

¿POR QUÉ PICA EL AJÍ? NOTAS QUÍMICAS SOBRE EL AJÍ**

Dr. Walter Leidinger*

El análisis organoléptico del capsicum, pimiento o ají nos muestra aspectos muy interesantes de esta planta oriunda de los Andes, desde el punto de vista químico. La variedad de colores que sintetiza el capsicum es sorprendente. La capsantina y la capsorubina dan el color rojo pimentón que es de gran uso en alimentos. En lo que respecta al olor, el aroma del ají está determinado principalmente por pirazinas de alta intensidad al olor. Finalmente, en cuanto al sabor, el capsicum destaca por el picor causado por la capsaicina.

Palabras clave: capsicum, capsantina, capsaicina

La cocina peruana es el producto de una gran cultura viva fruto de siglos de mestizaje. El boom gastronómico peruano no sería posible sin el ají". De este modo reconoce el aporte del ají a la cocina peruana Gastón Acurio, uno de los más reconocidos chefs de cocina en la presentación del libro "Ajíes peruanos, sazón para el mundo". "Este producto es la huella digital de nuestra cocina. No existe comida peruana sin ají", añade Acurio en el libro.^{1,2}

La denominación botánica de la planta del ají es *capsicum*. Existen muchísimas especies variantes del *capsicum* y crecen prácticamente en el mundo entero en todo tipo de terreno y diferentes tipos de clima. Hay cinco especies principales de *capsicum* puestas en cultivo: el *capsicum annum*, *capsicum frutescens*, *capsicum chinese*, *capsicum baccatum* y *capsicum pubescens*. En muchas culturas del mundo se utiliza el ají o *capsicum* como condimento en la cocina. Conoce-

*Walter Leidinger (wleidinger@puccp.pe) es Doctor en Química, profesor de la Sección Química de la PUCP y experto consultor. Ha sido director de Medio Ambiente de la empresa BAYER AG y director del polígono químico industrial CHEMPARK en la ciudad de Dormagen (Alemania).

**Texto ampliado basado en la conferencia dictada en la Sección Química de la PUCP el 4 de abril de 2019



The organoleptic analysis of capsicum or chili shows very interesting aspects of this native plant of the Andes from the chemical point of view. The variety of colours that are synthesized by capsicum is surprising. Capsanthin and capsorubin generate a natural red colour with many uses in food. In regards to the odor, the aroma of chili is mostly determined by pyrazines with intense smell. Finally, capsicum stands out for a spicy taste due to capsaicin.

Keywords: capsicum, capsanthin, capsaicin

mos platos extremadamente picantes en la cocina de Corea, de Filipinas, de Tailandia, de China, de la India, de México, de Hungría y de muchos países del África, por poner solo algunos ejemplos. Los nombres comunes del *capsicum* son diferentes en cada sitio y se refieren a los frutos inmaduros, maduros o secados. Así, al *capsicum* se le denomina pimiento, pimienta roja, pimienta cayene, piperoni, piri piri, chili, ají, paprika, pimentón, rocoto, etc. A pesar de su amplia expansión por el mundo, pocos saben que el ají es una planta oriunda de los Andes bolivianos y peruanos.³

El historiador norteamericano Alfred W. Crosby ha popularizado la expresión "Columbian Exchange" o "intercambio colombino" expresión con la cual denomina el proceso de intercambio de flora y fauna y el efecto ecológico y social que se produce en los siglos XV y XVI con el descubrimiento de América por Cristóbal Colón (ver **figura 1**).⁴

1. *El ají peruano de Gastón Acurio*. RPP noticias (en línea). 23 de noviembre del 2009. (Acceso marzo 2020)
2. Varios autores: "Ajíes peruanos, sazón para el mundo", Sociedad Peruana de Gastronomía (APEGA) y El Comercio S.A.: Lima, 2009. Disponible en línea
3. Bedoya Garland, S. ¿El ají es peruano? Su historia y algunas costumbres nacionales. *Tradicción, Segunda época*, 2016, 15, 69-80.



Figura 1. Representación esquemática del intercambio colombino: se muestran los principales flujos de intercambio ecológico y biológico entre el continente euroasiático y África con el continente americano después de la llegada de Cristóbal Colón. Fuente: <https://thecolumbianexchange.weebly.com/>

Este intercambio de plantas y animales modificó los modos de vida en todos los continentes tanto en América como Europa, África y Asia. Algunas plantas que hasta 1492 no se conocían pasan a ser alimento base de poblaciones enteras. Eso sucede, por ejemplo, con la papa, también oriunda del Perú, que se convierte en el siglo XVIII en la base de la alimentación de Irlanda y conlleva a un gran crecimiento de su población. Por otro lado, el caballo proveniente de Europa cambió las condiciones de vida de la población indígena de Norteamérica. Hay tantos ejemplos de este intercambio colombino que, a veces, ni nos damos cuenta de ellos, como es el caso de la pasta de tomate, hecha de los tomates provenientes de América, que la vemos hoy como típica de Italia. Los ejemplos son numerosos y a veces sorprendentes: antes de Colón no había plátanos en el Ecuador, ni café en el Brasil, ni caña de azúcar en Cuba o en Perú. Tampoco había ganado vacuno en la Argentina, ni caballos en Norteamérica, ni arroz en el Perú, ni chocolate en Suiza, ni árboles de caucho en Malasia ni en África, ni pimentones en Hungría, por poner algunos ejemplos.

Cristóbal Colón navegó hacia el oeste buscando una ruta hacia la India porque de allí provenían las especias tan apreciadas en Europa, entre ellas la pimienta. El primero de enero de 1493 llegó a la isla que denominó La Española, hoy Haití, y conoció un condimento que denominó “pimienta roja” y que desde el punto de vista de la botánica no tiene nada que ver con la pimienta. Esa planta era el *capsicum annuum* que fue la planta que llevó de regreso al viejo continente.

Pero, ¿cómo llegó el *capsicum annuum*, o sea, el ají de los Andes peruanos, a las islas del caribe? El *capsicum*

es una planta increíblemente versátil que se autopoliniza y adapta fácilmente a muchos climas y terrenos. Sus semillas son transportadas por pájaros. La expansión del *capsicum* por todo el mundo luego del descubrimiento de América es una marcha triunfal. Los españoles y portugueses la llevaron al África, a la India y al lejano oriente. Estamos ante un verdadero “*hidden champion*” o campeón oculto. El éxito del ají es muchísimo mayor que el de la papa. Sin embargo, mientras que mundialmente se reconoce que la papa proviene del Perú, no se conoce lo mismo del ají. Una de las razones es que el ají es, principalmente, un condimento y no una planta alimenticia. Su uso no cambió la cocina local, lo que logró es hacerla más picante y sabrosa.

ANALICEMOS EL AJÍ DESDE EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO CON UN ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO.

Desde el punto de vista de la óptica llaman la atención los diferentes colores que puede tener el *capsicum* o ají. Los colores pueden variar del verde, pasando por el amarillo, al naranja, rojo hasta el rojo oscuro (ver **figura 2**). En el pimentón verde prevalece la clorofila que es la que le da el color. En el pimentón de color anaranjado predominan los colorantes carotenoides como la luteína o la zeaxantina. Una degradación de la luteína o la zeaxantina conlleva a la síntesis de la capsantina, la capsorubina y el epóxido de capsantina, que son de color rojo.

El *capsicum* es la única planta que puede sintetizar estos últimos colorantes rojos, conocidos comúnmente como cetonas de la paprika. La reacción química que lleva a transformar la zeaxantina en capsantina se conoce como un reordenamiento pinacólico, que es el paso de un dialcohol o un epóxido a una cetona. La **figura 3** muestra cómo es este reordenamiento para el pinacol (**3a**) y un epóxido como el epóxido de capsantina (**3b**) (b). Como puede observarse,

4. Crosby, A. W. “*The Columbian exchange: Biological and Cultural consequences of 1492*” Praeger Publishers: Westport, 2003.

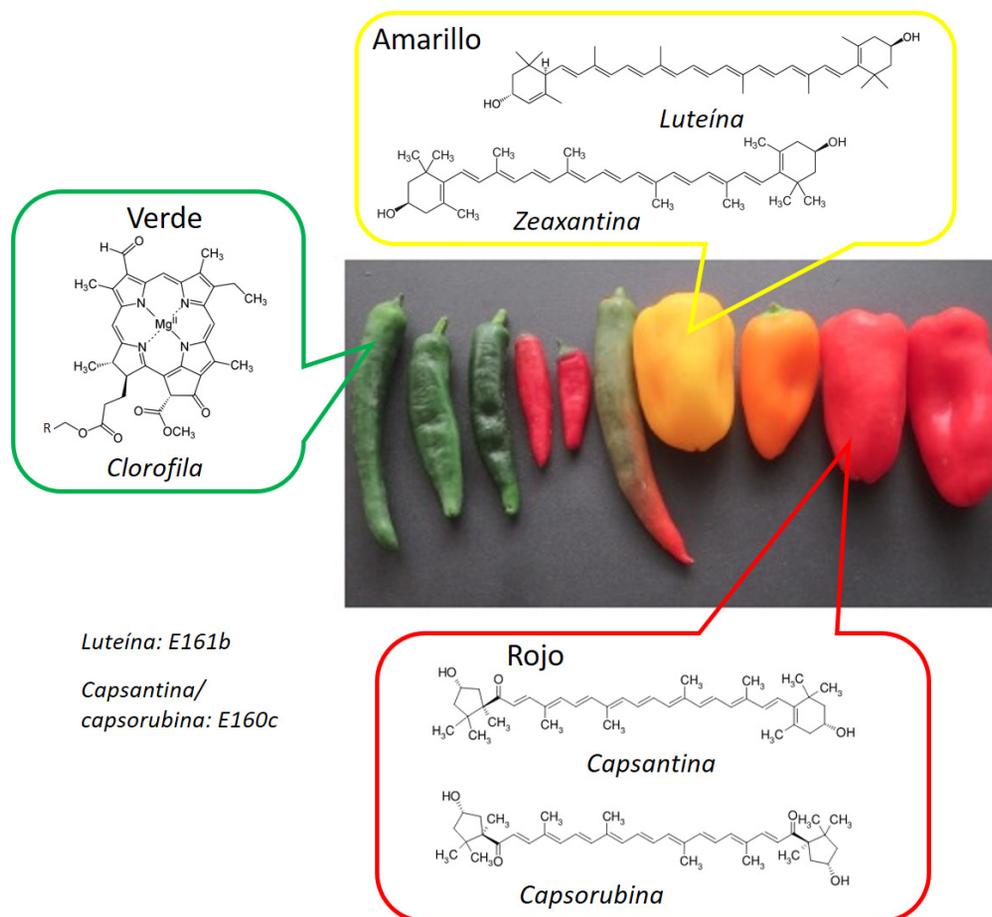


Figura 2. Principales moléculas responsables de los colores de los diferentes tipos de ajés. Fotografía del Autor.

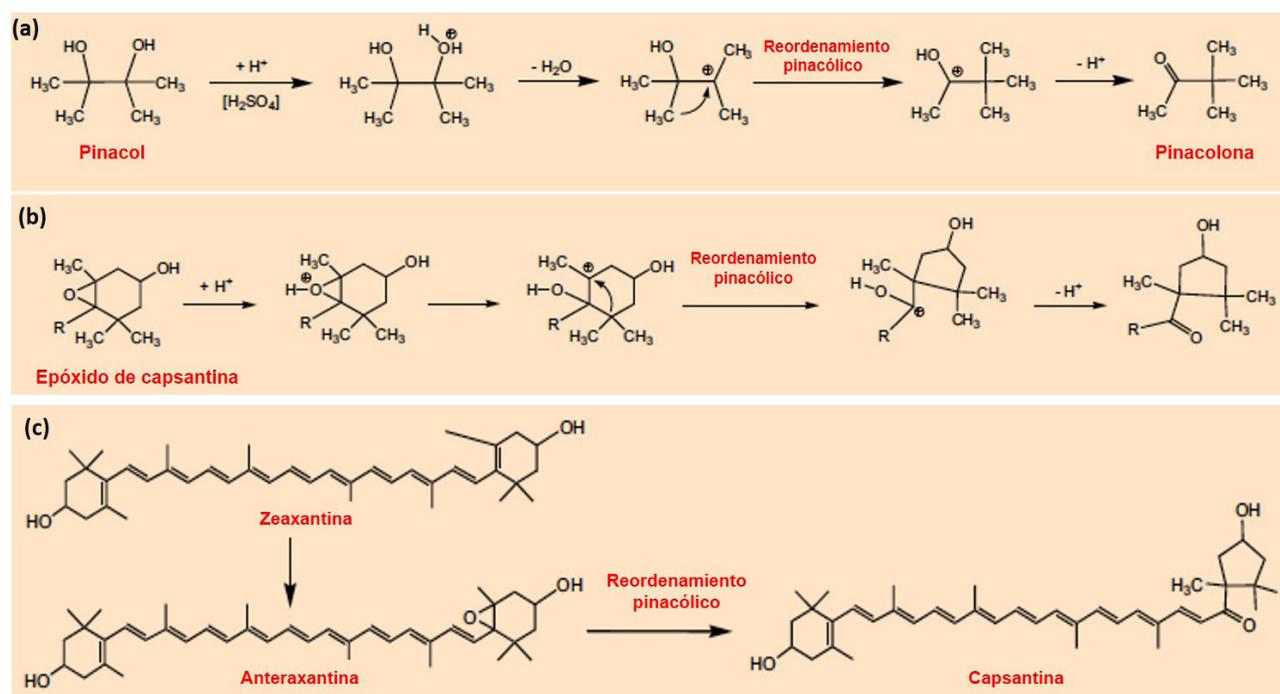


Figura 3. Mecanismo de reacción del reordenamiento pinacólico y la generación del colorante rojo en los ajés. En (a) se muestra el reordenamiento para el caso de un diol como el pinacol y en (b) se observa el caso de un epóxido. En (c) se muestra la transformación progresiva de la zeaxantina, naranja, en capsantina, de color rojo cuyo paso final incluye un reordenamiento pinacólico en la anteraxantina. Tomado de Roth, K. *Chemie in unserer Zeit* **2010**, *44*, 138 – 151. Reproducida con permiso de John Wiley and Sons. © 2010 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

el mecanismo de reacción del reordenamiento pinacólico involucra la formación de un carbocatión con la eliminación de una molécula de agua. La reacción es catalizada por ácidos y el producto es una cetona. Esto es exactamente lo que ocurre con la anteraxantina proveniente de la zeaxantina para dar la capsantina de color rojo (**figura 3c**).

En el laboratorio sabemos que un reordenamiento pinacólico se puede llevar a cabo en condiciones bastante drásticas como son la presencia de ácido sulfúrico concentrado y 100 °C de temperatura. El *capsicum* o pimentón realiza este reordenamiento pinacólico a temperatura ambiente y pH 7 con un sistema enzimático desconocido⁵. El rojo de pimentón o capsantina se conoce también como E160c y es un aditivo colorante natural para alimentos.

El olfato nos lleva igualmente a algo asombroso. En el aroma del pimentón (en especial el verde) se encuentran el nonenal, el etil-4-metilpentanoato y la beta-ionona, entre otros. Sin embargo, el olor típico se debe principalmente al 3-isobutil-2-metoxipirazina (Ver **figura 4**). Este compuesto es una de las moléculas de mayor intensidad al olor que existe en la naturaleza. La nariz humana puede detectar el olor de esta pirazina hasta en una dilución de 2 en mil millones (0,002 ppb).^{6,7}



3-isobutil-2-metoxipirazina

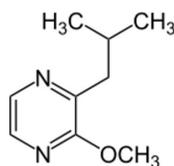


Figura 4. Molécula de 3-isobutil-2-metoxipirazina, característica del olor de los diferentes tipos de ajíes. Foto del autor.

En lo que respecta al sabor, la planta de *capsicum*, en comparación con el jengibre, la mostaza y la pimienta, es la más picante de todas. El ají es la única planta que produce el N-(4 hidroxí-3- metoxibencil)-8-metil-6-nonenamida, es decir, la conocida capsaicina⁸ (**figura 5**). Esta sustancia es irritante

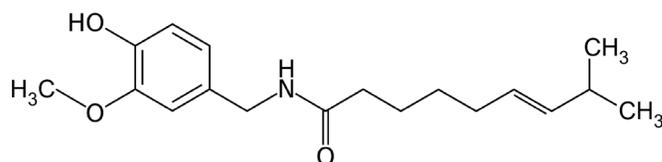


Figura 5. Molécula de capsaicina, el origen del sabor picante de los ajíes.

y el ají la produce para protegerse de ser consumida por mamíferos. Las aves no son susceptibles a la capsaicina por lo que pueden consumirla y esparcir sus semillas.

Si analizamos los receptores sensoriales de la lengua humana encontraremos diferentes receptores o papilas gustativas en la lengua que permiten la sensación del sabor.⁹ Los sabores primarios son el amargo, ácido, dulce, salado y el umami (sabroso en japonés). El gusto se percibe por el contacto de las sustancias químicas solubles sobre las papilas gustativas de la lengua que son quimiorreceptores y generan la liberación de moléculas neurotransmisoras que desencadenan impulsos nerviosos al cerebro. Los nervios que transmiten estos impulsos del sabor son el nervio facial, el nervio glossofaríngeo y el nervio vago. Es de destacar que, a pesar de estar muy extendida la creencia, en la lengua no hay regiones específicas para cada sabor.

En la boca sentimos, junto con estos sabores, la temperatura y lo picante. Sin embargo, ¿dónde se encuentran los quimiorreceptores para lo picante? La respuesta es sencilla: no existen papilas gustativas para lo picante. Lo picante y la temperatura tienen una transmisión neuronal distinta a la de los sabores. Lo picante se transmite al cerebro a través de otro tipo de receptores, los así llamados nociceptores o receptores de dolor. Los nociceptores son terminaciones nerviosas que están en el ser humano y cuya función es responder a un daño o a una irritación de algún tejido. En la boca, se encuentran en la terminación del nervio trigémino y van a generar impulsos eléctricos al cerebro en situaciones nocivas para el tejido involucrado. El resultado que nosotros percibimos es el dolor. Este será el caso, por ejemplo, si la temperatura de los alimentos sobrepasa los 43 °C. En los nociceptores, hay una proteína insertada llamada TRPV1 (Receptor de Potencial Transitorio de canales de cationes de la subfamilia V).^{10,11} Este receptor (Ver **figura 6**) es un canal

- Roth, K. Die Skala des Wilbur Lincoln Scoville. Manche mögen's scharf. *Chemie in unserer Zeit* **2010**, *44*, 138 – 151.
- Adams, T. B.; Jdoull, J.; Feron, V.J.; Goodmand, c.J.I.; Marnett, L.J.; Munro, I.C.; Newberne, P.M.; Portoghese, P.S.; Smith, R.L.; Waddell, W.J y Wagner, B.M. The FEMA GRAS assessment of pyrazine derivatives used as flavor ingredients. *Food and Chemical Toxicology*. **2002**, *40* (4): 429–451.
- Simat, T.; Schneider-Häder, B.; Uhl, M. y Mleczko, M.: *Geruchs- und Aromaschulung in der Sensorik*. DLG-Expertenwissen 1/2017. (DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Sociedad Agrícola Alemana))
- Cedron, J. C. La Capsaicina. *Revista de Química*, **2013**, *27*, 7-8.

- Morales Puebla, J. M., Mingo Sanchez, E. M.; Caro García, M. A. "Fisiología del gusto". Capítulo 69 del "Libro virtual en otorrinolaringología", Sociedad Española de otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial (SEORP-PCF). Sin fecha.
- Jara-Oseguera A.; Nieto-Posadas, A.; Szallasi, A.; Islas, L.D. y Rosenbaum, T. Molecular Mechanisms of TRPV1 Channel Activation, *The Open Pain Journal*, **2010**, *3*, 68-81.
- Brauchi, S.; Orta, G.; Mascayano, C.; Salazar, M.; Raddatz, N.; Urbina, H., Rosenmann E.; Gonzalez-Nilo, F., y Latorre, R. (June). Dissection of the components for PIP2 activation and thermosensation in TRP channels. *Proc. Nat. Acad. Scien. USA*, **2007**, *104* (24): 10246–51.

iónico por el cual pueden pasar los iones sodio y calcio al interior de una célula. Con ello se produce una diferencia de potencial que resultará en la emisión de una señal eléctrica que será llevada al cerebro donde finalmente se producirá la sensación de dolor. Si la temperatura sobrepasa los 43 °C se abrirá el canal iónico y se tendrá la sensación de dolor. Este es un mecanismo creado por la naturaleza para la protección del cuerpo humano ante posibles quemaduras.

La capsaicina nos juega una mala pasada. Al entrar en contacto con el receptor TRPV1 provoca la apertura del canal iónico a temperatura ambiente. Como el canal iónico está abierto, nuestro cerebro recibe la señal que algo se está quemando y emite la sensación de dolor. Por lo tanto, lo picante es, en resumidas cuentas, una quemadura fingida ¹². En el idioma inglés se dice “hot” (caliente) cuando se habla de algo picante. Esta palabra corresponde ciertamente a lo que sucede.

Una quemadura en la boca como la que se puede producir, por ejemplo, luego de consumir una sopa muy caliente lleva a un daño de los tejidos bucales que puede persistir durante varios días. Una cosa muy diferente sucede luego del consumo de un ají o de un rocoto. La lengua nos puede arder muchísimo, pero ese dolor pasará en pocos minutos sin consecuencias.

El químico norteamericano Wilbur Scoville desarrolló un sistema de medición para el picor a partir del grado de disolución que es necesario para no sentir más la capsaicina. Así, creó una escala que denominó “*Scoville Heat Units*” (SHU) que es un examen organoléptico bastante impreciso. Hoy en día se utilizan métodos cuantitativos como la cromatografía HPLC para determinar la cantidad de capsaicina. Sin embargo, se siguen utilizando las unidades SHU en honor a Scoville. La capsaicina pura tiene un valor de 16 000 000 SHU. Una forma más práctica es una escala de 0 a 12 (Ver **figura 7**). El ají amarillo que tanto gusta y mayormente se utiliza en la cocina peruana tiene un picor de aproximadamente 5 000 SHU.

Finalmente, hay que anotar que el ají o pimentón tiene un alto valor nutritivo. Su consumo provee, en cualquiera

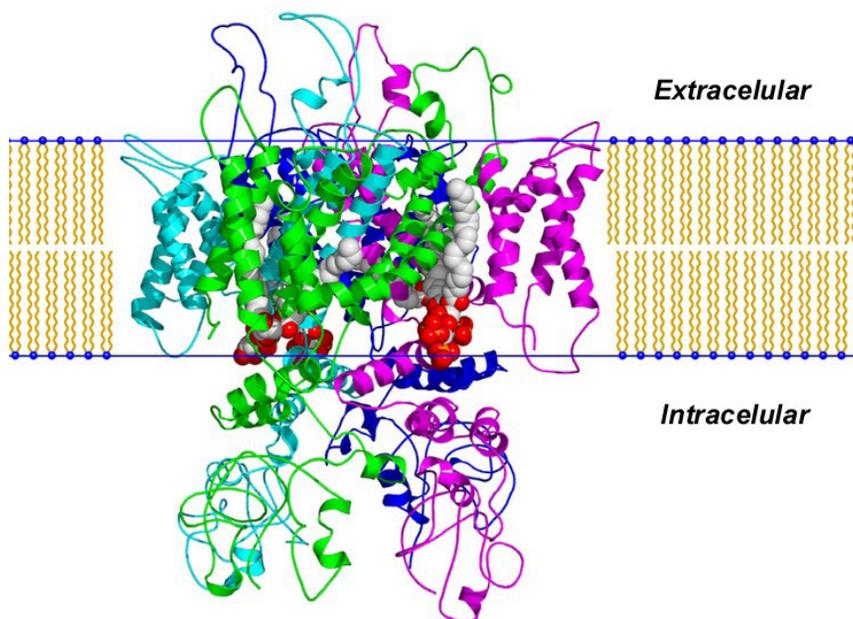


Figura 6. Canal iónico TRPV1 construido en base al modelo publicado en la referencia 11. La imagen es de Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trpv1_pip2_bilayer.png



Figura 7. Resumen ilustrativo de la escala de Scoville. Imagen de <http://www.bbq-grillspitz.at/chili.html>

de sus variedades, una gran cantidad de nutrientes esenciales como son potasio, fósforo, hierro y magnesio y las vitaminas A, E, B3, B6, K, pero, sobre todo, vitamina C. Para resaltar su valor nutritivo, basta indicar lo siguiente: se ha observado que el contenido de vitamina C de un fruto de pimentón de mediano tamaño, puede oscilar entre 40 y 350 mg de vitamina C por 100 g dependiendo de su grado de madurez (el mínimo es cuando están verdes y el máximo cuando están maduros -los valores más altos se han observado en las variedades rojas-)¹³. En un ají común peruano el contenido de vitamina C es de 60 mg por 100 g de producto.¹⁴ Estos datos nos dicen que

12. Tezanos, P. “Capsaicina y picante: ¿por qué me quema la lengua?”. *Antroporama.net*-divulgación sobre el ser humano. (Acceso marzo 2020)

13. Nagy, Z.; Daood, H.; Ambrózy, Z. y Helyes, L. Determination of Polyphenols, Capsaicinoids, and Vitamin C in New Hybrids of Chili Peppers. *J. Anal. Methods Chem.*, **2015**, artículo 102125.

14. Institute of Medicine (US), Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds: “vitamin C”. Capítulo 5 en *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. National Academies Press (US): Washington (DC), 2000.

comer ají maduro puede aportarnos una cantidad de vitamina C superior a la ingesta mínima recomendada para adultos (entre 75 y 90 mg de vitamina C por día ¹⁵) sin necesidad de complementar nuestra alimentación con otras fuentes de esta vitamina.

A MODO DE CONCLUSIÓN

La valoración organoléptica del ají nos muestra lo sorprendente que es esta planta oriunda de los Andes desde el punto de vista químico. Como verdura, el ají contiene muy buenas propiedades nutritivas.

“El ají no solo es picor y los peruanos lo sabemos muy bien”, dice Gastón Acurio, el reconocido Chef peruano, y añade: “El ají en la cocina es sobretodo sabor y color. Es el ingrediente que le da a las comidas peruanas su identidad, el que alegra nuestras vidas con su presencia diaria en nuestras

*mesas y el que ha hecho ganar fama y aplauso a nuestra cocina en todo el mundo”.*¹⁶

Recibido: 3 de abril de 2020

Aceptado en forma final: 16 de agosto de 2020

BIBLIOGRAFÍA ESENCIAL

Roth, K. Die Skala des Wilbur Lincoln Scoville. Manche mögen's scharf. *Chemie in unserer Zeit* 2010, 44, 138 – 151.

15. Super Foods Peru: *súper Ají*. Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PromPerú. Ministerio de Exterior y comercio. Sin fecha.

16. Acurio, G. Página personal de Facebook. 15 de septiembre de 2015 (Consulta marzo 2020).