

OBTENCIÓN DE COLOR CARAMELO PARA LA PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS

OBTENTION OF CARAMEL COLOR FOR CARBONATED BEVERAGES

Isnel Benítez Cortés^{1}, Amarilís Agramonte Corrales¹, Taimy Hernández Sariego¹,
Humberto Varela de Moya¹, Yunia López Pérez¹ y Luisa Matos Mosqueda¹*

¹ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Carretera Circunvalación Norte km 5 ½,
Camagüey, Cuba.

Recibido: Marzo 28, 2016; Revisado: Abril 19, 2016; Aceptado: Abril 30, 2016

RESUMEN

Este trabajo se realiza con el objetivo de evaluar diferentes condiciones de elaboración del color caramelo que permitan incrementar su durabilidad y cumplir con las normas establecidas para la producción de refrescos carbonatados. Se evalúa el efecto de la concentración de ácido fosfórico e hidróxido de amonio en las propiedades del color caramelo como densidad, pH, grados Brix y el color y se comparan con un color caramelo patrón importado. Los resultados indican que la muestra preparada con 3,6 mL de ácido fosfórico y 46 mL de hidróxido de amonio presenta características similares a la muestra patrón. Con esta muestra se prepara un sirope de iromber y cola, mostrando muy buenos resultados para el caso de la cola, no así para el sirope de iromber. Los estudios de durabilidad resultan favorables, manteniendo constante el pH y estabilidad en el color.

Palabras claves: ácido fosfórico, amoniaco, cervezas, color caramelo, refrescos gaseados.

Copyright © 2016. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Isnel Benítez, Email: isnel.benites@reduc.edu.cu

ABSTRACT

This work is done in order to evaluate a process for the preparation of caramel color to produce carbonated soft drinks. The effect of the concentration of phosphoric acid and ammonium hydroxide in caramel color properties such as density, pH, color and Brix is evaluated and it is compared with a color pattern caramel color which was imported. The results indicate that the prepared sample with 3.6 mL of phosphoric acid and 46 mL of ammonium hydroxide has similar characteristics to the sample pattern. With this sample, ironber and cola syrup is prepared, showing very good results for the case of the cola, not so for ironber syrup. Durability studies are favorable, keeping the pH constant and color stability.

Key words: phosphoric acid, ammonia, beer, caramel color, carbonated beverage

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los colorantes de alimentos más antiguos y mayormente utilizados en la industria de los alimentos se encuentra el color caramelo, empleado en la elaboración de diferentes productos, como comidas y bebidas, batidos, mermeladas, encurtidos, helados y postres helados, las salsas, los vinos, las cervezas y las bebidas de cola (Kwang-Geun et al., 2013). El mismo tiene como función primaria la de proporcionar color (Rocío, 2013) aunque, como en el caso de los refrescos, funciona además como una emulsión para ayudar a inhibir la formación de ciertos tipos de flóculos y su capacidad para la protección de la luz, puede ayudar a prevenir la oxidación de los componentes aromatizantes en bebidas embotelladas. Básicamente, los caramelos se preparan calentando soluciones concentradas de carbohidratos con amoníaco o sales de amonio, con o sin otras sustancias inorgánicas que actúan como catalizadores en la producción de color (Jiménez, 2011; Schleea et al., 2013).

Existen cuatro clases de color del caramelo: Clase I, II, III y IV, en dependencia de su aplicación y de los reactivos utilizados en su producción (Yamaguchi y Masuda, 2011). La Clase I se prepara calentando álcalis de los hidratos de carbono o ácidos. La Clase II son preparados calentando hidratos de carbono con compuestos que contienen sulfitos, mientras que la Clase III se obtiene calentando los hidratos de carbono con los compuestos del amonio. Los de clase IV se obtienen en presencia tanto de sulfitos como de amonios y es utilizado en ambientes ácidos como los refrescos. Las Clases I y II son empleados normalmente para la producción de bebidas alcohólicas mientras que la Clase IV es consumida mundialmente para la producción de refrescos carbonatados (Schleea et al., 2013).

No obstante, a pesar de la sencillez con que se puede preparar un caramelo mediante calentamiento de los azúcares, resulta particularmente complejo que sus características sean reproducibles y que se adapten a las exigencias de calidad del producto que se desee colorear o aromatizar. Al establecer las condiciones de preparación de un color caramelo deben considerarse numerosas variables en las que incluyen el tipo de azúcar, de catalizador, la proporción de estos dos componentes, el tipo y proporción del solvente, el pH, la temperatura, el tiempo de calentamiento, etc.

Aunque en Cuba existen plantas donde se fabrica el color caramelo, en ocasiones este no cumple con las especificaciones de calidad para la producción de refrescos debido a que, al precipitar una parte del mismo, la durabilidad se ve afectada con el consiguiente efecto sobre la calidad del refresco. Esto indica la necesidad de evaluar un procedimiento para la producción del color caramelo que satisfaga los índices de calidad para la producción de refrescos, específicamente lo concerniente a la durabilidad del producto. Por tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar diferentes condiciones de elaboración del color caramelo que permita incrementar su durabilidad y cumplir con las normas establecidas para la producción de refrescos carbonatados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño experimental

Los estudios se realizan en la Planta Piloto de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, tomando como base las investigaciones llevadas a cabo en la fábrica de refresco “23 de Agosto” utilizando el azúcar refino y el agua destilada como materias primas y como reactivos el ácido fosfórico y el hidróxido de amonio. Se definen como variables independientes las cantidades de ácido fosfórico y de hidróxido de amonio. Las variables dependientes o respuestas son: densidad, pH, grados Brix y el color. Estas se escogen según los parámetros de calidad establecidos para el color caramelo según Bosch (1961) los que definen las principales características organolépticas que se requieren para un color caramelo con los requisitos de calidad demandados por los consumidores.

Se realiza un diseño experimental factorial 3^2 , con vistas a analizar el efecto de la concentración del ácido fosfórico e hidróxido de amonio a tres niveles. Tanto para la determinación del orden de ejecución aleatorio de los experimentos así como para el análisis estadístico de los resultados, se emplea el software StatGraphics Plus V5. Este diseño experimental indica un total de nueve corridas y se realizan dos réplicas.

Los niveles para la realización de cada experimento se escogen según la Norma de Producto NEIAL 111-0-11724.14 de la Empresa Cervecera Tínima y el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura NEIAL 111-0-11724.20. Se determina la relación de dosificación de ácido fosfórico e hidróxido de amonio que resulta de una cantidad de ácido fosfórico de 14 mL e hidróxido de amonio de 1 mL. Como nivel central se toma esta relación y se proponen dos valores superiores de volumen de ácido de un 10 y un 20 % del mismo. Estos niveles se definen con el objetivo de aumentar el contenido de ácido que permita la reducción del pH. Según criterios de especialistas de la entidad, la disminución del pH permitirá la eliminación de la aparición de los flóculos y que, para la producción de refresco, el pH debe ser bajo.

La preparación y procesamiento de las muestras se efectuaron en tres etapas: proceso de disolución, inversión y reversión, incorporación del reactivo NH_4OH (amoníaco acuoso) digestión y caramelización.

Para la preparación del jarabe de azúcar invertido se disuelven 1200 g de azúcar refino en 600 mL de agua utilizando un *beacker* de 2000 mL. Posteriormente, este volumen se divide en tres *erlenmeyers* de 300 mL, los cuales se colocan en un baño termostático para proporcionar calor y lograr una mejor dilución del azúcar refino. Una vez mezclado

se lleva la solución a una temperatura de 80 °C y se le adicionan 14, 28 y 42 mL de ácido fosfórico a las distintas muestras, respectivamente, elevándose lentamente la temperatura hasta un rango de 85-95 °C por un período de 1 ½ h, con el fin de lograr la reversión de la sacarosa.

Después de preparado el jarabe de azúcar invertido se enfría la masa en agua hasta alcanzar la temperatura ambiente. Una vez refrescada la mezcla, a las muestras se le adicionaron 1, 2 y 3 mL de hidróxido de amonio respectivamente. Se colocan en el baño termostático y se mantiene este calentamiento durante media hora en la cual la mezcla debe alcanzar una temperatura de 120 °C. Después de transcurridas las 2½ h se detiene el calentamiento, donde debe alcanzar una temperatura de 120 °C. Transcurrido este tiempo se detiene el calentamiento y se deja reposar por 24 h.

A las muestras obtenidas se les realizan las determinaciones físico-químicas (pH, densidad, grados Brix) según las normas NC-20-03-73. Se determina la intensidad del color tomando como referencia la muestra patrón (color caramelo importado). Se parte de 1 g de esta muestra que se disuelve en 500 mL de agua. Luego, de esta preparación se toman 50 mL y se disuelven en 100 mL de agua destilada y se toma una muestra que se analiza en el espectrofotómetro

Para valorar la calidad físico-química y aceptabilidad el color caramelo fue almacenado durante 10 días en que se analiza la calidad sensorial del mismo realizándose una prueba descriptiva escalar de categoría o intervalos en cuanto a la intensidad de color, a la mejor formulación, empleando 5 jueces experimentados y una prueba de nivel de agrado, escalar hedónica con 120 jueces afectivos empleando una escala que va desde me gusta mucho, me gusta, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta y me disgusta, mucho, según Espinosa (2014). Al mismo tiempo se realiza un estudio de durabilidad para evaluar la estabilidad del producto, mediante valoraciones de intensidad del color, densidad y pH.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Propiedades físicas del color caramelo obtenido

Al comparar los resultados con la muestra patrón se observa que los valores obtenidos no se corresponden con la misma. Los valores de pH son muy inferiores a los establecidos en las especificaciones de calidad del producto reportados por Soler (2011). Esto se debe a la utilización de una alta concentración de ácido fosfórico que se utiliza buscando reducir el punto isoeléctrico, hasta lograr un valor en el que no se formen precipitados, los cuales afectan la calidad del producto final. En el caso de la densidad se obtienen valores superiores aunque no son significativos. Estos resultados se deben a que las cantidades de ácido fosfórico añadidas son superiores a las del hidróxido de amonio impidiendo que ocurra una correcta neutralización en la mezcla. Por otra parte, la temperatura alcanzada es inferior a la que se plantea que debe oscilar entre 90-120 °C.

En el caso de la intensidad del color, en todas las variantes de estudio, este estuvo por debajo de los valores mostrados por el color caramelo patrón. Esto indica que las condiciones experimentales deben variarse para poder lograr la caramelización y que la intensidad del color se aproxime a la del patrón. De esta forma, se necesitaría una mayor

cantidad de color caramelo para lograr los índices de color establecidos por las normas, lo que implicaría un efecto económico desfavorable, la tabla 1 muestra estos resultados.

Tabla 1. Resumen de las propiedades físicas del color caramelo obtenido

<i>Corridas</i>	<i>H₃PO₄</i> <i>(mL)</i>	<i>NH₄OH</i> <i>(mL)</i>	<i>pH</i>	<i>Densidad</i> <i>(g/mL)</i>	<i>Grados</i> <i>Brix</i>	<i>Intensidad de</i> <i>color (nm)</i>
1	28,0	1,0	0,72	1,396	68,5	No hubo correspondencia en ninguno de los casos en comparación con la muestra patrón
2	42,0	1,0	0,58	1,408	64,5	
3	14,0	1,0	0,79	1,392	69,0	
4	42,0	2,0	0,48	1,396	67,0	
5	14,0	3,0	0,84	1,392	68,5	
6	28,0	2,0	0,63	1,392	69,0	
7	14,0	2,0	0,86	1,392	69,5	
8	28,0	3,0	0,61	1,396	69,0	
9	42,0	3,0	0,47	1,400	67,0	

Muestra patrón: pH=2,71; densidad= 1,28 g/mL; Brix= 62; intensidad de color=417

Por tales motivos, se pasa a una etapa de corrección modificando para ello las condiciones experimentales. Se toma como referencia la carta tecnológica de la Fábrica de Cerveza “Tínima” de Camagüey, que produce color caramelo aunque no cumple con los parámetros establecidos para el refresco porque tiene un pH muy alto y el poder tintóreo es muy bajo. Este pH alto provoca la aparición de precipitados en forma de flóculos que afectan la calidad del refresco. Se calienta con una resistencia eléctrica que suministra un calor intenso para lograr la caramelización. Para preparar el jarabe de azúcar invertido se disuelven en un *beacker* de 2000 mL una cantidad de 1200 g de azúcar refino en 396 mL de agua. Este se coloca en la resistencia para proporcionar calor y lograr una mejor disolución de la sacarosa. Este proceso se desarrolla con una fuerte agitación. Una vez disuelta el azúcar refino se eleva la temperatura hasta 80°C y se le adiciona el ácido fosfórico. Luego se continúa el calentamiento elevando la temperatura en un rango de 85-95 °C y se mantiene este calentamiento durante una hora con el fin de lograr la reversión disminuyendo así los azúcares reductores. Después de preparado el jarabe de azúcar invertido se enfría la masa con agua hasta que alcanza la temperatura ambiente. Luego de refrescada la mezcla se coloca nuevamente en la resistencia donde se comienza a incorporar el hidróxido de amonio, proceso este que se mantiene de 2 a 3 horas, según la carta tecnológica, para obtener el máximo color donde se llega a 120 °C de temperatura. Después de transcurrido el período de tiempo necesario se detiene el calentamiento y se enfría la mezcla donde se le añade la cantidad de 240 mL de agua. Luego de enfriada la mezcla se envasa en un pomo de cristal y pasada las 24 h se le realizan los análisis anteriormente definidos.

En cuanto al diseño experimental, se varía la concentración del ácido fosfórico y del hidróxido de amonio según la carta tecnológica de la fábrica de cervezas Tínima. Se mantienen el mismo diseño 3² con una réplica. Para este caso se mantiene constante la concentración de hidróxido de amonio y se cambia la concentración del ácido fosfórico en tres niveles. En este caso, se añade una cantidad mayor de hidróxido de amonio en

comparación con el experimento anterior siendo de 46 mL. Esto permite un incremento del pH ya que se requiere que se encuentre entre valores de 2,5 - 3,5.

En cuanto a la concentración del ácido fosfórico se aumenta desde el nivel establecido por la carta tecnológica y se proponen dos niveles a un 10-20 % por encima. La otra variable independiente analizada fue el tiempo de cocción el cual se evalúa en 2 ½ y 3 h, la tabla 2 muestra estos resultados.

Tabla 2. Resumen de las propiedades físicas del color caramelo obtenido en las nuevas condiciones

<i>Corridas</i>	<i>H₃PO₄</i> <i>(mL)</i>	<i>NH₄OH</i> <i>(mL)</i>	<i>Tiempo de</i> <i>cocción</i> <i>(h)</i>	<i>pH</i> <i>T=27°C</i>	<i>Densidad</i> <i>(g/mL)</i>	<i>Intensidad</i> <i>de color</i> <i>(nm)</i>
1	3,6	46	2	3,59	1,396	376
2	5,4	46	2 ½	3,45	1,388	428
3	7,2	46	3	2,81	1,396	436
4	3,6	46	2 ½	3,62	1,388	407
5	5,4	46	2	3,48	1,388	368
6	7,2	46	2 ½	2,43	1,424	434
7	3,6	46	3	2,73	1,424	490
8	5,4	46	3	2,81	1,40	434
9	7,2	46	2	2,54	1,412	435
10	3,6	46	2	3,36	1,42	427
11	5,4	46	2 ½	2,84	1,368	467
12	7,2	46	3	2,89	1,404	462
13	3,6	46	2 ½	3,16	1,428	444
14	5,4	46	2	3,16	1,396	435
15	7,2	46	2 ½	2,98	1,396	469
16	3,6	46	3	3,70	1,4	456
17	5,4	46	3	3,37	1,4	436
18	7,2	46	2	3,25	1,392	439

Los resultados muestran que los valores de pH están en el orden del valor del color caramelo patrón. Según criterios de especialistas con este último no se observa la formación de flóculos lo que permite inferir que en estas condiciones de pH obtenido el color caramelo en estudio no presentará en un futuro este inconveniente. En cuanto a la intensidad del color, se observan valores de longitudes de ondas por debajo del patrón. Esto puede deberse a que no se logró el tiempo de caramelización necesario aunque el experimento se realiza por la carta tecnológica. Otra de las causas que pueden afectar es el no poder utilizar el amoníaco gaseoso inyectado directamente durante el proceso de cocción.

3.2. Análisis de la mejor formulación

Teniendo en cuenta el acercamiento de los parámetros de calidad del color caramelo obtenido, a la muestra patrón, las variantes 6, 7 y 8 muestran los mejores resultados. Aunque las longitudes de ondas de las muestras en estudio aparentemente son mayores

a las del color caramelo patrón, estas no logran alcanzar el poder tintóreo establecido. Para lograr esta medición del color caramelo en estudio se disuelve a razón de 10 g en 100 mL de agua. De ahí se toman 5 mL y se disuelven en 25 mL de agua. En el caso del patrón, se diluyen 10 g en 500 mL de agua, de ahí se toman 50 mL y se disuelven en 100 mL de agua. De esta forma, en el caso de la muestra 7, no se le puede realizar la medición del color, por lo que se diluye en las mismas condiciones y concentraciones del color caramelo y se realiza la medición del color. La tabla 3 muestra la comparación entre el caramelo obtenido en el laboratorio y el caramelo patrón.

Tabla 3. Resultados de la mejor formulación de color caramelo obtenido

<i>Corridas</i>	<i>H₃PO₄</i> <i>(mL)</i>	<i>NH₄OH</i> <i>(mL)</i>	<i>Tiempo</i> <i>de</i> <i>cocción</i> <i>(h)</i>	<i>pH</i> <i>T=27°C</i>	<i>Densidad</i> <i>(g/mL)</i>	<i>Intensidad de</i> <i>color (nm)</i>
6	7,2	46	2 ½	2,43	1,424	434
7	3,6	46	3	2,73	1,424	490
8	5,4	46	3	2,81	1,40	434
Patrón	-	-	-	2,71	1,28	417

Se aprecia que el pH es ligeramente superior en el caso del caramelo patrón y la longitud de onda resulta superior en el caso del caramelo obtenido. Aunque existen pequeñas diferencias, estos resultados para las condiciones del experimento 7 permiten plantear que, bajo las condiciones de experimentación, la muestra 7 esta es la muestra que tiene más similitud con el color caramelo patrón.

Con estos resultados se prepara el sirope usando el color caramelo obtenido en los experimentos 6, 7 y 8 siguiendo las normas empleadas en la fábrica de refresco “23 de Agosto” (NRIAL-152-98, 1998) en la obtención de un litro de producto. Para esto se emplean dos sabores, el Iromber y el de Cola. Posteriormente, se prepara para cada una de las muestras seleccionadas, el refresco tomando 254 mL de sirope diluido en 1½ litros de agua y se determinan los sólidos solubles y la acidez (NC-424-2006) así como el color y la formación de precipitados.

Para la preparación del sirope de cola a escala de laboratorio se parte de la siguiente formulación: 0,9586 litros de jarabe de concentración 55,5 °Bx, 0,5418 litros de agua tratada, 0,020 kg de color caramelo, 0,0069 kg de emulsión aromática 7x, 0,0048 kg de ácido fosfórico al 75 % y 0,001 kg de cristales de benzoato. La tabla 4 muestra los resultados.

Tabla 4. Resultados de la caracterización del refresco de cola

<i>Corridas</i>	<i>Acidez (0,03-0,07)</i>	<i>Color (Oscuro rojizo brillante)</i>	<i>Sólidos solubles (9,8-10)</i>	<i>Formación de precipitado (No)</i>
Caramelo patrón	0,046	Oscuro rojizo brillante	10,5	No
6	0,030	Ligeramente oscuro	11,5	Si
7	0,037	Oscuro (sin llegar al patrón)	10,0	No
8	0,034	Menos oscuro que la corrida 6	10	Si

Los resultados muestran que la muestra 7 ofrece mejores resultados, mostrando valores adecuados de acidez y grados Brix. Por otra parte, se puede observar que no existe formación de flósculos ni precipitados luego de transcurridas las 72 horas, aunque presenta un poder tintóreo bajo comparado con el refresco de cola que se realizó con color caramelo patrón.

Para el refresco Iromber, el sirope se prepara con 0,9772 litros de jarabe de concentración 55,5 °Bx, 0,5503 litros de agua tratada, 0,010 kg de color caramelo, 0,0012 kg de ácido cítrico, 0,0038 kg de ácido fosfórico al 75 %, 0,0068 kg de esencia de hierro (12001) y 0,001 kg de benzoato en cristales. En este caso los resultados no fueron satisfactorios ya que ninguna de las muestras analizadas se encontró dentro de los parámetros de calidad establecidos (NEAIAL-1666-92, 1992). La tabla 5 muestra estos resultados.

Tabla 5. Resultados de la caracterización del refresco Iromber

<i>Corridas</i>	<i>Acidez (0,88-0,92)</i>	<i>Color (Oscuro rojizo brillante)</i>	<i>Sólidos solubles (9,7-9,9)</i>	<i>Formación de precipitado (No)</i>
Caramelo patrón	0,034	Oscuro brillante	10,0	Sí
6	0,029	Ligeramente claro	10,0	Sí
7	0,032	Ligeramente claro	11,5	Sí
8	0,038	Ligeramente claro	11,0	Sí

3.3. Resultados de la evaluación sensorial

Según el procesamiento de los resultados, la intensidad del color de la mejor formulación, indica que la coloración del mismo es ligeramente oscuro, característica que difiere en algo al patrón empleado, que presenta un color oscuro brillante. No obstante a pesar de este resultado, cuando se prepara el refresco de cola con este color caramelo, el producto arrojó un nivel de agrado de “me gusta” para el 79,16 % de los jueces afectivos.

Los resultados del estudio de durabilidad muestran un comportamiento constante del pH en los diez días de estudio, según se muestra en el siguiente gráfico.

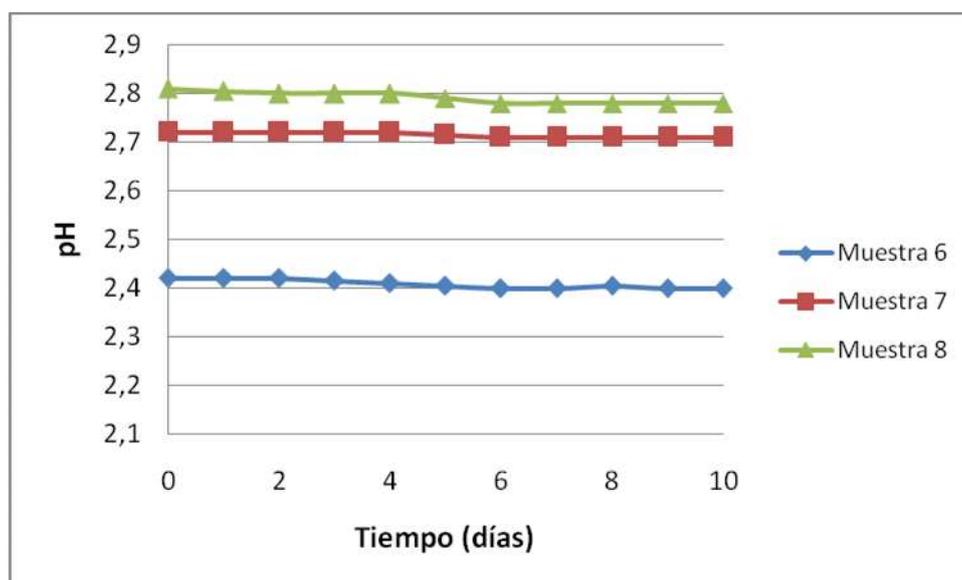


Figura 1. Comportamiento del pH en el estudio de durabilidad

Se observó, además, estabilidad en la intensidad del color, en que las mayores variaciones se presentaron en la muestra 7, aunque es importante señalar que en principio se obtuvo para esta muestra una intensidad alejada de la patrón y de las otras dos muestras, lo que sugiere se continúe el estudio en aras de determinar las causas de esta diferencia. Por su parte la densidad mostró valores constantes, ocurriendo variaciones mínimas no significativas que no determinan cambios en la durabilidad del color caramelo. Los resultados de las variaciones para la intensidad del color se presentan en el gráfico que se expone a continuación.

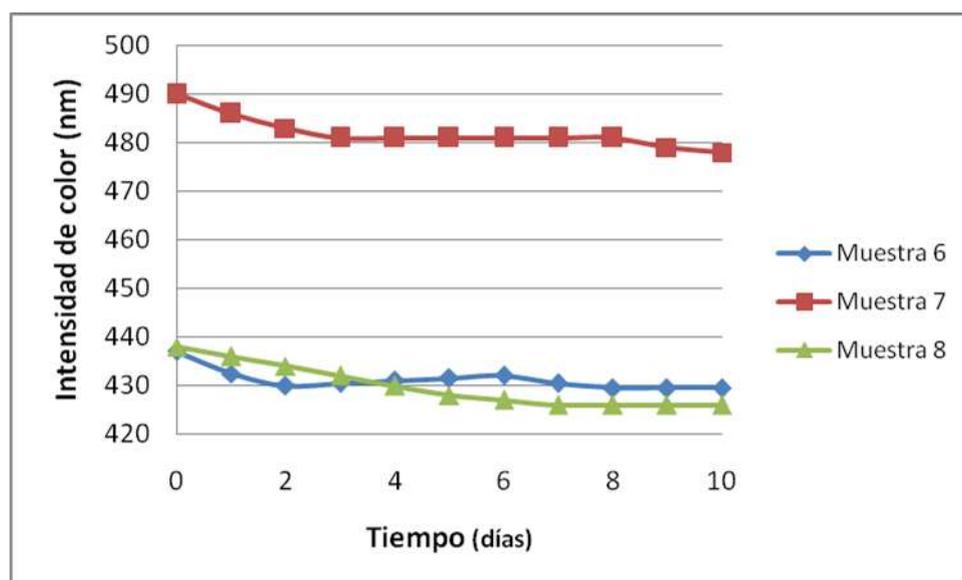


Figura 2. Comportamiento de la intensidad del color durante el estudio de durabilidad

4. CONCLUSIONES

1. El color caramelo preparado con 3,6 mL de ácido fosfórico y 46 mL de hidróxido de amonio presenta características similares a la muestra patrón.
2. La preparación del sirope presentó resultados positivos para el caso de la cola, no así para el Iromber donde los parámetros obtenidos están fuera de las normas.
3. La evaluación sensorial realizada al producto color caramelo elaborado arrojó resultados positivos en cuanto al nivel de aceptación del mismo, a la vez que se demostró que el producto no sufrió deterioro físico-químico durante 10 días de almacenamiento.

REFERENCIAS

- Bosch, A., Proceso de fabricación del color caramelo a partir de azúcar refino de caña., (Informe No 1), La Habana, Empresa Consolidada de Refrescos y Aguas Minerales, 1961, pp. 1-15.
- Espinosa, M., Análisis Sensorial., Editorial Universitaria, Félix Varela, La Habana, Capítulo 4, 2014, pp. 39-86.
- Jiménez, J., Usos, proceso y obtención del color caramelo., Disponible en: <http://queretaro.cosmos.mx/wiki/cyhp/Color-Caramelo>, Recuperado el 5 de noviembre del 2015, 2011.
- Kwang-Geun, L., Haewon, J., y Shibamoto, T., Formation of carcinogenic 4(5)-methylimidazole in caramel model systems: A role of sulphite., Food Chemistry, Vol. 136, 2013, pp. 1165–1168.
- NC-20-03-73, Productos químicos. Clasificación por calidades y definiciones. Color caramelo., 1973.
- NC-424-2006, Bebidas no alcohólicas- determinación del contenido de sólidos solubles., 2006.
- NEAIAL-1666-92, Refrescos carbonatados. Especificaciones de calidad., 1992.
- NRIAL-152-98, Jarabes y refrescos carbonatados. Requisitos generales., 1998.
- Rocío, J., La química del color en los alimentos., Química Viva, Vol. 12, No. 3, 2013, pp. 234-246.
- Schleea, C., Markovaa, M., Schranka, J., Laplagnea, F., Schneidera, R., y Lachenmeiera, D.W., Determination of 2-methylimidazole, 4-methylimidazole and 2-acetyl-4-(1,2,3,4-tetrahydroxybutyl)imidazole in caramel colours and cola using LC/MS/MS., Journal of Chromatography B, Vol. 927, 2013, pp. 223– 226.
- Soler, B., Especificaciones colorante caramelo 90 - F. Clase IV., Disponible en: <http://www.fabricajusto.com.ar/03colorante.php>. Recuperado el 3 de diciembre de 2015, 2011.
- Yamaguchi, H. y Masuda, T., Determination of 4-MI in soy sauce and other foods by LC-MS after solid-phase extraction., Journal of Agricultural Food Chemistry, Vol. 59, No. 18, 2011, pp. 977-9775.