

IF MILK IS WHITE, WHY IS CHEESE YELLOW?

SI LA LECHE ES BLANCA, ¿POR QUÉ EL QUESO ES AMARILLO?

Carlos A. Escobar*

"Piezas de queso" de Pacoöl estudio. El encabezado de este artículo ha sido diseñado usando imágenes de Freepik.com

La leche de vaca, que se usa para fabricar el queso, contiene β -caroteno, que es el compuesto responsable de la coloración amarillo-pálida natural del queso. Este compuesto de color amarillo-anaranjado se encuentra de manera natural en el pasto del que se alimentan las vacas. Como es liposoluble, se almacena en la grasa de la vaca y pasa a la leche encapsulado al interior de unos glóbulos de grasa contenidos en la leche. Dado que estos glóbulos dispersan la luz que incide sobre la leche ésta se ve blanca. Durante la fabricación del queso, estos glóbulos de grasa se rompen, exponiendo el β -caroteno, que tiñe el queso con su característico color amarillo. En la actualidad, para homogenizar el color de los quesos en la industria, se agrega Annatto o achiote, un colorante natural extraído del arbusto *Bixa orellana* L., presente en gran parte de la Amazonía Peruana.

Palabras clave: β -caroteno, Annatto, Bixina, Norbixina.

La leche es el ingrediente principal en la fabricación del queso. De manera general, se puede decir que la leche es una mezcla compleja de sólidos contenidos en el suero de la leche, mientras que el queso es el resultado de la separación por precipitación de esos sólidos presentes en el suero (**Figura 1**). Además de la lactosa, el azúcar de la leche, uno de los principales sólidos contenidos en el suero son las proteínas que contiene la leche, las caseínas. En medios acuosos como la leche, estas proteínas se unen a iones de calcio y a nanopartículas de fosfato de calcio amorfo (también presentes en la leche) para auto ensamblarse naturalmente y formar unas partículas coloidales esféricas de unos 150 nm de diámetro, conocidas como "micelas de

*Doctor en Química, académico e investigador que ha trabajado en distintas Universidades Chilenas (Universidad Andrés Bello y Universidad Autónoma de Chile). Reside en Maipú, Santiago de Chile. ionnitronio@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4627-638X>



Cow's milk, which is used to make cheese, contains β -carotene, which is the compound responsible for the natural pale-yellow color of cheese. This yellow-orange colored compound is found naturally in the grass that cows feed on. As it is fat soluble, it is stored in the cow's fat and passes into the milk encapsulated inside the so-called fat globules contained in milk. Since these globules scatter the incident light, milk appears to be white. During cheese making, these fat globules break down, releasing the β -carotene, which stains the cheese with its characteristic yellow color. Currently, to homogenize the cheese color in the industry, Annatto is added, a natural colorant extracted from the plant *Bixa orellana* L., present in the Peruvian Amazonia.

Keywords: β -carotene, Annatto, Bixin, Norbixin.

caseína"¹. Estas diminutas micelas están dispersas en el suero que también contiene los llamados "glóbulos de grasa"², que son pequeñas gotitas esféricas de grasa de unos 8 μ m de diámetro (**Figura 2**). La composición de estos glóbulos de grasa es variable, pero contienen principalmente lípidos de membrana (fosfolípidos) y triglicéridos. Cada gotita de grasa está rodeada por dos capas que aseguran su integridad estructural: una monocapa primaria que rodea al glóbulo de grasa y que es rica en proteínas que vienen de la membrana del retículo endoplásmico, y una segunda capa, la más externa, que es rica en lípidos polares provenientes de la membrana plasmática³ de las células epiteliales mamarias.

1. Holt, C.; Carver, J. A.; Ecroyd, H.; Thorn, D. C. *Invited Review: Caseins and the Casein Micelle: Their Biological Functions, Structures, and Behavior in Foods*. *J. Dairy Sci.* **2013**, *96* (10), 6127–6146.
2. Panthi, R. R.; Jordan, K. N.; Kelly, A. L.; Sheehan, J. J. D. *Selection and Treatment of Milk for Cheesemaking*, Fourth Ed.; Elsevier Ltd, 2017; Vol. 1.
3. Malik, P.; Danthine, S.; Paul, A.; Blecker, C. *Physical-Chemical Properties of Milk Fat Globule Membrane At Different Stages of Isolation*. *Sci. Bull. Ser. F. Biotechnol.* **2015**, *XIX*, 154–159.

Los glóbulos de grasa se forman en el interior de las células epiteliales mamarias, allí los lípidos contenidos en la leche se forman como pequeñísimas gotas de triglicéridos, que son sintetizados en la superficie de las membranas del retículo endoplasmático rugoso. Una vez formadas, estas pequeñas gotas son liberadas al citoplasma de la célula mamaria, cubiertas con una monocapa de proteínas y fosfolípidos. En el citoplasma, estas gotas cubiertas con una monocapa de proteínas pueden fusionarse para formar gotas más grandes que permanecen en el citoplasma. Las gotas de grasa así formadas, rodeadas de su monocapa proteica, son transportadas hacia la membrana plasmática apical para ser secretadas por la célula mamaria. En este último proceso se cubren por una bicapa lipídica, mediante un mecanismo que aún no ha sido totalmente aclarado^{4,5}.

Cuando la luz incide sobre la leche, los glóbulos de grasa hacen que la luz se refracte y se disperse. Este efecto produce que la leche refleje todas las longitudes de onda de la luz incidente y que no absorba ninguna, por lo que la vemos de color blanco.

El β -caroteno (sí, el mismo que le da el color a la zanahoria, **Figura 3**)⁶ es el responsable de ese color amarillo pálido, el color natural del queso. Es un pigmento amarillo-anaranjado con propiedades antioxidantes que se encuentra de manera natural en el pasto del que se alimentan las vacas y que se traspaasa al queso desde la leche que se usa para prepararlo. El β -caroteno es liposoluble, es decir, se disuelve fácilmente en la grasa de la vaca, y termina en el interior de los

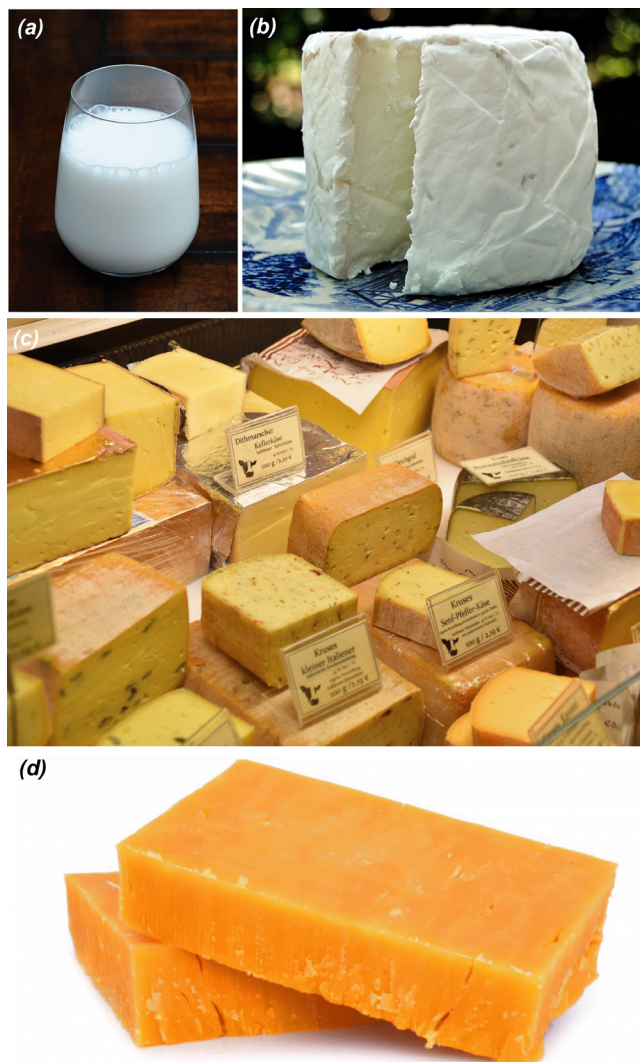


Figura 1. (arriba) El color de la leche frente al color de los quesos. (a) Vaso de leche con su color blanco característico; a pesar de contener β -caroteno en su grasa, no lo podemos ver pues está encapsulado en los glóbulos de grasa. (b) Queso blanco fresco de cabra cuyo color es debido a que las cabras no almacenan β -Caroteno en su grasa. (c) Conjunto de quesos curados en un mercado de Elmshorn, (Alemania) donde puede observarse las diferentes tonalidades de color amarillo. (d) Rebanadas del tradicional queso cheddar cuyo color homogéneo se debe al colorante natural annatto (ver texto). Crédito de las fotos: todas son de dominio público ((a) de Kim Gorga en Unsplash (b) disponible en PIXNIO, (c) de Waldemar Brandt en Unsplash, y (d) tomada de PxHere)

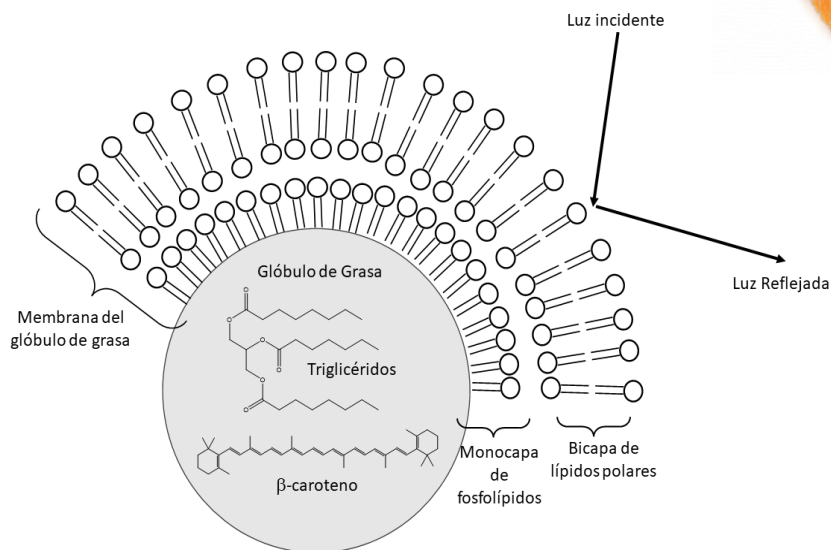


Figura 2. (abajo izquierda) Esquema que muestra las partes de un glóbulo de grasa de la leche de vaca.

En gris se muestra el glóbulo de grasa interno que contiene, entre otros, triglicéridos y β -caroteno. Este glóbulo está rodeado por una membrana que le da estabilidad (solo se muestra un segmento de ella), la que, a su vez, se compone de dos capas: la primera está formada por una monocapa primaria de fosfolípidos (próxima al glóbulo de grasa) y la segunda consiste en una bicapa, más externa, de lípidos más polares. El glóbulo de grasa refleja todas las longitudes de onda de la luz visible incidente, por lo que la leche se ve blanca. (dibujo del autor).

4. Mather, I. H.; Keenan, T. W. *Origin and Secretion of Milk Lipids. J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* **1998**, *3* (3), 259–273.
 5. Heid, H. W.; Keenan, T. W. *Intracellular Origin and Secretion of Milk Fat Globules. Eur. J. Cell Biol.* **2005**, *84* (2–3), 245–258.
 6. Fikselová, M.; Mareček, J.; Mellen, M. *Carotenes Content in Carrot Roots (Daucus Carota L.) as Affected by Cultivation and Storage. Veg. Crop. Res. Bull.* **2010**, *73* (1), 47–54.

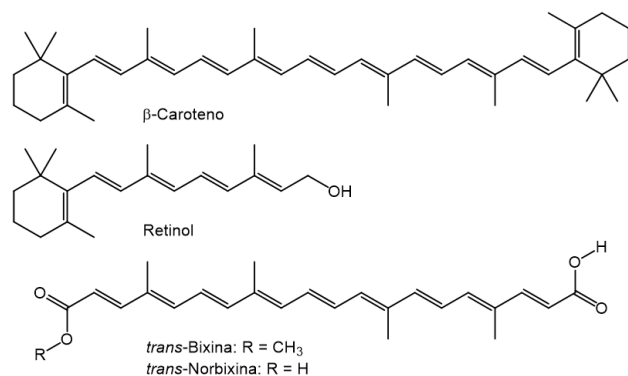


Figura 3. Estructuras de los compuestos responsables de la coloración del queso de vaca. (dibujo del autor).

glóbulos de grasa que se encuentran en la leche. La leche no adquiere la tonalidad de este colorante porque las proteínas y las membranas que rodean a los glóbulos de grasa encubren o enmascaran el color del pigmento, reflejando la luz de manera tal que la leche parezca blanca. Sin embargo, durante el proceso de fabricación del queso, las membranas de los glóbulos de grasa que están en la leche se rompen, liberando el β -caroteno, el que ahora aparece más concentrado ya que la parte líquida de la leche se ha drenado o filtrado durante la fabricación del queso. De esta manera, los quesos fabricados con leche de vacas que comen en pasturas con alto contenido en β -caroteno tienden a tener un color amarillo natural más intenso. Por el contrario, los quesos de vaca que nos parecen más blancos corresponden a quesos que mantienen una estructura proteica más densa, donde el β -caroteno no drena fácilmente, por lo que nos siguen pareciendo blancos como la leche. En contraste, el queso de cabra es blanco porque a diferencia de las vacas, las cabras no almacenan β -caroteno en su grasa, sino que lo bio-transforman a vitamina A^{7,8} (retinol), que es un compuesto incoloro con un máximo de absorción en la región del ultravioleta⁹.

Durante los siglos XVI o XVII los fabricantes de queso se dieron cuenta de que podían hacer más dinero al extraer la grasa de la leche y venderla separadamente, o usarla, por ejemplo, en la fabricación de mantequilla, y que la leche resultante, con menos grasa, podía ser usada igualmente en la fabricación de quesos. Sin embargo, esta práctica resultó

en quesos que habían perdido parte de su grasa y por ende su característico color amarillo. Dado que el color amarillo del queso se asociaba con quesos de buena calidad, decidieron continuar con la práctica de retirar la grasa, pero agregando colorantes como azafrán o jugo de zanahoria para ocultar la disminución de grasas en el queso y lograr de esa manera el deseado color amarillo¹⁰.

En tiempos más recientes, la razón principal para agregar colorantes amarillos al queso ha sido lograr un producto comercializable que sea homogéneo debido a que, incluso usando leche entera en la fabricación del queso, sus contenidos de β -caroteno varían según el tipo de pasto que comieron las vacas e incluso de la época del año en que la leche fue producida, ya que el pasto de mejor calidad se produce en primavera-verano y no en invierno. Actualmente se utiliza un colorante natural para teñir los quesos, conocido como annatto (del idioma caribe Annatto). Con este colorante, se tiñen los quesos de color amarillo y anaranjado y se usa especialmente también en la fabricación del queso Cheddar, típicamente anaranjado. El colorante annatto se extrae de las semillas del arbusto tropical *Bixa orellana* L., presente en gran parte de la Amazonía Peruana, donde puede encontrarse una gran variabilidad genética de esta especie⁸. La planta fue nombrada así en honor de Francisco de Orellana, adelantado español de Pizarro, y su uso no es exclusivamente moderno, ya que se sabe que los Mayas y los Aztecas usaban extractos de Achiote (nombre vernáculo de la *Bixa orellana*) para teñir textiles, pintar su cuerpo, como especia o condimento (comparable a la paprika o el azafrán) y como colorante en preparaciones culinarias¹¹.

Desde el punto de vista químico, los componentes principales de Annatto son los carotenoides bixina y norbixina (**Figura 3**). La bixina es un carotenoide de 25 átomos de carbono (i.e., apocarotenoide) cuyos grupos funcionales más importantes son un metil éster y un ácido carboxílico, separados por nueve enlaces dobles conjugados, los que son responsables de su color amarillo-anaranjado. La bixina se presenta bajo dos configuraciones estereoquímicas distintas: como *cis*-bixina (que es hidrosoluble) y como *trans*-bixina (que es liposoluble)¹². La *cis*-bixina puede ser transformada en la *trans*-bixina fácilmente cuando está en solución ya que el isómero *trans* es el más estable; por esta razón, la isomerización típicamente se realiza calentando a vacío (130° C) una suspensión en aceite de la *cis*-bixina, lo que produce el

7. Sharma, P.; Segat, A.; Kelly, A. L.; Sheehan, J. J. Colorants in Cheese Manufacture: Production, Chemistry, Interactions, and Regulation. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2020**, *19* (4), 1220–1242.
8. GONZALES-CORAL, A. COLECCION Y MANTENIMIENTO DE GERMOPLASMA DE ACHIOTE (*Bixa Orellana* L.) EN LA AMAZONIA PERUANA. *Folia Amaz.* **2006**, *4* (1), 49.
9. Furr, H. C. Analysis of Retinoids and Carotenoids: Problems Resolved and Unsolved. *J. Nutr.* **2004**, *134* (1).

10. Aubrey, A. How 17th Century Fraud Gave Rise To Brigh Orange Cheese (consultado Jun 22, 2020).
11. Giuliano, G.; Rosati, C.; Bramley, P. M. To Dye or Not to Dye: Biochemistry of Annatto Unveiled. *Trends Biotechnol.* **2003**, *21* (12), 513–516.
12. Rivera-Madrid, R.; Aguilar-Espinosa, M.; Cárdenas-Conejo, Y.; Garza-Caligaris, L. E. Carotenoid Derivates in Achiote (*Bixa Orellana*) Seeds: Synthesis and Health Promoting Properties. *Front. Plant Sci.* **2016**, *7* (September), 1–7.

isómero *trans* liposoluble que se presenta de color rojo cuando está en solución¹². Por su parte la norbixina, la más usada para el teñido de los quesos⁷, también se presenta bajo la forma de dos isómeros *cis/trans* siendo la principal diferencia estructural con la bixina, el reemplazo del grupo metil éster por un grupo carboxilo, por lo que la norbixina es más soluble en medios polares.

La coloración de estos compuestos proviene de lo que en química se conoce como el grupo cromóforo, es decir, la parte de la molécula que tiene la capacidad de absorber la luz. En el caso de la bixina y la norbixina el cromóforo corresponde a los nueve enlaces dobles conjugados y a los dos grupos carbonilos que los flanquean. Este cromóforo le permite a la bixina y a la norbixina absorber longitudes de onda entre los 400 y los 500 nm de la luz visible incidente¹³, lo que corresponde al color azul del espectro visible. En consecuencia, reflejan el resto de las longitudes de onda del espectro (que son las que vemos), y estas son las que corresponden a los colores complementarios del azul: el rojo y el amarillo. Algo equivalente sucede con el β -caroteno, el que posee un cromóforo de once enlaces dobles conjugados, lo que le permite también absorber longitudes de onda entre los 400 y los 500 nm de la luz visible incidente⁹, por lo que lo vemos de un color anaranjado. A diferencia de lo que ocurre con estos compuestos, la vitamina A (retinol), no aporta color. Esto se debe a que posee un sistema conjugado más pequeño, de tan solo 5 enlaces dobles, los que, como ya se dijo, absorben en la región del ultravioleta⁹, por lo que nos resulta incoloro a la vista. Esta es la base del “bleaching” o blanqueado del suero de la leche. Ya que parte del β -caroteno y de los colorantes añadidos en la fabricación del queso se pasan también al suero de la leche, éstos deben ser “eliminados” del suero, antes de usarlo en la fabricación de otros productos. Para ello, se usa el peróxido de hidrógeno, el peróxido de benzoilo, o enzimas del tipo peroxidasas¹⁴, los que tienen como función última recortar el sistema conjugado del β -caroteno, de la bixina o de la norbixina, produciendo moléculas más pequeñas con sistemas conjugados más cortos que absorban en la región ultravioleta del espectro visible, así haciéndolos invisibles.

VISIÓN FINAL: SI LA LECHE ES BLANCA, ¿POR QUÉ EL QUESO ES AMARILLO?

Al menos tres compuestos, que comparten una estructura química similar, son los responsables de la coloración amarilla del queso: el β -caroteno, la bixina y la norbixina. Los tres compuestos son de origen natural: mientras el β -caroteno, que es el responsable del color amarillo natural del queso, proviene del pasto que consumen las vacas y llega al queso ocluido en los glóbulos de grasa presentes en la leche, la bixina y la norbixina son extraídos del arbusto *Bixa orellana L.*, presente en gran parte de la Amazonía Peruana y son añadidos, en algunos casos, como por ejemplo en la fabricación del queso Cheddar, para asegurar un color homogéneo durante la fabricación del queso.

Recibido: 8 de septiembre de 2021

Aceptado en forma final: 29 de septiembre de 2021

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES DE INTERÉS

Sharma, P.; Segat, A.; Kelly, A. L.; Sheehan, J. J. *Colorants in Cheese Manufacture: Production, Chemistry, Interactions, and Regulation. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2020**, *19* (4), 1220–1242.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Escobar, C.A.: Si la leche es blanca, ¿Por qué el queso es amarillo? *Revista de Química*, **2021**, *35*(2), 26-29. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/24159>

13. Scotter, M. *The Chemistry and Analysis of Annatto Food Colouring: A Review. Food Addit. Contam. Part A* **2009**, *26* (8), 1123–1145.

14. Zorn, H.; Langhoff, S.; Scheibner, M.; Nimtz, M.; Berger, R. G. *A Peroxidase from Lepista Irina Cleaves β , β -Carotene to Flavor Compounds. Biol. Chem.* **2003**, *384* (7), 1049–1056.