

SEMANA DE LA
(CIENCIA EN LA)
COCINA ITALIANA
EN EL MUNDO



LECCIÓN 1 - ¿Preparar una buena pasta? Cuestión de física (y de buenos ingredientes)

Basado en las lecciones impartidas por el Prof. Sergio Scopetta, agregado científico de la Embajada de Italia en Madrid, en la Escuela Italiana de Madrid (el 13 de noviembre de 2023) y en la Escuela Italiana de Barcelona (el 15 de noviembre de 2023).

Maquetación e ilustraciones originales de Camila Fernanda Do Amaral Sancho, Maria Cristina Jiménez Cumbicus y Carolina Sanchez Vega, alumnas de la Escuela Alberto Corazón de Alcalá de Henares.

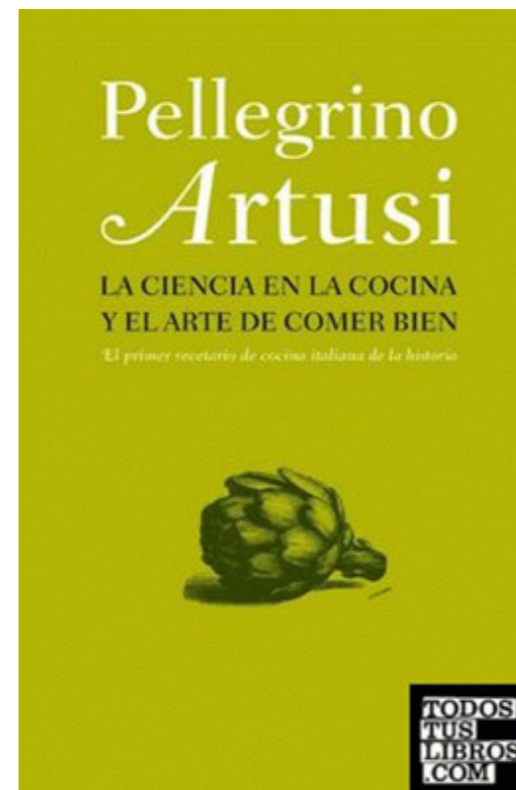


INTRODUCCIÓN: “La ciencia en la cocina” no es un tema muy original o innovador. El primer recetario sistemático de cocina italiana, el célebre Artusi [1], de 1891, lo evoca incluso en el título (a la izquierda, una foto del ejemplar de mi mujer, que tenemos en casa aquí en Madrid). El libro es tan famoso que ha sido traducido al español [2]. En realidad, el libro es muy poco científico y tiene muchos equívocos, incluso en cuestiones esenciales de la ciencia de la alimentación, como el contenido calórico de los alimentos. Por el contrario, ¡las recetas son muy sabrosas!

En tiempos más recientes, la ‘Ciencia en la Cocina’ o ‘Ciencia de la Cocina’ se ha convertido en algo muy seguido y practicado, muy respetado incluso por los conocedores de las disciplinas técnico-científicas más puras y tradicionales. Ante todo, se trata de entender qué ocurre, a nivel físico-químico, incluso microscópico, al preparar un determinado plato. La idea es que, una vez adquiridos estos conocimientos, puedan utilizarse para mejorar la preparación del propio plato o la eficacia y economía (ahorro de tiempo y/o energía) del proceso. Ejemplos muy populares de esta práctica se encuentran en la obra del químico y divulgador Dario Bressanini [3], a quien estas líneas deben mucho. Tampoco se puede ignorar la sección sobre el tema, primero a cargo del Prof. Carlo Cannella y después de la Prof. Elisabetta Bernardi, a lo largo de varios años del programa Superquark, realizado por Piero Angela para la RAI.

Este es, pues, el espíritu de estas dos clases que les propongo.

La primera está dedicada a la **COCCIÓN** de la **PASTA**.



1. La pasta

La pasta (en italiano también ‘pastasciutta’): es un alimento a base de harina de diferentes orígenes. Típica de las distintas gastronomías regionales de Italia, dividida en pequeñas formas regulares destinadas a cocerse en agua hirviendo y sal o con calor húmedo y sal. Este alimento se desarrolló de forma independiente en Italia y China, con resultados diferentes. En Italia, ya era conocido en la Magna Grecia y la Etruria. En sus variantes locales, regionales y artesanales, es un producto salvaguardado y protegido contra la falsificación por el Estado italiano y por la UE.

La pasta siempre ha sido una seña de identidad de nuestro país:

«...el nuestro, es más un conjunto que un pueblo. Pero a la hora de comer, sentados ante un plato de espaguetis, los habitantes de la península se reconocen italianos... Ni siquiera el servicio militar, ni siquiera el sufragio universal (por no hablar del deber fiscal) ejercen un poder de unificación equiparable. La unidad de Italia, soñada por los padres del Risorgimento, se llama hoy ‘pastasciutta’.»
(C. Marchi, Quando siamo a tavola, Rizzoli, 1990)

La pasta seca, que representa las tres cuartas partes del consumo total, se elabora con la técnica original italiana de trefilado (mediante moldes de acero o bronce), laminado y posterior secado de masas preparadas exclusivamente con sémola o semolato de trigo duro (del que el 50% de la facturación nacional se produce en la zona de Tavoliere delle Puglie) y agua. La ley establece sus características y posibles denominaciones mediante el Decreto Presidencial nº 187 de 9 de febrero de 2001. La otra cuarta parte del consumo está representada por la pasta fresca, para la que, además de un mayor grado de humedad y acidez, se recurre al trigo blando y al laminado de la masa como alternativa al estirado.

Una buena pasta seca tiene aproximadamente un 12 % de agua y un 12 % de proteínas, muchos hidratos de carbono y casi nada de grasa. Pero cuidado: 360 Kcal/100 g (sin condimentos). Tiene un alto valor nutritivo, en todos los sentidos.

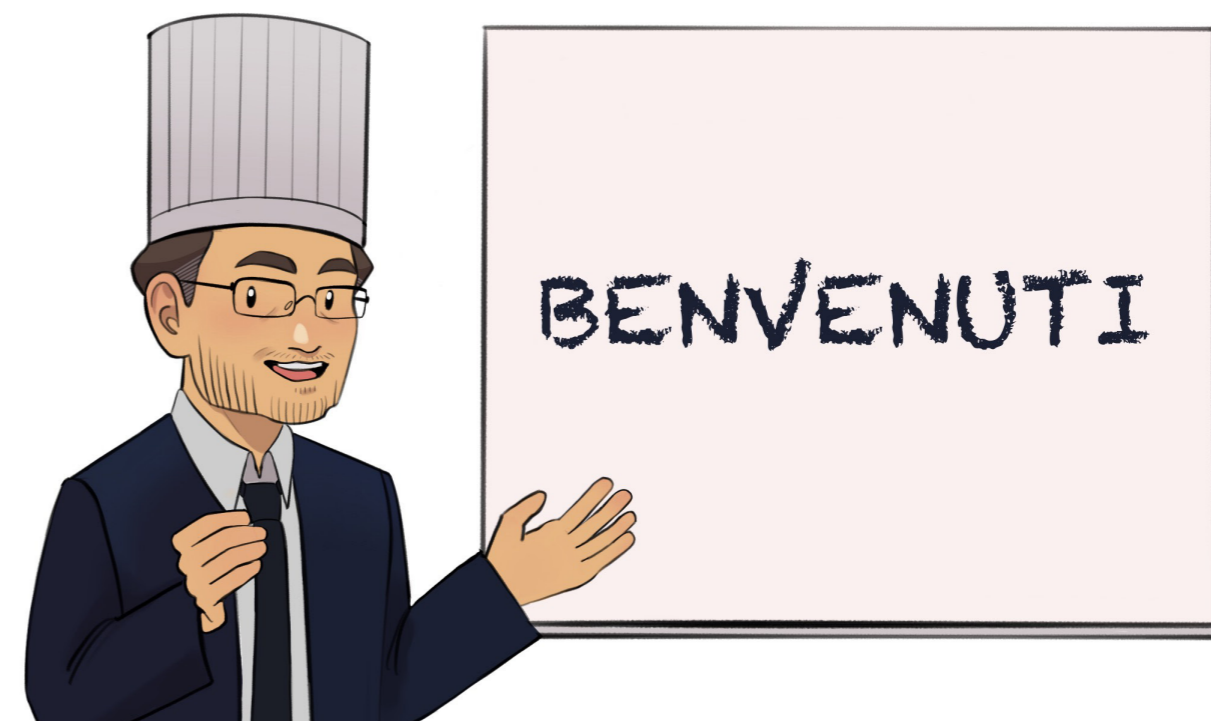
Italia ocupa el primer puesto en consumo de pasta: unos 25 kg per cápita al año; seguida de Túnez (16 kg), Venezuela (12 kg) y Grecia (11,2 kg). En España, ¡solo! 4 kg! (datos de 2014). Italia siempre ha sido el líder del mercado de la pasta con 3,5 millones de toneladas producidas en 2014, de las que se exporta el 57%, especialmente a Alemania (18,3%), Reino Unido (14,1%), Francia (14%), Estados Unidos (7,7%) y Japón (3,5%) por un valor de unos 2.000 millones de euros, frente al 54% en 2010, el 48% en 2000 y el 5% en 1955. Le siguen Estados Unidos, con 2 millones, y Brasil,

con 1,5 millones de toneladas producidas.

En cuanto a la producción de trigo duro, en Italia se producen unos 4 millones de toneladas (en Canadá 4,8). Esta cantidad no satisface las necesidades de las empresas de pasta, que importan entre el 30% y el 40% de sus necesidades (en el siglo XIX era el 70%), en particular de Canadá, Estados Unidos, Australia, Rusia, Francia, Ucrania y Turquía. Las distintas empresas italianas utilizan un porcentaje diferente de trigo extranjero, que oscila entre el 25% y el 50%. Todas ellas pueden definir la pasta producida en Italia como “made in Italy” (todos los datos de esta sección están tomados principalmente de [4]). En todo el mundo también se fabrica mucha pasta con trigo blando muy barato, con pésimos resultados.

¿Hay algún italiano al que no le guste la pasta italiana? Por el mundo he probado algunas muy malas, ya sea porque la base no era de **calidad** o porque la **cocción** era incorrecta.

¿Hay algún ser humano al que no le guste la pasta italiana? Muchos extranjeros, incluso muchos amigos españoles, me dicen: “¡Qué buena está la pasta en Italia!”. Atención: la pasta está buena en todas partes, solo hay que **utilizar la buena y prepararla correctamente**. Por desgracia, a lo largo y ancho del globo, no todos han tenido la suerte de probarla de verdad.



2 - Cocción de la pasta

A - Consideraciones generales

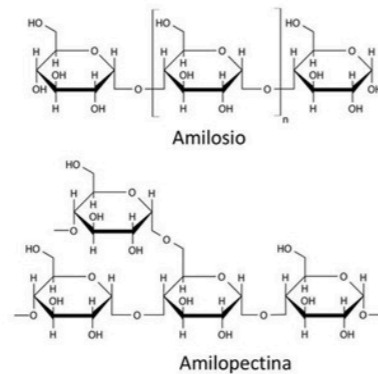
La cocción de la pasta es una operación técnicamente trivial, pero, cuando echamos los espaguetis, en su cocción intervienen complejos fenómenos físicos y químicos. Podríamos considerar nuestra cocina una especie de laboratorio en el que iniciamos un proceso de transformación en el que intervienen cuatro factores:

1. el producto (la pasta)
2. el agua de cocción
3. el calor
4. el recipiente

Es fácil: en una cocción normal, se hierve el agua (transición de fase de primer orden: presencia de calor latente y enucleación de burbujas, con ambas fases presentes al mismo tiempo), se añade sal, se echa la pasta (buena), se mantiene hirviendo hasta que esté cocida (al dente si se quiere). Fácil: resultado garantizado. Durante la cocción, la pasta se ablanda. Esto sucede porque los gránulos de almidón (compuesto ternario, hidrato de carbono) de la pasta, al absorber parte del agua (rehidratación), se hinchan, aumentan de volumen y se gelatinizan, es decir, cambian de estructura: de cristalina a gel (de sólida a bifásica, con líquido "atrapado" en la fase sólida).



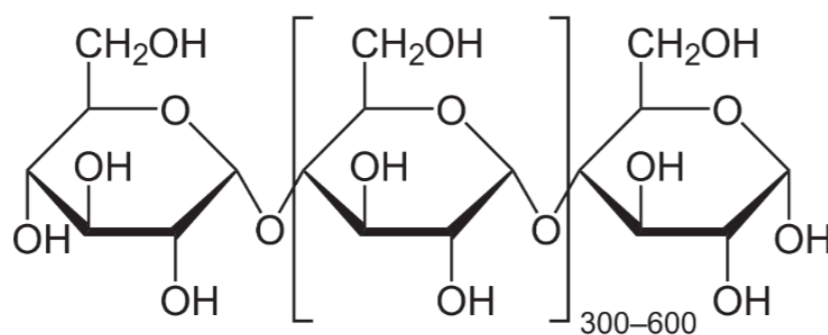
Amido



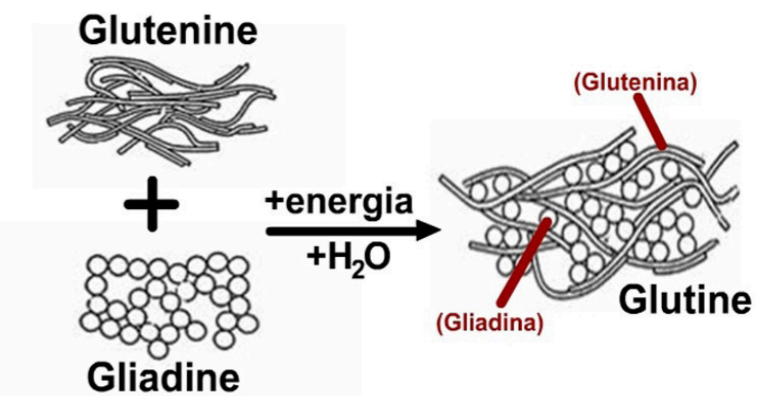
L'amido è un omopolisaccaride di glucosio; esiste in due forme: una lineare (**amilosio alfa**) e una ramificata (**amilopectina**).

L'amido è il principale deposito di energia nelle piante.

ZANICHELLI



El proceso de gelatinización del almidón a partir de los gránulos es posible gracias al calentamiento en un medio acuoso. En estas condiciones, los gránulos de almidón se hidratan e hinchan progresivamente. El almidón pierde entonces su estructura cristalina: la amilopectina y la amilosa entran en solución, formando enlaces con las moléculas de agua. Las etapas de la gelatinización pueden resumirse en tres puntos: 1) ruptura de los enlaces por la acción del agua y el calor; 2) hinchazón de los gránulos con la consiguiente rotura; 3) liberación de la amilosa y la amilopectina y formación del sólido de almidón. Atención a la figura anterior: una figura de la red, protegida por derechos de autor y sin embargo copiada y pegada sistemáticamente en diversos sitios, es descaradamente errónea (¿por qué?). ¡Wikipedia funciona mucho mejor!



Además de hidratos de carbono, como ya se ha mencionado, la pasta también contiene proteínas. Durante la cocción, éstas se desnaturalizan. Para entender lo que esto significa, tenemos que dar un paso atrás. Durante la cocción, al gelatinizarse el almidón, las proteínas que forman el gluten de la pasta también absorben agua. El gluten se compone de dos tipos de proteínas: la prolamina (gliadina para el trigo) y la glutenina, que se encuentra en granos de cereales como el trigo, la espelta, el centeno y la cebada. En la producción de pasta, cuando se mezclan la sémola y el agua-la fase inicial de hidratación- estas dos proteínas se "entrelazan" para formar el gluten, o más bien una "malla de gluten", una especie de red. Durante la cocción, las proteínas del gluten se "hinchan" al absorber agua. Como consecuencia, los "hilos" que forman la malla de gluten se "hinchan" y la estructura proteica del gluten cambia (desnaturalización). Como resultado, el gluten se coagula, reforzando su estructura proteínica (es decir, la "malla" se hace más fuerte). Esto es lo



que garantiza la consistencia y la cohesión de la pasta (que, por tanto, permanece "al dente" si es de buena calidad): el almidón queda retenido en la pasta y no enturbia apreciablemente el agua. Este es también un criterio para evaluar, a posteriori, la calidad de la pasta utilizada.

De hecho, la pasta se comporta ahora como un gel. Parte del almidón se ha dispersado en el agua, que se ha enturbiado (más adelante hablaremos de ello). Llegados a este punto, la pasta está cocida.

B - ¿Tiene que hervir el agua?

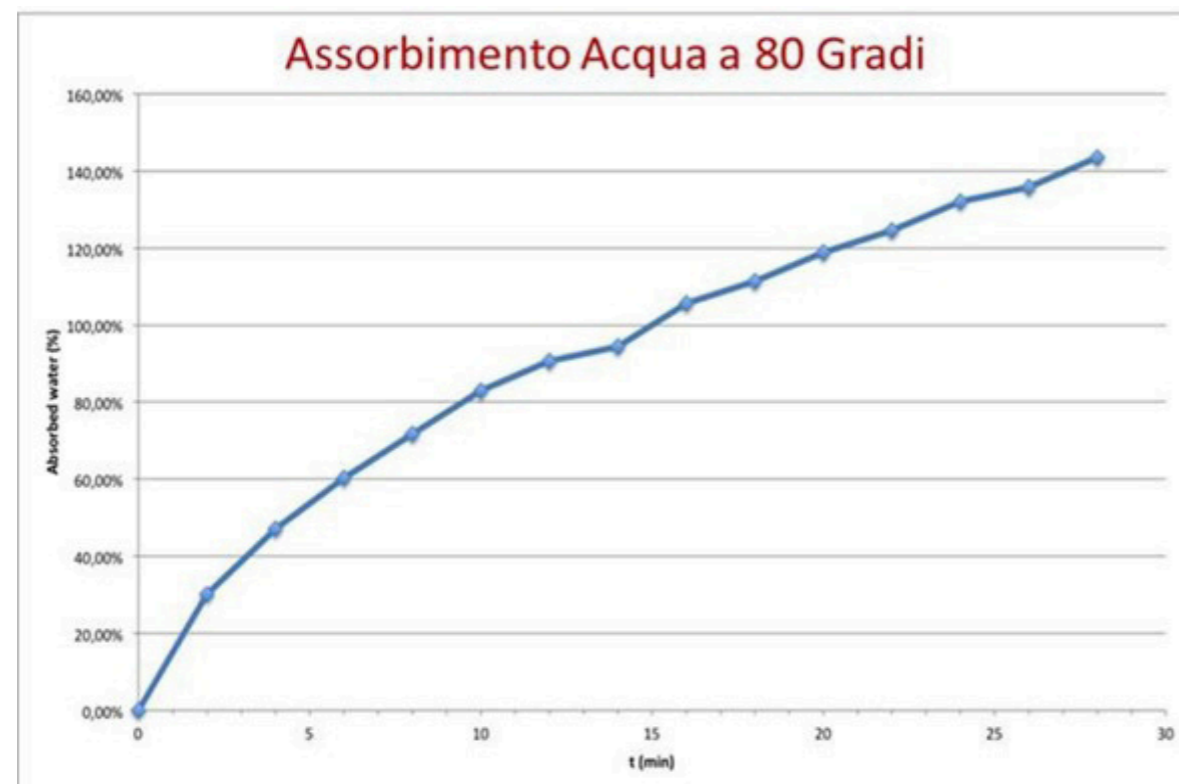
Como se ha descrito más arriba, la cocción convencional de la pasta se realiza en agua hirviendo. En realidad, no es necesario que el agua hierva. Para cocer bien la pasta, es absolutamente innecesario hervirla. Alguien se dio cuenta de esto hace mucho tiempo:

“El proceso por el que más comúnmente se preparan los alimentos para la mesa-la ebullición- es tan familiar para todos, y sus efectos tan uniformes, y aparentemente tan simples, que pocos, creo, se han tomado la molestia de investigar cómo o de qué manera se producen estos efectos.”

Benjamin Thompson, 1799 [4]

Se piensa que el agua en ebullición es una condición absolutamente necesaria para cocer la pasta y otros alimentos... ¡No es cierto!

Las reacciones que conducen a la cocción de la pasta tienen lugar entre 60 y 80 grados, muy lejos de la temperatura de ebullición, que por tanto solo sirve para consumir más energía y gastar más. De hecho, la cocción de la pasta depende únicamente de la temperatura alcanzada, y no de si el agua está hirviendo o no.



Como ya hemos visto, a nivel microscópico, TRES fenómenos regulan la cocción de la pasta:

1. La velocidad a la que el agua penetra en la masa
2. La gelatinización del almidón
3. La desnaturalización y posterior coagulación del gluten.

Estos tres fenómenos dependen de la temperatura, no de la ebullición en sí. Veámoslos punto por punto.

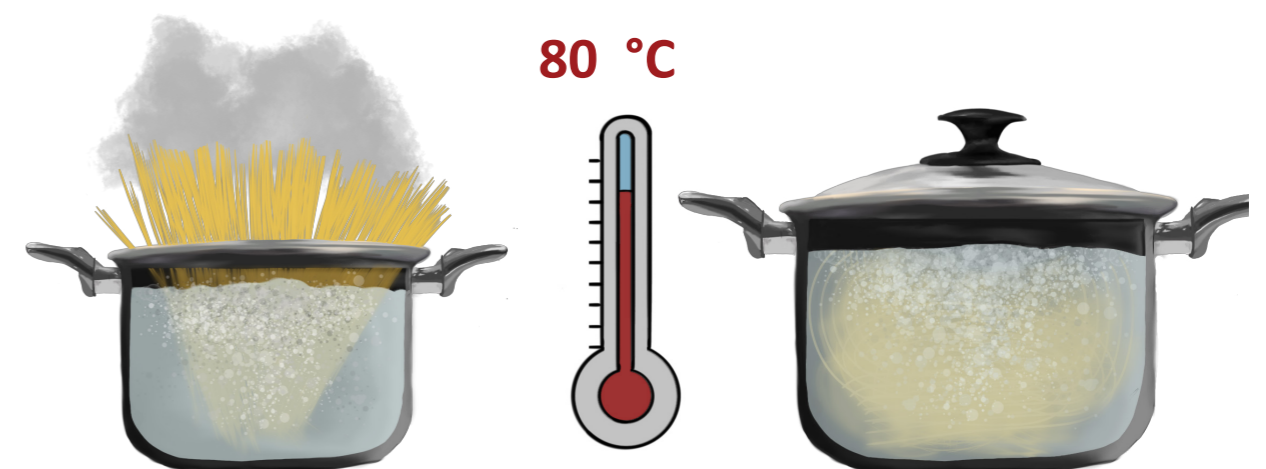
1. Para lograr la velocidad adecuada de penetración del agua en la masa, no es necesario alcanzar el punto de ebullición, unos 80 grados es suficiente.

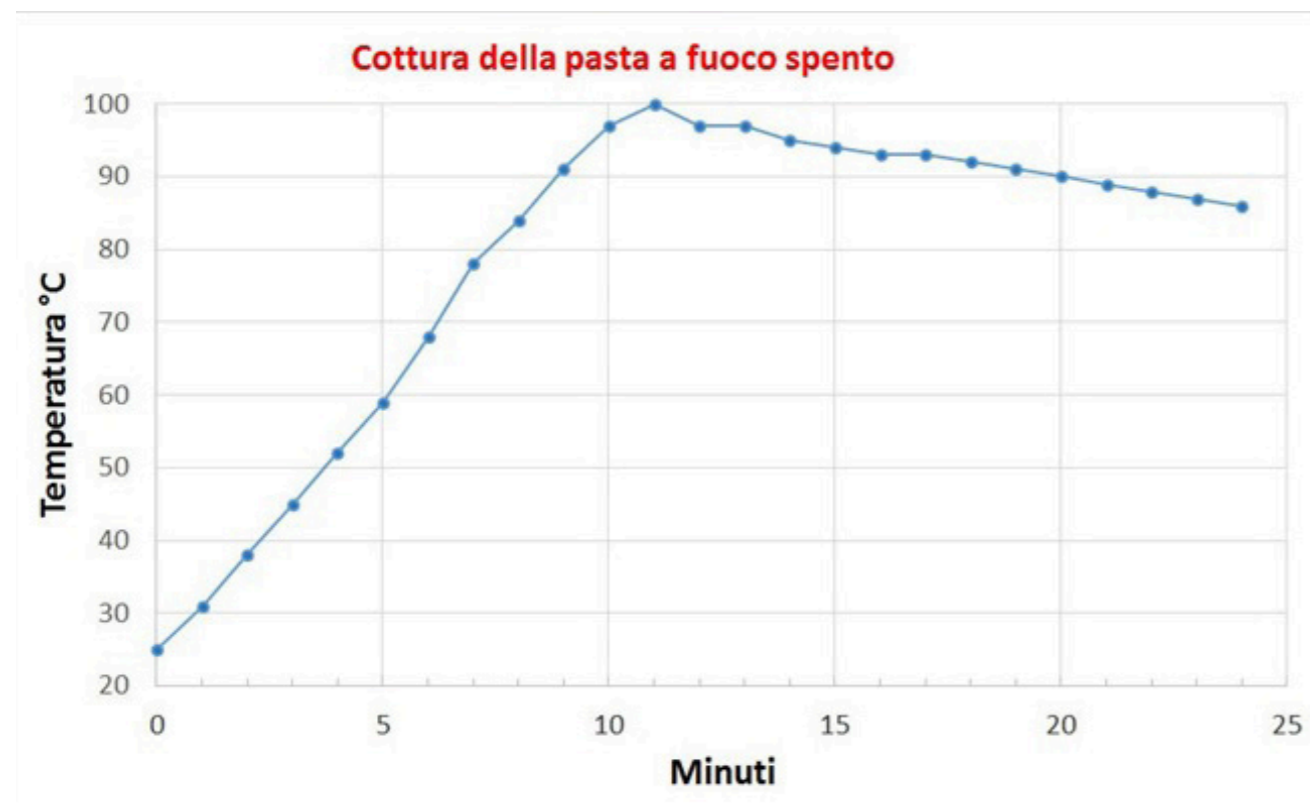
En realidad, el agua penetra en la masa incluso cuando está fría. Sin embargo, el porcentaje de penetración en “frío” es extremadamente lento e inadecuado para cocinar. Se puede observar, sin embargo, que a temperatura de ebullición (¿qué vale eso?) el porcentaje de penetración del agua en la masa es de aproximadamente el 117% (¿qué significa eso?). Si, por el contrario, vamos a analizar lo que ocurre a 80 grados, tras un tiempo igual al tiempo típico de cocción de la pasta, veremos que el porcentaje absorbido es del 115% (totalmente equivalente).

Así pues, si bien es cierto que el agua entra más rápidamente en la masa a temperaturas más elevadas, a 70-80 grados la velocidad es perfecta para cocer en el tiempo justo y, por tanto, no es necesario, para que se produzca este primer fenómeno: dejar que el agua hierva

2. El almidón de trigo duro gelatiniza entre 60 °C y 70 °C.

Por lo tanto, tampoco hay problema en el segundo punto. Lo mismo ocurre con el tercer punto:





3¿Qué le ocurre al gluten? El gluten se desnatura y coagula entre los 70 °C y los 80 °C.

Cabe señalar que todas las temperaturas mencionadas, necesarias para que el agua penetre eficazmente en la pasta, para que se gelatinice el almidón y para que se desnaturalice el gluten, están muy por debajo de la temperatura de ebullición. Esto significa que también es posible cocer la pasta manteniendo el agua a unos 80 °C, quizás tardando unos minutos más, ya que el agua hidrata la pasta un poco más lentamente a esta temperatura.

En el gráfico se puede ver que, 15' después de alcanzar el punto de ebullición, la temperatura del agua se mantiene muy por encima de los 80 grados. Esto debería permitir la cocción completa de todos los tipos de pasta.

Todo lo anterior nos permite proponer un método optimizado (ahorro de energía, dinero y emisiones de gases de efecto invernadero) para cocer la pasta:

Llevar a ebullición la cantidad justa de agua (aunque no es necesario: basta con asegurarse de la temperatura alcanzada sin utilizar un termómetro) con la tapa puesta (para ahorrar tiempo y gas). A continuación, añada la sal y la pasta. Remover entonces durante unos veinte segundos para evitar que la pasta se pegue, apagar el gas, poner la olla en otro sitio, incluso sobre una mesa (así se libera un fogón), tapar y esperar el tiempo de cocción estándar más un par de minutos (obviamente, el tiempo puede ajustarse empíricamente al gusto personal).

El agua de cocción también será menos densa en almidón porque con el método de cocción propuesto, la pasta perderá menos almidón, lo que se traducirá en más sabor. ¿Cuánta energía se desperdicia hirviendo agua que luego se tira por el fregadero?

Intentemos calcularlo. Mirando hacia dentro:

<https://it.quora.com/Quanto-gas-si-consuma-a-cucinare-100gr-di-pasta>

Aproximadamente 0,04 € de ahorro por 100 g; dado que un italiano consume 25 kg/año de pasta ahorro de 1 €/año. Parece poco, pero tan solo en Italia se ahorrarían 60 millones de euros en un año. Y no es solamente una cuestión de dinero: si baja la demanda, bajan los precios. Además, esta práctica tendría un alto valor educativo y podría desencadenar otras.

3 - Prueba práctica y test “experimental” (degustación)



Hasta aquí la teoría... Ahora, como queremos ser científicos, lo único que nos queda es poner en práctica lo dicho y realizar un sencillo experimento: cocción convencional en paralelo con cocción “inteligente”, con una comparación final... es decir, ¡degustación!



Bibliografía

- [1] P. Artusi, “La Scienza in Cucina e l’arte dei mangiar bene”, Bemporad, 1891; Giunti, 2020.
- [2] P. Artusi, “La Ciencia en la Cocina y el arte de comer bien”, Alba, 2010.
- [3] https://it.wikipedia.org/wiki/Dario_Bressanini
- [4] <https://it.wikipedia.org/wiki/Pasta>
- [5] Benjamin Thompson, meglio conosciuto come Conte Rumford, uno dei fondatori della termodinamica (“Saggio sulla cottura”, 1799).

LECCIÓN 2: ¿Preparar una buena pizza? Cuestión de física (y de horno de leña)

Introducción

Aunque hornear masa, por compleja que sea a nivel microscópico, es una operación técnicamente sencilla, pero hornear pizza ciertamente no lo es. Una cocción descuidada compromete la calidad y la digestibilidad de los alimentos, así como su sabor. En esta segunda lección veremos cuántas variables intervienen en la obtención del resultado final y demostraremos, al menos teóricamente, la supremacía de la cocción en horno de leña respecto a la cocción en horno eléctrico, siguiendo un reciente trabajo de divulgación científica de alto nivel y considerable rigor [1].



1. La pizza

La pizza: (extraído de [2]) producto gastronómico salado que consiste en una masa elaborada con harina de trigo, agua y levadura, que se extiende con un rodillo para cubrirla, normalmente con tomate y mozzarella u otros ingredientes, y después se cuece en un horno de leña. Típica de la cocina napolitana, es hoy, junto con la pasta, el plato italiano más conocido en el mundo. El nombre de pizza, conocido solo en Nápoles, aún se utilizaba en el siglo XVIII para referirse a las tartas, casi siempre dulces. La pizza no adquirió su connotación actual hasta principios del siglo XIX en Nápoles. El posterior éxito mundial del plato llevó, por extensión, a que cualquier preparación similar se definiera del mismo modo. En 2017, la UNESCO declaró el arte del pizzaiolo napoletano como patrimonio inmaterial de la humanidad. Después del arroz, la pizza es el alimento más consumido en el mundo, seguido por la pasta. Según el periódico Corriere della Sera, “pizza” es la palabra italiana más famosa del mundo, por delante de “ciao”. El napolitano Raffaele Esposito (1850-1923) suele ser considerado el padre de la pizza moderna, y la Antica Pizzeria Port’Alba, en el centro histórico de Nápoles, está considerada la pizzería más antigua del mundo.

La etimología de la palabra no está clara.

La pizza tiene una historia larga, compleja e incierta. Los primeros registros escritos de la palabra “pizza” se remontan al latín vulgar, en Gaeta, en 997. Sin embargo, ya en la Antigüedad, los ‘panes planos’ (focacce), con levadura o sin ella, estaban muy extendidos entre egipcios y romanos (offa). Aunque hoy es un producto extendido por casi todo el mundo, la pizza es un plato originario de la cocina napolitana. Este término se utiliza a menudo para referirse a la pizza redonda cubierta de tomate y mozzarella, la variante más conocida de la llamada pizza napolitana, la pizza Margherita. Sin embargo, el término “pizza” tiene también un significado más amplio. De hecho, siendo en última instancia un tipo particular de pan o focaccia, la pizza presenta innumerables derivaciones y variantes, cambiando de nombre y características según las distintas tradiciones locales.

La más famosa de las pizzas, la pizza margarita, contiene diversos nutrientes: hidratos de carbono en forma de almidón (en la harina), grasas vegetales procedentes del aceite de oliva virgen extra y grasas animales procedentes de la mozzarella de búfala o ‘fior di latte’, proteínas animales (de nuevo procedentes de la mozzarella). Sin embargo, estas indudables propiedades no deben hacernos olvidar que la pizza no es un alimento hipocalórico apto para cualquier régimen dietético: una margarita de tamaño medio supone un aporte de más de 700 calorías que, además, está muy desequilibrado a favor de los hidratos de carbono (alrededor del 75%).

Muy importante en la pizza, además de la calidad de los ingredientes, es la correcta maduración y fermentación. La maduración es el proceso necesario para que el almidón contenido en la harina (polisacárido) sea descompuesto en azúcares simples por determinadas enzimas (alfa- y beta-amilasa). Esto hace que la pizza, bien madurada, sea digerible, mientras que la levadura de cerveza hace su trabajo produciendo dióxido de carbono y gases nobles en la masa, de ahí el leudado, es decir, un aumento del volumen de la masa de aproximadamente el 100 %.

No todos comprendieron el potencial de la receta:

<< Un día, un industrial napolitano tuvo una idea. Sabiendo que la pizza es una de las delicias culinarias napolitanas, sabiendo que la colonia napolitana en Roma es muy numerosa, pensó en abrir una pizzería en Roma. Allí relucía el cobre de las cazuelas y los asadores; el horno estaba siempre encendido; allí se ofrecían todo tipo de pizzas: ‘pizza con pomodoro’, ‘pizza con muzzarella’ y queso, pizza con anchoas y aceite, pizza con aceite, orégano y ajo. Al principio, el público acudía en masa, pero luego disminuía. La pizza, alejada de su marco napolitano, parecía una desafinación y representaba una indigestión; su estrella palidecía y se asentaba, en Roma; planta exótica, moría en esta solemnidad romana.>>

(Matilde Serao, “Il ventre di Napoli”, 1884)

2 - Preparación: horno de leña vs. horno eléctrico

2- a: Transferencia de calor

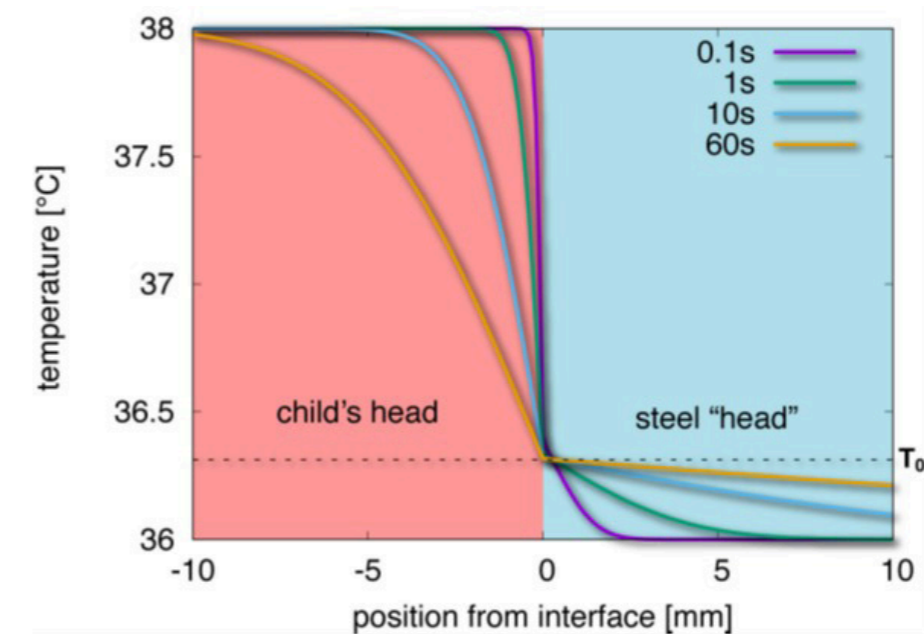
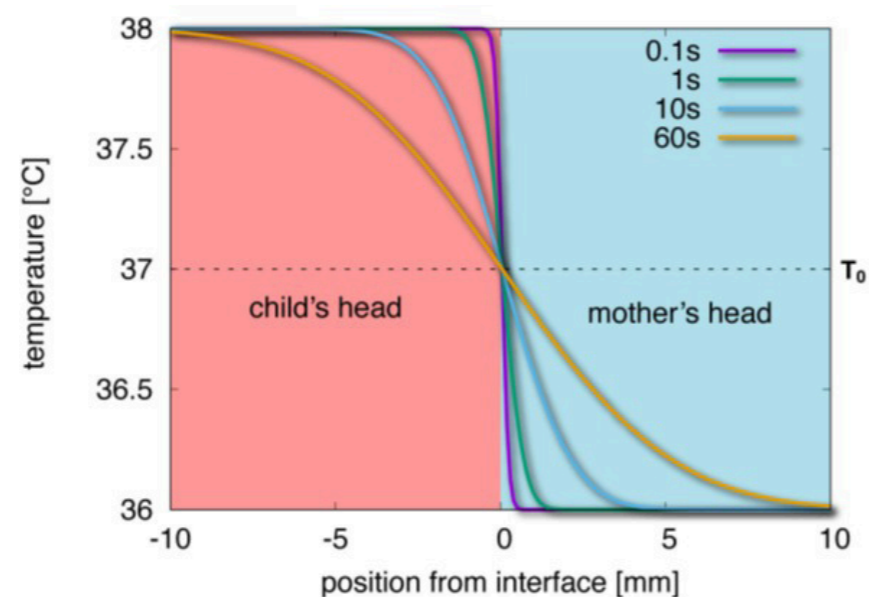
La pizza napolitana (por tanto, no muy fina) suele cocerse en un horno de leña “abovedado” con base de ladrillo refractario, a una temperatura de entre 400 y 500°C, durante unos 90 s. Se extiende una “bola” de masa de harina fermentada (250 g para una de tamaño mediano), se extiende en una paleta de aluminio o madera, (con mozzarella de tomate y/o de otro tipo) y se introduce en el horno. En el tiempo especificado, se consigue una cocción óptima de la base y el condimento.

El problema del horno eléctrico es que funciona a temperaturas más bajas y es de metal (acero). El resultado es que tarda más y, como consecuencia, por razones que veremos, la base de la pizza tiende a cocerse demasiado en comparación con los condimentos.

Para entenderlo, primero hay que comprender cómo se transmite el calor entre dos cuerpos de distinta temperatura puestos en contacto (paréntesis: ¿qué es la temperatura?): en primer lugar, el calor pasa del más caliente al más frío (paréntesis: ¿conoces este “principio”? ¿Cómo se llama? ¿Es realmente un principio? ¿Cuál es su explicación microscópica? ¿Acaso un frigorífico no hace lo contrario? ¿Se viola por tanto el principio?).



En la figura, tomada de [1], se pone el ejemplo de un cuerpo a una temperatura $T_1= 38$ °C (un niño con fiebre) puesto en contacto con otro a $T_2= 36$ °C (la madre que quiere constatar la presencia de fiebre). La figura muestra claramente



(¿o no?) cómo, a medida que pasa el tiempo, el calor se distribuye entre los dos cuerpos; en la interfaz, en el punto de contacto, muy intuitivamente, la temperatura es de 37 °C, el intermedio exacto entre ambos:

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

Por supuesto, no siempre es tan sencillo. En el ejemplo, los dos cuerpos están hechos del mismo material (“humano”). La figura de al lado muestra lo que ocurriría si el segundo cuerpo, más frío (en el ejemplo, la madre), se sustituyera por otro de otra sustancia, capaz de transmitir el calor mucho más rápidamente (en concreto, de acero). El calor se disiparía de forma mucho más eficiente hacia el cuerpo más frío (esto sería aún más evidente en el caso de conductores de calor más eficientes que el acero, como el cobre o la plata... ¿Por qué? Piense en el significado microscópico del calor o consulte la discusión formal en [1]). Las dos situaciones pueden resumirse en las dos ecuaciones (ambas intuitivas, la segunda requiere demostración formal):

$$T_0 = \frac{T_1 + v_{21} T_2}{1 + v_{21}}$$

Como se ha explicado, el parámetro v_{21} valora 1 si el cuerpo 1 y el cuerpo 2 están hechos del mismo material. Intentemos aplicar esta ley al caso de la cocción de pizzas. En el caso de cocción en horno de leña, para el que hemos dado anteriormente la temperatura y el tiempo de cocción, el parámetro v_{21} se refiere a la interfaz entre la masa (supongamos que es $T_2 = 20$ °C) y los ladrillos refractarios (que estarán a la temperatura del horno en la base (digamos por tanto $T_1 = 400$ °C)). Para estos dos materiales, v_{21} vale por tanto 0,65 (los ladrillos conducen mejor el calor que la masa, pero no mucho). La temperatura en la interfaz vale por tanto, sustituyendo los valores dados: $T_0 = 250$ °C.

La experiencia de horneado y degustación demuestra que ésta es la temperatura ideal en la interfaz para conseguir el mejor resultado de horneado de la masa y el relleno.

En un horno eléctrico a la misma temperatura, puesto que en este caso ϵ es diferente e igual a 0,1 (el acero conduce el calor mucho mejor que la masa e incluso que los ladrillos), se obtendrían unos 364 °C: ¡a esta temperatura la pizza se carbonizaría al instante! Para conseguir el mismo resultado en un horno eléctrico, es decir, la misma temperatura óptima en la interfaz, 250 °C, se podría, sin embargo, calentar el horno a una temperatura diferente T_1 . ¿Cuál debería ser? Invertiendo (2), se obtiene simplemente T_1 igual a 273 °C aproximadamente. Así pues, poniendo el horno eléctrico a esta temperatura más baja, y por tanto también más barata, se obtendría el mismo resultado, aparte de la ausencia de madera y otros aromas típicos, que de todos modos no son fácilmente detectables.

Entonces, ¿por qué decimos que el horno de leña es objetivamente superior? Para responder a esto, nos vemos obligados a profundizar.

2 – b : Radiación térmica

En realidad, hasta ahora únicamente hemos considerado la conducción a través de la superficie de contacto entre el suelo del horno y la masa como mecanismo de transferencia de calor. Como se ilustra en la figura de al lado, hay otros dos mecanismos a tener en cuenta. El más relevante es el radiactivo. El horno de pizza está muy bien aislado y, por tanto, tiene una temperatura uniforme y constante a lo largo del tiempo. Por este motivo, es una realización práctica del concepto ideal de cuerpo negro. La física del cuerpo negro es muy difícil y requiere mucha cultura para entenderla.

Únicamente aquellos de vosotros que decidáis dedicaros profesionalmente a la física tendréis la oportunidad de abordarla con herramientas suficientes después de tres años de estudio universitario dedicado. No es una conclusión previsible que vayan a entender nada de ella ni siquiera entonces. Quizá intentando enseñarla algún día tengan más posibilidades: el licenciado medio en Física, aunque la haya estudiado, no la domina. Piénsese que, para resolver los problemas que el estudio de estos fenómenos encierra, Max Planck, en el año 1900, fundó de hecho la Mecánica Cuántica, a su pesar y sin saberlo.



Por ahora, baste saber que todo cuerpo, por el mero hecho de tener una temperatura distinta del cero absoluto (0 °K = -273 °C, aproximadamente), emite radiación electromagnética. Un cuerpo negro (en este caso el interior del horno) la emite según la mítica ley de Stefan-Boltzmann (SB):

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$I = \sigma T^4$ con $\sigma = 5.6710 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$ que expresa la constante de SB. Si T se expresa en grados Kelvin, °K, I nos dice cuánta potencia (energía por segundo, medida en vatios, W) alcanza un objeto dentro del cuerpo negro (el horno, en nuestro caso) por metro cuadrado de superficie. Haciendo el cálculo para un horno a 400 °K, la pizza recibe 11,64 kW/m² por irradiación. En el horno eléctrico, a la temperatura calculada anteriormente de 273 °K, la pizza recibe unos 5 kW/m², menos de la mitad.

Sin embargo, también hay que tener en cuenta que la propia pizza se convierte en una fuente de radiación y, por lo tanto, parte de este calor recibido se devuelve al horno y no contribuye a la cocción. Esta parte puede calcularse utilizando la misma ecuación (4) que SB: basta con conocer la temperatura de la propia pizza durante la cocción. De alguna manera, la propia pizza se convierte en un cuerpo negro, un emisor térmico (como ya he dicho, la física de estos fenómenos a veces no es muy intuitiva) dentro del horno. Conocer esta temperatura puede parecer complicado.

A primera vista, podría pensarse que la temperatura de la pizza aumenta durante la cocción: no es así. En una buena aproximación, la temperatura es constante y corresponde a la temperatura de ebullición del agua, aproximadamente $T_e = 100 \text{ °C} = 473 \text{ °K}$. De hecho, prácticamente todo el calor absorbido se utiliza para que el agua contenida en la pizza (en la masa y el relleno, la mozzarella de tomate, etc.) se evapore (el proceso de horneado es, de hecho, un método para hacer que los ingredientes pierdan humedad. Esto es bastante evidente en un horno microondas, por ejemplo).

Como sabéis, una vez alcanzada la temperatura de ebullición, dado que la transición de fase agua-vapor es de primer orden y tiene calor latente, por mucho calor adicional que se quiera aportar desde el exterior, hasta que el agua no se ha evaporado completamente su temperatura no aumenta, permanece igual a T_e . Así, sustituyendo este valor en la ecuación (4), obtenemos una pérdida de energía por radiación desde la pizza al exterior de aproximadamente 1 kW/m². Esta pérdida es la misma para un horno de leña o eléctrico. Por lo tanto, sin tener en cuenta esta pérdida, en un horno de leña la pizza recibe unos 11 kW/m² por radiación, mientras que en un horno eléctrico recibe unos 4 kW/m², es decir, menos de la mitad. Este calor contribuye a la cocción de la pizza, especialmente de los condimentos, que se encuentran en la parte superior.

Dado que en un horno de leña tanto la masa como el relleno se cuecen de forma óptima en unos 90 s a la temperatura típica de 400°K , en un horno eléctrico la masa de la base debe cocerse a una temperatura inferior para no quemar la masa, debido a la falta de radiación el relleno puede no cocerse correctamente. Esto hace que el uso cuidadoso de un horno de leña de alta temperatura sea superior en calidad a cualquier horno eléctrico.

Además, el horno de leña es mucho más eficiente. En el artículo [1], que utiliza conceptos más avanzados que deberían explorarse en esta conferencia (pero se recomienda encarecidamente a los interesados que lean y posiblemente me pidan explicaciones, que estaré encantado de proporcionar), los autores consiguen calcular el tiempo de cocción de una pizza en los dos casos de horno de leña y horno eléctrico con notable precisión.

La ecuación que se establece es la de la conservación de la energía. El calor absorbido por la pizza por contacto, más el absorbido por radiación, menos el emitido por radiación, debe ser igual al calor necesario para aumentar la temperatura de la pizza de 20°C (temperatura ambiente) a 100°C , más el necesario para evaporar el agua presente. La idea es muy intuitiva, pero requiere varios conceptos nuevos y técnicas de cálculo diferencial algo avanzadas para vosotros.

Según los autores, para una pizza margarita al estilo napolitano (unos 250 g de masa), en realidad se tarda unos 90 segundos en un horno de leña, mientras que un horno eléctrico tarda aproximadamente el doble. Por tanto, en una pizzería muy concurrida, un horno de leña puede alimentar a los clientes sin hacerles esperar demasiado, mucho mejor que un horno eléctrico.



3 - Conclusiones

Gracias a la utilización de una base de ladrillos refractarios o de piedra, la cocción en un horno de leña a la temperatura adecuada, bien conocida por el pizzaiuolo, permite una cocción más equilibrada (tiempo similar para la masa y el relleno) y más rápida que en un horno eléctrico. Además, la cocción en horno de leña libera aromas que caracterizan agradablemente el producto (aunque no todo el mundo los percibe fácilmente). Estas observaciones están rigurosamente confirmadas por el análisis científico de [1], parcialmente resumido en estas notas.

Hay que decir, sin embargo, que un horno de leña es difícil y costoso de instalar; también requiere un trabajo considerable para su funcionamiento y mantenimiento, por no hablar de la dificultad de encontrar y almacenar leña, sobre todo en las ciudades. Además, el pizzaiuolo debe tener unos conocimientos considerables para controlar el rendimiento del horno y las fases de cocción, mucho más que en el caso de un horno eléctrico. El horno de leña también es menos respetuoso con el medio ambiente que el eléctrico (produce una mayor emisión de gases de efecto invernadero, por término medio, o un costoso tratamiento de los humos; utiliza madera procedente de árboles talados: en el caso de utilizar electricidad, habría que preguntarse cómo se produce para saber hasta qué punto es sostenible).

Cabe recordar también, que los inconvenientes descritos para el horno eléctrico pueden superarse con recursos. Por ejemplo, los hornos eléctricos modernos se fabrican con bases de cerámica (que, sin embargo, son caras), lo que permite alcanzar temperaturas más altas sin quemar la pizza en la base. O, para que los ingredientes de relleno de la pizza se cocinen a la perfección en un tiempo razonable a pesar de las bajas temperaturas, a menudo se precocinan (especialmente en el caso de las verduras muy acuosas). Sin embargo, estas no son las buenas prácticas reconocidas y protegidas por la UNESCO. El propósito de estas anotaciones no es, desde luego, tomar posición; más bien, lo que hemos visto es un resultado típico de la "Ciencia de la Cocina": una vez comprendido el proceso de cocción o preparación, se puede intervenir para mejorar el resultado. Como, por ejemplo, en el caso que nos ocupa: modificando el horno eléctrico como se ha mencionado, para imitar el rendimiento del horno de leña tradicional.

Bibliografía

- [1] Andrey Varlamov, Andreas Glatz and Sergio Grasso, "The Physics of baking good pizza", Physics Education 53 (2018) 065011 (8pp) <https://arxiv.org/abs/1806.08790>
[2] <https://it.wikipedia.org/wiki/Pizza>

SEMANA DE LA (ciencia en la) COCINA ITALIANA EN EL MUNDO

