la preparación acaba siendo un hervido en poco líquido.

Con estas reflexiones probablemente hayamos tenido ocasión de desmitificar el papel perverso de las grasas, valorar su importancia culinaria y la necesidad de incluirlas en la dieta equilibrada. Como complemento a este trabajo se puede determinar, de forma rápida, si un aceite de oliva es virgen o ha sido refinado. Si es así, tendrá un compuesto clorado (tetracloruro de carbono) que se puede detectar fácilmente. Para ello se toma un alambre de

cobre con una pinza y se calienta el extremo hasta que no tenga coloración verdosa. Posteriormente se humedece en aceite y se devuelve a la llama. Si aparece coloración verde, indica la presencia de cloro en el aceite y, por tanto, la posibilidad de que haya sido refinado.

Reacciones de Maillard

En nuestra receta, podemos leer que es necesario freír la carne hasta que adquiera una coloración dorada; señal inequívoca de que se han producido las reacciones de Maillard. Ante este nombre, podría ser interesante hacer un poco de historia: El químico francés Louis Camille Maillard pretendía descubrir la estructura de las proteínas, y por eso calentó en un recipiente aminoácidos y azúcares. Así se produjo la reacción que más adelante tomaría su nombre.

La reacción de Maillard es en realidad una sucesión de varios fenómenos, no todos conocidos en profundidad: cuando los aminoácidos se calientan en presencia de hidratos de carbono, se elimina una molécula de agua, y ambos se unen formando un nuevo compuesto. Este reacciona con otros, y resultan moléculas con forma de anillo o aromáticas porque son las que confieren sabor.

En este punto, vuelven a intervenir las grasas; muy especialmente, el aceite. Las moléculas de grasa se unen a las aromáticas e impiden que éstas se evaporen. En una palabra: las moléculas aromáticas que se desprenden conforman el olor, y las que quedan dentro hasta que nos las comemos son las que componen el sabor del alimento.

Evidentemente, en un nivel de enseñanza secundaria no tendría mucho sentido desentrañar teóricamente la sucesión de cambios químicos que se producen en las reacciones de Maillard. Ahora bien, se pueden proponer investigaciones para determinar las características organolépticas, de forma cualitativa, de distintas piezas de carne sometidas a distintos procesos culinarios y en distintos medios: acuoso, graso, aire caliente, microondas...

La cocción de las verduras

Cuando preparamos un plato que contenga distintas verduras, nos puede interesar considerar científicamente en el aula el color y la consistencia de las mismas, tanto por su presencia en el plato como por su textura más o menos agradable.

Pues bien, es necesario reflexionar sobre el color, así las hortalizas y verduras verdes, son verdes porque contienen en sus tejidos moléculas de un pigmento llamado clorofila. La

clorofila es el pigmento más abundante en el reino vegetal y su estructura química es similar a la de la hemoglobina de la sangre, sólo que en lugar de un átomo de hierro en el centro de su molécula contiene un átomo de magnesio. La decoloración o la pérdida más o menos intensa del color verde en los vegetales verdes cuando se cuecen se debe a una alteración o destrucción de las moléculas de clorofila. El calor de la cocción facilita que el átomo de magnesio central de la molécula sea reemplazado por átomos de hidrógeno de los propios ácidos del vegetal o del agua de cocción si era neutra o ligeramente ácida. Suele ser frecuente encontrar consejos de cocina que invitan a cocer las verduras con una pizca de bicarbonato sódico, de esta manera el pH del medio será ligeramente alcalino y no se alterará la molécula de clorofila. Si se añade un poco de álcali en forma de bicarbonato sódico, éste actúa así:

$\text{NaHCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$. Los iones de sodio (Na^+) se combinan con el residuo negativo del ácido.

Si no se neutraliza el aporte de ácido se destruye parte de la clorofila al tener lugar el mismo intercambio con los átomos de magnesio que con los átomos de sodio del bicarbonato sódico.

Ahora bien, además de impartir un sabor extraño al guiso, el bicarbonato sódico afecta negativamente a la textura de los vegetales, poniéndolos excesivamente blandos, ya que aumenta la solubilidad de la hemicelulosa de las paredes celulares de los mismos.

Llegados a este punto, se puede proponer en clase una investigación para determinar la influencia del pH del medio en la cocción de judías verdes considerando parámetros como el color y la textura.

También puede ser interesante estudiar las características ácido-base de distintas sustancias que podemos encontrar en casa. Para ello lo mejor es utilizar indicadores caseros como la lombarda (*repollo colorado*). Para ello hemos de trocearla, añadirle agua hirviendo, dejarla reposar durante quince minutos y filtrar. Ya estamos en condiciones de usar este extracto como indicador. La razón de esta utilidad hemos de buscarla en la existencia de una familia de pigmentos llamados antocianinas que son los responsables de los colores rojos, púrpuras y azules de muchas hortalizas, flores y frutos, como lombarda, remolacha, rábanos, uva negra, moras, etc. Todos ellos son solubles en agua y muy sensibles a las variaciones del pH del medio. Esto quiere decir que se comportan como indicadores de ácido-base. En medios ácidos son rojos, en soluciones neutras muy ligeramente violáceos y en medios alcalinos de color azul.

El color de los vegetales sigue siendo el protagonista de otros trucos culinarios, a modo de ejemplo consideramos el siguiente:

“Si la paella se pone negra porque tienen habas o alcachofas hay que rociarla con el zumo de

un limón al reposar”.

El ennegrecimiento que se produce cuando se cortan las alcachofas es debido a una reacción enzimática entre dos sustancias que dentro del tejido vegetal de la alcachofa se encuentran aisladas, pero que cuando se parte la alcachofa y por tanto se rompe dicho tejido entran en contacto produciéndose una oxidación. Las enzimas polifenoloxidasas introducen oxígeno en las moléculas de los compuestos fenólicos que contiene el tejido vegetal de las alcachofas, oxidándolos a polifenoles que son polímeros de color marrón. Este mismo tipo de reacción enzimática es la responsable del ennegrecimiento de otras hortalizas y frutas cuando se parten, como los champiñones, las manzanas, las peras, los aguacates, las aceitunas verdes, etc. Hay varias formas de evitar o controlar dicha reacción, pero la más sencilla y práctica es utilizar zumo de limón para impregnar las alcachofas recién cortadas, ya que la reacción se hace más lenta en condiciones ácidas y por la acción antioxidante de la vitamina C que contiene el zumo, oxidándose ella antes que los compuestos fenólicos. De todas formas, es conveniente añadir las alcachofas rápidamente al agua hirviendo, ya que la temperatura de ebullición destruye la enzima. La adición de las alcachofas sobre agua ligeramente salada es otra alternativa, ya que los iones cloruro de la sal inhiben la acción enzimática.

Didácticamente nos encontramos frente a un nuevo tipo de reacciones químicas: las reacciones de oxidación, y podemos proponer investigaciones para prevenirlas en función de los conocimientos que se han adquirido.



Figura III: Otra forma de aprender disfrutando

Para terminar con el tratamiento culinario de verduras y hortalizas en la paella, recordemos que suele ser frecuente añadir pimientos al sofrito. En este caso es necesario tener en cuenta que algunos pueden picar. Esto se debe a la presencia de un grupo de sustancias denominadas capsaicinoides, que son producidas por la base del fruto de los pimientos, sobre la que se sujetan las semillas. Estas sustancias pueden actuar sobre los

receptores del dolor causando quemazón, lagrimeo, sudoración e incluso ampollas en la lengua. Los capsaicinoides son derivados hidrófobos de terpenos, así que beber agua no remedia el dolor que pueden producir. Dado que son sustancias liposolubles es necesario buscar un disolvente adecuado, por ejemplo aceite. Pero también son parcialmente solubles en alcohol, por lo que se suele asociar la ingesta alcohólica con las comidas picantes. Otra solución sería beber leche, puesto que la grasa de la misma disuelve parcialmente las moléculas de capsaicinoides y además la caseína de la misma se asocia con los grupos apolares de dichas moléculas bloqueando su acción.

Como aplicación didáctica de esta última idea podemos estudiar las diferencias de solubilidad y crear un conflicto con la idea “el agua es un disolvente universal”.

Carne frita con tomate

En las investigaciones que hemos sugerido en párrafos anteriores para el estudio de la desnaturalización de proteínas se utiliza huevo o leche, porque lo hacen con facilidad. Afortunadamente no es tan fácil en el caso de la carne, gracias a una proteína denominada colágeno. Las partes duras de la carne contienen más colágeno que las blandas. El problema que se presenta cuando se prepara una carne dura es ablandar esa sustancia. Afortunadamente no es una tarea difícil. El colágeno de la carne se disuelve con una cocción prolongada y al enfriarse forma gelatina; por ello, la cocción lenta en agua es el mejor método para las partes fibrosas (recordemos que en la receta que estamos siguiendo la carne hay que cocerla hasta que esté tierna). El proceso de transformación del colágeno en gelatina se acelera si al agua de cocinar se le añade un ácido como el zumo de limón, vinagre o tomates como en el caso de nuestra receta.

El agua como disolvente y medio de cocción

Ha llegado el momento de añadir el agua a nuestro guiso y como sabemos hierve a 100° C, temperatura suficiente para que se produzcan cambios químicos de importancia culinaria, aunque no todos, según hemos considerado al estudiar las reacciones de Maillard. Además en este hervido se producen corrientes de convección que aceleran estos cambios.

En este apartado, y como aplicación didáctica, vamos a recordar las características del agua como disolvente. El agua es un buen disolvente para los compuestos iónicos gracias a las fuertes atracciones electrostáticas entre los dipolos del agua y los iones de dichos compuestos. La solvatación iónica se ve favorecida también por la tendencia del disolvente a oponerse a la atracción electrostática entre los iones positivos y negativos que viene expresada por la

constante dieléctrica (88). Otro tipo de sustancias que se disuelven en el agua con facilidad son los compuestos no iónicos pero de carácter polar, tales como los azúcares, alcoholes sencillos, aldehídos y cetonas. Su solubilidad se debe a la tendencia de las moléculas de agua a establecer enlaces de hidrógeno con los azúcares y alcoholes y el átomo de oxígeno del grupo carbonilo de los aldehídos y las cetonas. El agua también dispersa muchos compuestos que contienen grupos apolares o hidrófobos formando miscelas, siempre que tales compuestos también posean grupos fuertemente polares, tal es el caso de los ácidos grasos. También, en la mayor parte de las proteínas alrededor del 40 % del total de aminoácidos tienen cadenas laterales no polares que formarían estas miscelas.

Los efectos del calor sobre los nutrientes

Hemos considerado ya algunos de los cambios que produce el calor sobre los alimentos. En general y, si no nos excedemos al calentarlos, se esponjan y se ablandan, lo que hace que los podamos masticar más fácilmente; al mismo tiempo adquieren nuevos aromas y modifican algunas de sus propiedades alimenticias.

La cocción contribuye, además, a destruir las bacterias que puedan acompañar a los alimentos, lo que, además de facilitar su conservación, aumenta su calidad como alimento.

Puede ser interesante considerar en el aula también los inconvenientes del tratamiento culinario de los alimentos por la posible disminución en el contenido nutritivo de los mismos. Dicha disminución se puede deber:

- Al calor, ya que a determinadas temperaturas algunos nutrientes de los alimentos se destruyen.
- A las enzimas propias de los tejidos, que existen en las células de los alimentos y que producen una autodigestión.
- A la disolución de los nutrientes en el líquido de cocción (que después se tira)
- A la oxidación y otras reacciones químicas que hacen inutilizables los nutrientes.

Trucos en la preparación del arroz

Son numerosos los factores que hay que considerar para darle el punto preciso de cocción al arroz, fundamentalmente:

- La intensidad del fuego.
- El tipo de arroz.

- La cantidad de agua.
- La dureza del agua y el pH
- El sofrito previo del arroz.

En la receta que estamos siguiendo, nos aconsejan modificar la intensidad del fuego a medida que cocinamos el arroz, de tal manera que al principio sea a fuego fuerte y este se modere los últimos minutos. Esto tiene una explicación: si el fuego está demasiado fuerte, es fácil que la superficie de los granos se haga demasiado antes de que haya llegado suficiente calor al centro. También es necesario que el fogón caliente uniformemente el fondo y que el grosor de la capa de arroz no sea demasiado gruesa, pues se cocinará demasiado por el fondo, llegando incluso a tostarse, mientras que los granos de la superficie pueden quedar con el centro duro.

Estos parámetros controlarán la cocción y la evaporación de forma simultánea para conseguir un arroz cocido y seco. Además, la paella necesitará un periodo de reposo de cinco minutos, antes de servirla, para que el poco líquido que quede al apartarla del fuego sea absorbido por el arroz y éste resulte realmente seco, suelto y sabroso.

Habrá que tener cuidado para que no todo el líquido se evapore antes de que termine la cocción, pues si fuese así, el arroz se pegaría al fondo del recipiente. Este pegado se debe a la reacción química entre el material de la cazuela y los componentes del alimento: en este aspecto hay que destacar la facilidad con que reaccionan los metales y las proteínas. Cuando un alimento contiene proteínas (especialmente si éstas se pueden disolver en el agua del propio alimento), la superficie de contacto con el metal debe ser mínima: si la superficie de la cazuela está rayada por haberla limpiado con métodos agresivos, las estrías microscópicas aumentan increíblemente la superficie de contacto: es seguro que la preparación se pegará.

Para evitar el pegado es necesario utilizar un material con poca tendencia a reaccionar con las proteínas y que ofrezca la menor superficie de contacto posible. Existen dos soluciones: una solución es que la cazuela esté hecha de un material poco reactivo, como el vidrio, el barro o la cerámica. La segunda es interponer una capa de material inerte entre la cazuela y el alimento, bien en forma de material antiadherente, o con una capa de lípidos, poco reactivos con los metales.

También el saber popular ha extendido un truco para remediar en parte el pegado:

“Si el arroz de la paella se pega al fondo de la paellera o de la cazuela, se coloca el recipiente sobre el fregadero sobre un paño mojado. De esta manera lo que esté pegado se irá despegando poco a poco. Éste es un truco muy sencillo pero muy eficaz”.

La explicación que justifica el funcionamiento de este truco se encuentra en el hecho de que el enfriamiento brusco del fondo del recipiente, debido a la evaporación del agua de la

bayeta, provoca una rápida contracción del metal dilatado que a su vez haría que se desprendiese la capa de arroz pegado (los coeficientes de dilatación del metal y del arroz son muy diferentes). Simultáneamente, la elevada conductividad térmica del metal provocaría también un enfriamiento gradual de la capa de arroz pegado y las capas contiguas que frenaría la difusión del sabor a quemado al resto del arroz. La difusión de moléculas a través de un medio es directamente proporcional a su temperatura. Algunas personas prefieren este arroz tostado puesto que, si el arroz pegado no está totalmente negro y quemado, ofrecerá unas características organolépticas distintas debido a las reacciones de Maillard.

Continuando con los factores a considerar con respecto a la cocción, tenemos que considerar el tipo de arroz. Las diferencias radican en las distintas proporciones de amilosa y amilopectina del almidón de dicho arroz. Aunque la amilosa es soluble y la amilopectina no, paradójicamente los arroces ricos en amilosa son más estables y necesitan un calentamiento mucho más prolongado para que se deshaga el grano. Como consecuencia, no se pasan, pero a cambio tampoco absorben el sabor del caldo. Un arroz alto en amilosa es adecuado para el arroz blanco o para platos en los que el sabor está en los otros ingredientes; para arroces secos resulta mucho menos adecuado.

Además, es necesario tener en cuenta que a lo largo de los procesos industriales a los que se somete el arroz, hay muchos granos que se parten y al final del ciclo industrial lo que se obtiene es una mezcla de granos enteros y granos partidos. En estas condiciones, los granos partidos se cocerían antes que los enteros y cuando estos se fueran a cocer ya habría suficiente amilopectina en el medio para producir la pegajosidad el empaste subsiguiente.

En las revistas consultadas encontramos trucos como los siguientes:

“Una vez el esté hirviendo no hay que remover el arroz ya que si se hace, se pegará. Pero si se pega el remedio consiste en lavarlo con agua fría para quitarle el almidón”.

Al remover se favorece la disolución del almidón y por tanto el empaste y pegado del arroz. Recordemos que la esencia de la cocción de la paella es la extensión, para cocerlo uniformemente sin necesidad de removerlo. Si se remueve, lo más probable es que se rompan muchos granos y, por tanto, se produzca un empaste. Una opción para que el contenido de la paella quede uniforme es agitar el recipiente en el plano horizontal, con movimientos de vaivén, asiéndolo por una de sus asas.

“Un truco de lo más casero para medir la cantidad de agua que se necesita al hacer arroz es el siguiente: cuando el arroz esté en la cazuela se coloca el dedo índice rozando el arroz y se empieza a echar agua. Cuando el agua llegue a la articulación de la primera falange ya es suficiente.”

La proporción entre agua y arroz para paellas ronda entre el 2,5 y 3, dependiendo del resto de ingredientes, es decir si estos necesitan menos o más cocción. Con dos de las clases de arroz más frecuentes en los cultivos españoles, experimentalmente se ha comprobado que la variedad de arroz senia absorbe 200 g de agua por cada 100 g de arroz, mientras que la variedad bomba absorbe 140 g de agua por cada 100 g de arroz.

“Si se ha terminado el caldo cuando cocinamos la paella, y los granos de la superficie no están cocidos, se cubre el arroz con un paño húmedo tapando esa parte seca durante el tiempo de reposo de la paella (unos cinco minutos), ya apagado el fuego”.

La explicación pasa porque la humedad del paño y el calor que todavía desprende la paella ablandará los granos secos.

Otro de los factores que hay que conocer para la correcta cocción del arroz es el pH del agua que se va a utilizar. Si éste es algo ácido, las moléculas de amilosa liberadas en la cocción tienden a hidrolizarse, se disuelven antes y espesan menos el caldo. Por tanto, los granos se deshacen por fuera sin llegar a estar hechos por dentro y es necesario evaporar más agua para compensar la fluidez, por lo que el arroz puede llegar a pasarse. Tenemos que tener en cuenta que algunos ingredientes, como el tomate o el limón, tienen sustancias ácidas, que favorecen esta situación. Cuando el agua procede de zonas calcáreas es rica en carbonatos y se puede compensar la acidez de los ingredientes.

Para terminar con la cocción del arroz consideramos que algunas recetas plantean sofreír previamente el arroz. El verdadero sofrito es cuando se echa el arroz directamente en aceite caliente, sin añadir previamente el resto de los ingredientes. En este caso los granos de arroz se tuestan ligeramente, generan algunas notas de sabor y quedan recubiertos de una película de aceite que dificulta que absorban agua. El almidón se hidrata con dificultad, por lo que el arroz sofrido resiste la cocción sin pasarse, queda menos consistente y se mastica mejor. La consecuencia negativa es que absorbe mal los sabores del caldo, por lo que nunca debe sofreírse en platos donde esta absorción sea necesaria. Si se sofríen los demás ingredientes previamente, sueltan agua y el sofrito se convierte en un hervor; al añadir el arroz en último lugar a este preparado acuoso más que sofreírse se comienza a cocer.

Como vemos las posibilidades didácticas abiertas son múltiples y entre ellas podemos plantear el reconocimiento de almidón o su desdoblamiento en medio ácido o con saliva verificando la presencia de glucosa con reactivo de Benedict, el trabajo con indicadores de pH caseros, investigaciones para verificar las mejores condiciones de cocción, etc.

Para terminar

Para finalizar, hemos de tener en cuenta algunas normas de conservación, aunque nuestro plato se consume en cuanto se prepara. Por ejemplo hemos de tener en cuenta la presencia de una bacteria denominada *Bacillus cereus* cuando el arroz se ha mantenido caliente o se ha recalentado inadecuadamente: el arroz cocido debe conservarse muy caliente o enfriarse con rapidez y refrigerarse. Los síntomas son vómito persistente antes de que haya transcurrido una hora de haber comido el arroz, o diarrea posteriormente. La recuperación es rápida.

Por otra parte, sabemos que la limpieza de la paella es necesaria hacerla con sumo cuidado, así se evita el rayado y posterior pegado. Además, al guardarla no debe pintarse con aceite, ya que le proporcionaría un sabor rancio al utilizarla posteriormente. Lo mejor es espolvorearla con harina, que absorberá la humedad y evitará que se oxide.

Pero aquí entramos en la química de la limpieza y esto nos daría para varios artículos más.

Breve conclusión

En definitiva con estas reflexiones y propuestas, extrapolables a la preparación de cualquier otro guiso, pretendemos fomentar la cultura científica y las competencias propias de esta alfabetización científica mientras que usamos contenidos propios, también coeducativos, de la estructura disciplinar de la química.

Bibliografía

PORRO, S.(2007). *¿Por qué los estudiantes de secundaria no eligen química como carrera universitaria y qué podría hacerse desde la universidad?* QuímicaViva, 6. número especial: suplemento educativo. Consultado el día 4 de febrero 2008 en: www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

ORTALLI, A y RICATTI J. *La retroalimentación de la ciencia y la cocina*. Química Viva 3, año 6. Consultado el 25 de febrero de 2008 en www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

SÁNCHEZ GUADIX, M.A. (2007). *Aprendiendo química con el tratamiento culinario de frutas, hortalizas y verduras*. Revista Eureka de enseñanza y divulgación de la ciencia. 4(3) pp 489-505. Disponible en http://www.apac-eureka.org/revista/volumen4/Numero_4_3/SanchezGuadix-2007.pdf

Anexo: Distintos autores consultados para la interpretación de los trucos de cocina:

- BLOK, R. Y BULWIK. *En el desayuno también hay química*. Editorial Magisterio del Río de la Plata. Buenos Aires. 1995.
- CAMBÓN, C., MARTÍN S y RODRÍGUEZ E. *Ciencia a la cazuela. Introducción a la ciencia a través de la cocina*. Alianza Editorial Madrid 2007
- COENDERS, A. *Química culinaria. Estudio de lo que sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados*. Editorial Abribia, S.A. Zaragoza. 2001.
- CÓRDOVA FRUNZ. *La Química y la cocina*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1995. Versión en Internet: <http://lectura.ilce.edu.mx:3000/biblioteca/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/093/htm/laquimic.htm>
- FISHER, L. *Cómo mojar una galleta. La ciencia en la vida cotidiana*. Editorial Mondadori. Serie Arena Abierta. Barcelona 2003.
- FOCHI, G. *El secreto de la Química. Un viaje por las múltiples e insospechadas aplicaciones de la química en la vida cotidiana*. Editorial Manontropo. Barcelona 2001.
- GRUP MARTÍ I FRANQUEES. *¿Eso es Química?* Editorial Biblioteca de Recursos Didácticos Alambra. Madrid 1988.
- KURTI, N. THIS-BENCKHARD, H. *Química y Física de la cocina*. Investigación y ciencia, Junio 1994 pp 40-45.
- PÉREZ CONESA, J. *Cocinar con una pizca de ciencia. Procesos culinarios*. Editorial IJK Editores. Murcia 1998.
- SOLSONA I PAIRÓ, N. *La química de la cocina. Propuesta Didáctica para Educación Secundaria*. Cuaderno de educación no sexista nº 13. Instituto de la Mujer. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Madrid, 2002.
- SOLDONA I PAIRÓ, N. *El saber científico de las mujeres*. Editorial Talasa. Madrid, 2003.
- WOLKE. R. L. *Lo que Einstein le contó a su cocinero*. Editorial Manontropo. Barcelona 2003.



ISSN 1666-7948

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista **QuímicaViva**

Número 1, año 7, Abril 2008

quimicaviva@qb.fcen.uba.ar