

ARCO IRIS DE JUGO DE TOMATE, UNA COLOREADA E INSTRUCTIVA DEMOSTRACIÓN

Maribel Guzmán C.*

INTRODUCCIÓN

Los alquenos suelen comportarse como nucleófilos, dado que el doble enlace carbono-carbono es rico en electrones y puede donar un par de ellos a un electrófilo dando paso a la denominada reacción de adición electrofílica. En una reacción de adición a un doble enlace carbono-carbono, el enlace π se rompe y su par de electrones es usado para dar paso a la formación de dos enlaces sigma. En general, los electrones π expuestos del doble enlace carbono-carbono atraen electrófilos. Un paso importante en las reacciones de adición es la formación de un carbocatión intermedio el cual posteriormente puede sufrir un ataque nucleofílico para finalmente dar el producto saturado deseado.

Los halogenuros de hidrógeno, los ácidos, el cloro y el bromo se adicionan a los dobles enlaces carbono-carbono produciendo compuestos saturados. Un reactivo muy utilizado como prueba de laboratorio, es la solución diluida de bromo en CCl_4 , que sirve para detectar en forma rápida y sencilla la presencia de un doble enlace en un compuesto de estructura desconocida.

* Pontificia Universidad Católica del Perú, Dpto. de Ciencias, Sección Química.

En esta oportunidad observaremos el efecto de la adición de una solución acuosa de bromo a una solución de jugo de tomate, la cual contiene grandes concentraciones de carotenoides siendo el Licopeno el predominante.

Cuando una solución acuosa de bromo se agrega lentamente y agita en un depósito conteniendo jugo de tomate fresco, se observa la formación de un arco iris, el cual es resultado del efecto causado por un gradiente de concentración de Licopeno a medida que la reacción de adición de bromo se va llevando a cabo. La reacción transcurre en minutos y los colores formados persisten por horas, haciendo que esta demostración sea fácil de hacer. Para poder explicar este inusual fenómeno, hay que tener en cuenta los siguientes hechos:

1. El efecto de la variación de la longitud de onda de máxima absorción de un sistema conjugado,
2. La manera en la cual el bromo ataca y se agrega a un doble enlace carbono-carbono,
3. La existencia de un complejo de transferencia de carga (CTC),
4. El efecto del medio en el mecanismo de reacción.

PARTE TEORICA

El Licopeno es un colorante frecuente en los frutos maduros especialmente en el tomate, es un caroteno insaturado altamente conjugado, debido a su estructura comprendida por 40 átomos de carbono y 56 átomos de hidrógeno, con 11 enlaces dobles todos conjugados (Fig 1) [1].

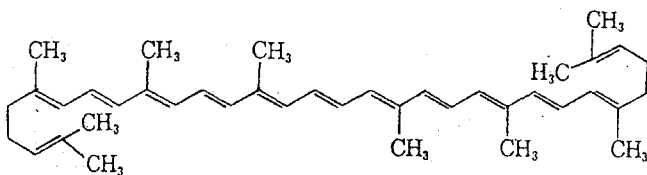


Figura 1. Estructura de Licopeno

Debido al sistema de alta conjugación la energía necesaria para realizar una transición $\pi \rightarrow \pi^*$ de los electrones del doble enlace del Licopeno es mucho menor que la energía necesaria para la misma transición de una molécula

de etileno que cuenta con sólo un doble enlace carbono-carbono, esto explica el porque el Licopeno tiene una absorbancia en el espectro visible a una longitud de onda relativamente grande, aproximadamente tiene un $\lambda_{\text{máx}} = 505$ nm [2].

El sistema conjugado del Licopeno origina una absorción en la región azul del espectro visible (Fig. 2), emitiendo su característico color rojo-naranja. Si un doble enlace es atacado y removido por un agente como el bromo, la conjugación del sistema disminuye y por lo tanto la longitud de onda también, esto causará un desplazamiento de la absorción hacia la región ultravioleta del espectro lo que se ve demostrado con la decoloración del compuesto.

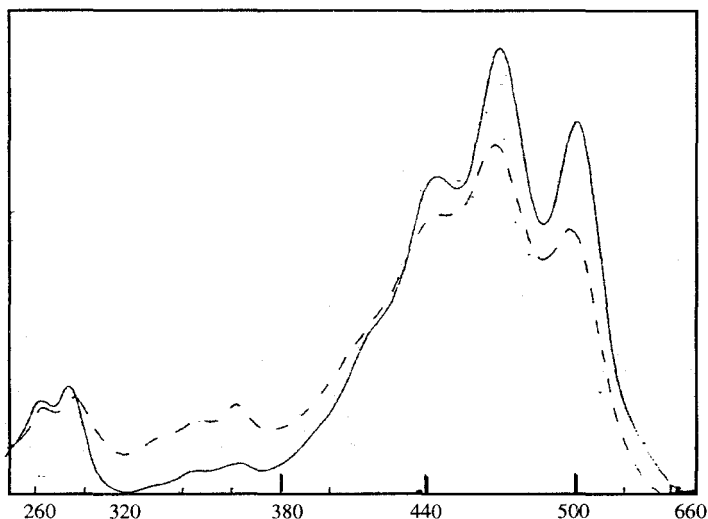


Figura 2. Espectro Visible de Licopeno

Para poder explicar el origen de los colores verde y azul que se observan en el fenómeno del arco iris de jugo de tomate, es necesario observar la manera como el bromo se adiciona al doble enlace carbono-carbono, el mecanismo de adición que se ha propuesto se muestra en la Fig 3.

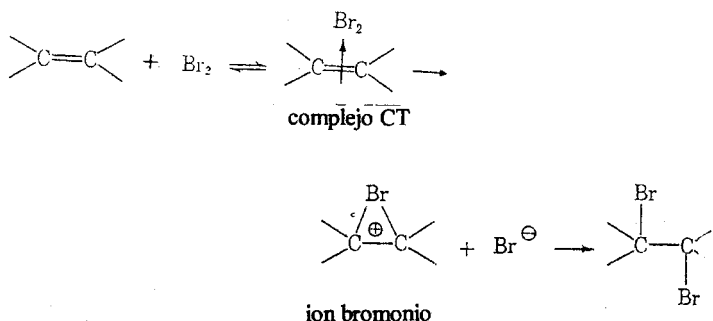


Figura 3. Mecanismo de adición del bromo a un doble enlace carbono-carbono

El primer paso es la formación de un complejo de transferencia de carga entre el bromo y el doble enlace carbono-carbono, el cual se disocia en el ion bromonio y el ion bromuro. El ataque del ion bromuro ocurre en forma trans permitiendo la eliminación del doble enlace, esta reacción de adición es catalizada por sustancias polares y por acción de la luz.

La interacción de transferencia de carga ocurre cuando un complejo es formado con una molécula que tiende a donar un electrón (en nuestro caso el doble enlace) y una molécula que se comporta como aceptor (en este caso el bromo).

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales y reactivos:

Materiales: 1 probeta graduada de 25 mL, 1 probeta delgada sin graduar, 1 varilla de vidrio, 1 gotero.

Reactivos: 50 mL de jugo de tomate fresco concentrado, agua de bromo saturada.

Procedimiento:

Tomar 20 mL de jugo de tomate y colocarlos en una probeta sin graduación, agregar gota a gota 4,0 mL de agua de bromo saturada¹ agitar

¹ (Tenga mucho cuidado: el agua de bromo saturada puede desprender gases los cuales son tóxicos).

suavemente con una varilla de vidrio por unos segundos, luego dejar reposar y observar los colores formados (Fig 4).

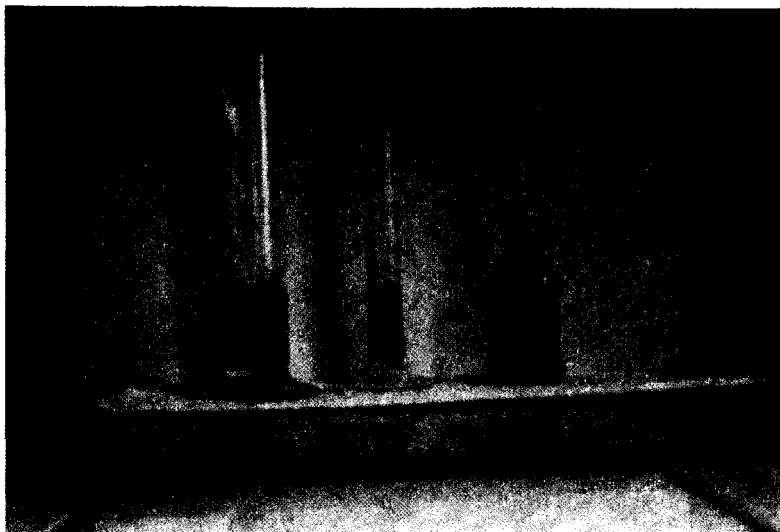


Figura 4. Formación de arco iris

DISCUSION DE RESULTADOS

Los colores producidos cuando el agua de bromo saturada se agrega al jugo de tomate, puede ser explicado si se acepta que el primer paso en la reacción de bromación es la formación del complejo de transferencia de carga. La absorción en el espectro de este compuesto no ha sido todavía determinado, pero puede suponerse que se encontrará en la región roja del espectro visible.

El color azul en la parte inferior del gradiente de color (Fig 5) se debe a la estabilidad del complejo antes mencionado; a su vez en la parte inferior de la probeta, la concentración del agua de bromo (amarilla) es suficientemente grande y esta se mezcla con el azul generando el color verde observado. Por otro lado en las capas superiores la densidad natural del jugo de tomate es suficiente para mantener el gradiente de concentración indefinidamente por varias horas [3].

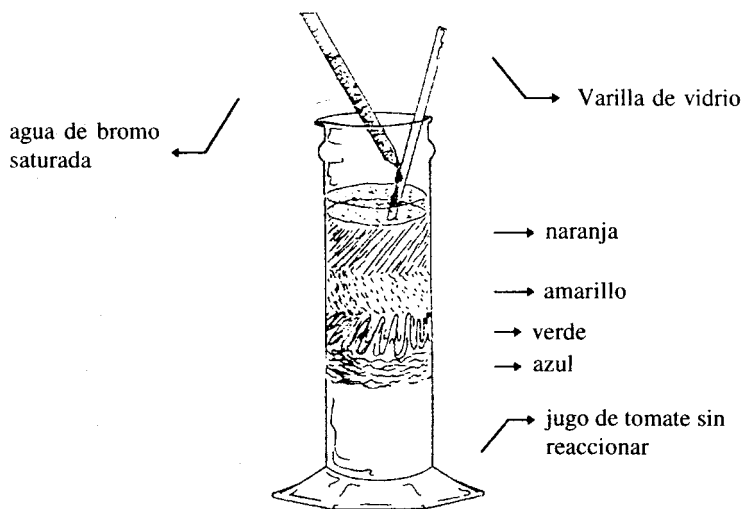


Figura 5. Colores observados

BIBLIOGRAFIA

1. Guzmán C., M. (1996) "Estudio Fitoquímico de *Capsicum annum* (Páprika)", Tesis para optar el Título de Licenciado de Química, PUCP, Lima-Perú.
2. Tan B., Soderstrom, D. N. (1989) *Journal of Chemical Education*, **66**(3), 258-260.
3. Mac Beath, M.E., Richardson, A.L. (1986) *Journal of Chemical Education*, **63**(12), 1092-1094.