

CAMBIOS DE COLOR Y PERFIL AROMÁTICO EN SOLUCIONES OSMÓTICAS USADAS EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE TOMATE DE ÁRBOL

COLOR AND FLAVOR CHANGES ON THE OSMOTIC SOLUTION, USED IN THE OSMOTIC DEHYDRATION OF TREE TOMATO

COR E SABOR MUDANÇAS NO SOLUÇÃO OSMÓTICA, UTILIZADO NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE TOMATE DE ÁRVORE

Magda Ivonne Pinzon¹, Cristian C. Villa² y Jhon A. Nieto²

RESUMEN

*La reutilización de la solución osmótica (SO) en el proceso de deshidratación osmótica (DO) de frutas de origen tropical ricas en aromas exóticos como el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth), del cual ya se han obtenidos resultados muy satisfactorios, trae consigo cambios en las diferentes propiedades de la SO, sobre todo en el enriquecimiento sustancias provenientes de la fruta, que la convierten en una materia prima interesante en la fabricación y diseño de nuevos productos alimenticios. en este artículo se evaluaron los cambios el color y el perfil aromático, de la SO a medida que es reutilizada en 9 ciclos de DO teniendo en cuenta que estas dos propiedades van a tener gran influencia sobre las características sensoriales en el diseño de los nuevos productos alimenticios. Se utilizaron cubos deformados de tomate de árbol, deshidratados durante 240 minutos, en una SO de 65°Brix, con una relación solución:fruta de 5:1. En cada ciclo de DO se renovaron los frutos y se reutilizo la SO sin reconcentración, filtrando cada 4 ciclos durante 9 ciclos de DO. Se analizo el color de la SO encontrando una tendencia al descenso de L* en la SO y otros cambios los demás parámetros de color: a*, b*, C* y h° que solo fueron apreciados instrumentalmente; estos cambios en el*

Recibido para evaluación: 12/03/2010. **Aprobado para publicación:** 01/07/2011

1. Directora Laboratorio de Investigaciones en Postcosecha.
2. Ingenieros. Universidad del Quindío

Correspondencia: PhD. Magda Ivonne Pinzon; e.mail: mipinzon@uniquindio.edu.co. Universidad del Quindío. A.A. 460. Armenia (Quindío) Colombia.

color de la SO no mostraron un efecto drástico en el color de los frutos deshidratados; además se encontró la aparición de componentes del aroma de tomate de árbol en la SO a medida que fue reutilizada.

ABSTRACT

The reusing of the osmotic solution (OS) in the osmotic dehydration (OD) process of tropical fruits, enriched with exotic flavors like the tree tomatoes (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth), from which very satisfactory results have been obtained, changes the different properties of the OS. The most important one being the enrichment in different sustains that came from the fruit; this makes the OS a very interesting raw matter in the formulation and desing of new food products. In this paper we study the changes in the color and flavor of the OS when being reused, taking into account that these properties will have a bigger impact in the sensory properties of the new food product. Deformed tree tomatoes cubes were used, dehydrate during 240 minutes, using a 65 °Brix OS, with a fruit: solution rate of 5:1. In each OD cycle fresh fruit was used and the same OS, without re-concentration, filtrating every four cycles during 9 OD cycles. The color of the OS was analyzed finding a descent in the L* values and changes in the other color parameters: a*, b* C*, h°, that were only instrumentally appreciated; these changes did not showed a drastic change in the osmodehydrated fruit color; besides the appearance of flavor components from the tree tomatoes into the OS, as it was reused was found.

RESUMO

Reutilização da solução osmótica (SO) no processo de desidratação osmótica (DO) de frutas tropicais ricos em sabores exóticos, como o tomate de árvore (betacea Cyphomandra (Cav) Sendth), que tenham sido obtidos resultados muito satisfatóriostraz com ela mudanças nas propriedades diferentes do SO, principalmente no enriquecimento de substâncias a partir do fruto, o que torna um material interessante na fabricação e design de novos produtos alimentícios. Neste trabalho avaliar as alterações do perfil de cor e aroma do SO, uma vez que é reutilizada em 9 ciclos fazer considerando que estas duas propriedades terão grande influência sobre as características sensoriais nos de novos produtos concebidos. Cubos de tomate de árvore deformadas foram utilizados, seca por 240 minutos em 65 ° Brix OS com uma solução Ratio: fruto de 5:1. Em cada ciclo de DO, foram renovadas as frutas e reutilizando o SO sem reorientação, esforçando a cada 4 ciclos de 9 ciclos de DO. Ele analisa a cor dos encontrando assim uma tendência descendente em L no SO e outras alterações em outros parâmetros da cor: a*, b*, C* e h° que só foram valorizados instrumentalmente, essas mudanças de cor SO não demonstraram um efeito drástico sobre a cor das frutas desidratado, além de encontrar o aparecimento de componentes de aroma de tomate na árvore OS como era reutilizado.*

PALABRAS CLAVES:

Color, Perfil aromático, Solución osmótica, Deshidratación osmótica, Tomate de árbol

KEYWORDS:

Color, Flavor, Osmotic solution, Osmotic dehydration, Tree tomatoes.

PALAVRAS-CHAVE:

Cor, Aroma, Desidratação Osmótica, Solução Osmótica, Tomate Árvore

INTRODUCCIÓN

La deshidratación osmótica (DO) se muestra como un proceso de fácil aplicación que permite la obtención de productos semiprocados que conservan la mayoría de sus propiedades organolépticas, además debido a la disminución en la actividad de agua son más estables frente a la presencia de microorganismos. Y debido a que el proceso se lleva a cabo sin necesidad de aumentar la temperatura, las pérdidas en las propiedades organolépticas del producto son mínimas; sin embargo, su uso se ve limitado debido al problema que representa el manejo de grandes volúmenes de solución deshidratante o solución osmótica, la cual durante los procesos de deshidratación se ve enriquecida con sustancias provenientes de la fruta, aromas y sabores principalmente, transformándola en un recurso ideal para su uso en la formulación de nuevos productos.

La solución osmótica (SO) si no es reutilizada se considera como desecho industrial, creando un problema ambiental relacionado con su alto nivel de DBO_5 y con la gran cantidad de materia orgánica presente [1]. Los principales inconvenientes con el manejo de la SO tienen que ver con el almacenamiento de altos volúmenes que se necesitan; el enturbiamiento que se genera por el desprendimiento de solutos y partículas de las frutas allí sumergidas; el riesgo de contaminación microbiana cuando ha descendido a niveles inferiores a 60°Brix y la implementación de tecnologías que permitan su uso final.

Los jarabes usados y resultantes de la deshidratación que se encuentran enriquecidos con sustancias provenientes de las frutas, pueden ser utilizados como ingredientes de otros productos, tales como néctares, mermeladas, bebidas carbonatadas y en la fabricación de alimentos para animales. [1,2,3]

Pensando en la formulación de nuevos productos alimenticios a partir de la SO reutilizada en procesos de deshidratación de frutas, se hace necesario entender los cambios sufridos en sus propiedades físicas y químicas, principalmente en aquellas que van a tener un impacto sobre las propiedades sensoriales del nuevo producto, tales como el color y el perfil aromático. En este estudio se midieron, de manera instrumental, los cambios en el color y el perfil aromático de la SO a medida que es reutilizada en el proceso de deshidratación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth) en una solución de sacarosa comercial sin reconcentrar.

MÉTODO

Los frutos frescos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Senth), fueron adquiridos en el mercado local de la ciudad de Armenia (Colombia) y seleccionados en grado de madurez 4, de acuerdo con la tabla de color [4]. Para el tratamiento de DO se obtuvieron cubos deformados de tomate de árbol con dimensiones de 1 x 1 x 0,5 cm, según el tratamiento establecido en estudios previos de cinética de deshidratación [5], en el que los frutos enteros se sumergieron en solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm durante 15 minutos, y enjuague con abundante agua; para facilitar el desprendimiento de la cascara, los frutos enteros fueron escaldados en agua a 95°C por 3 minutos y agua a 4 °C durante 15 minutos.

Los parámetros de deshidratación utilizados fueron los previamente establecidos por [5] en su estudio de la cinética de deshidratación, utilizando como agente deshidratante una solución de sacarosa comercial de 65° Brix con 1000 ppm de ácido cítrico como agente conservante y 500 ppm de ácido ascórbico como agente antioxidante, el tiempo de deshidratación utilizado fue de 240 minutos, con una relación fruta:jarabe de 1:5 durante 9 ciclos de DO, siempre a 25 °C y 1 atm de presión. En cada ciclo de deshidratación se utilizó fruta fresca, y la misma solución sin reconcentrarla, realizándose entre uno y dos ciclos de deshidratación diarios; cuando no era usada la SO se almacenó bajo refrigeración a 4 °C hasta su nuevo uso. Debido al desprendimiento de partículas de fruta se decidió filtrar la solución cada cuatro ciclos de deshidratación a través de una gasa.

Los análisis del color de la SO fueron medidos en transmitancia, al final de cada ciclo de deshidratación incluyendo el ciclo 0, utilizando un espectrocolorímetro HUNTERLAB X310 Colorquest XE, en una celda de vidrio de 10 ml, con observador de 10° e iluminante D65. La extracción de los constituyentes volátiles de los cubos deformados de tomates de árbol frescos y deshidratados y de la SO, en los ciclos 0, 5 y 9, se llevó a cabo con el método destilación – extracción simultánea empleando hexano como solvente, los extractos orgánicos fueron concentrados y se analizaron por cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas (CG-MS) marca Shimadzu CG-MSQ-2010.

El color de los cubos deformados de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth) fue analizado

utilizando un espectrocolorímetro HUNTERLAB X310 Colorquest XE, por reflectancia, con observador de 10° e iluminante D65. Todos los análisis tanto del fruto deshidratado como la SO se realizaron por triplicado. Para el estudio de los datos obtenidos se realizaron análisis de varianzas y Fisher (LSD), utilizando el programa Statgraphics centurión XV. El diseño experimental utilizado fue un análisis de tres factores con tres niveles, con nivel de significancia de 0,5.

RESULTADOS

Evolución de color de la solución osmótica

Siendo el color uno de los parámetros sensoriales más importantes usados por el consumidor a la hora de elegir un producto y con el fin de caracterizar de manera completa la solución deshidratante, es necesario entender los cambios en los diferentes parámetros de color que sufre la solución a medida de que es utilizada en 9 ciclos de DO y como afectan estos cambios a la fruta deshidratada obtenida.

La luminosidad L* de la solución mostró una tendencia al descenso a medida que fue reutilizada (Figura 1), mostrándose un descenso de aproximadamente 20 unidades de L*, este cambio fue notorio desde el punto de vista instrumental y sensorial y puede atribuirse al aumento de las partículas en suspensión desprendidas de los cubos deformados de tomate de árbol que estaban siendo deshidratados, lo cual explicaría el valor para el ciclo de deshidratación cinco que se aleja de la tendencia, haciendo que la SO sea más luminosa, debido a que se filtro de tal manera que se eliminaran la mayoría de las partículas en suspensión. Sin embargo, el ciclo de deshidratación nueve también realizado después de la filtración de la solución mostró un descenso drástico de cerca de 20 unidades de L* atribuyéndose a un posible inicio de la fermentación de la solución osmótica. Esta tendencia al descenso de la luminosidad de la SO a medida que es reutilizada ya había sido observada por [2, 3, 7] en estudios de este tipo para kiwi, manzana y mora castilla respectivamente.

Para los parámetros de color a* y b* se observaron tendencias no muy marcadas hacia el descenso (Figura 2); sin embargo, el cambio en ambos parámetros se mantuvo dentro de la llamada zona de grises del plano cromático por lo que no fueron perceptibles sensorialmente.

Figura 1. Evolución del parámetro de color L* de la solución osmótica a media que es reutilizada, en función del ciclo de deshidratación. (p<0,05)

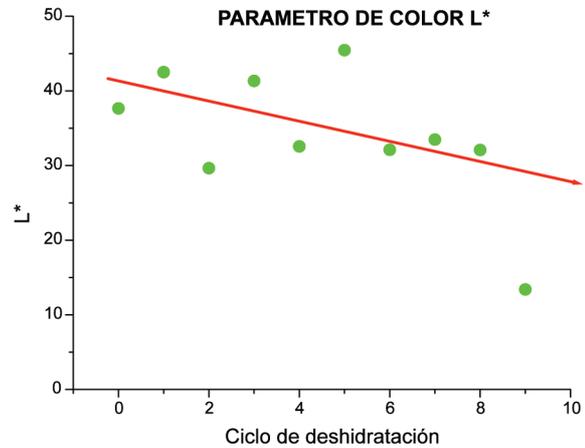
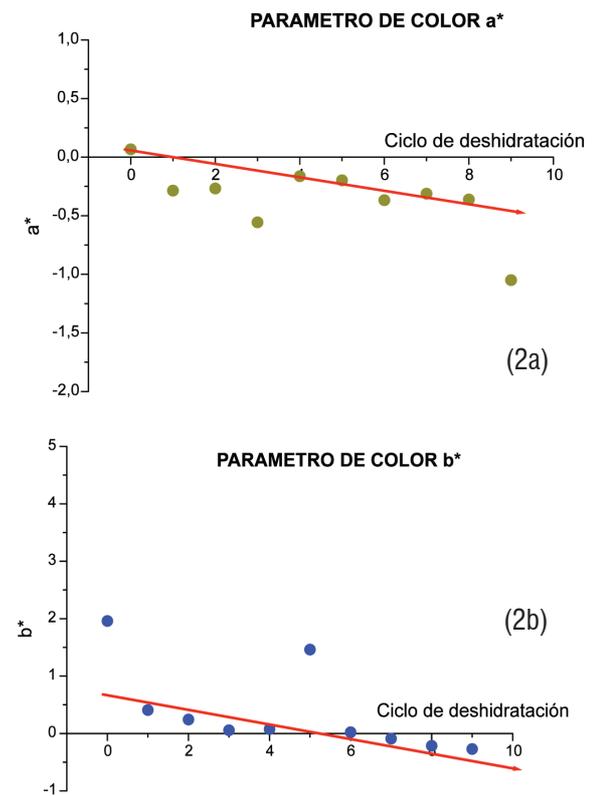


Figura 2. Evolución de los parámetros de color a* (figura 2a) y b* (figura 2b) de la solución osmótica a medida que es reutilizada en función del ciclo de deshidratación. (p<0,05)



Debe resaltarse que para el parámetro de color b*, luego de filtrar la SO en el ciclo cinco, el valor obtenido es casi igual al valor inicial de la solución antes de ser usada (ciclo cero), a diferencia del valor de mostrado en el noveno ciclo de deshidratación que no se ve afectado

por la filtración, atribuido posiblemente al inicio de procesos fermentativos en la SO.

La evolución del color de la SO graficado dentro del plano cromático a*-b* (Figura 3) mostró de nuevo que los cambios en el color de la solución se mantuvieron en la zona de grises del plano cromático, por lo que no pudieron ser perceptibles sensorialmente, también mostró que el color del quinto ciclo de deshidratación se ve afectado por el proceso de filtración previa, alcanzando valores similares a los de la SO antes de ser utilizada (ciclo cero); y que, los parámetros de color para el noveno ciclo de deshidratación se alejan de los demás marcando un cambio más acentuado en el color de la SO para este ciclo.

Al igual que con los otros parámetros de color, los valores para el croma (C*) mostraron una tendencia no muy marcada al descenso (Tabla 1), siendo el color de la SO más grisáceo, menos puro, mientras que para el matiz (h°) (Tabla 1) se encontró una tendencia al aumento, más marcada contrario a lo reportado por [2] en un estudio similar con kiwi, en el cual ambas tendencias eran inversas.

En cuanto a la diferencia tridimensional de color DE calculada según la ecuación 1 existe una pequeña tendencia al aumento que corresponde a las pequeñas diferencias que se mostraron para los parámetros L*, a* y b*.

$$\Delta E = \sqrt{[(L_1^* - L_0^*) + (a_1^* - a_0^*) + (b_1^* - b_0^*)]^2}$$

Diferencia tridimensional del color ΔE de la escala CIEL*a*b* (Ec 1)

Figura 3. Ubicación en el plano cromático a* - b* del color de la solución osmótica a medida que es reutilizada. Los números marcan el ciclo de deshidratación al cual corresponden los valores.

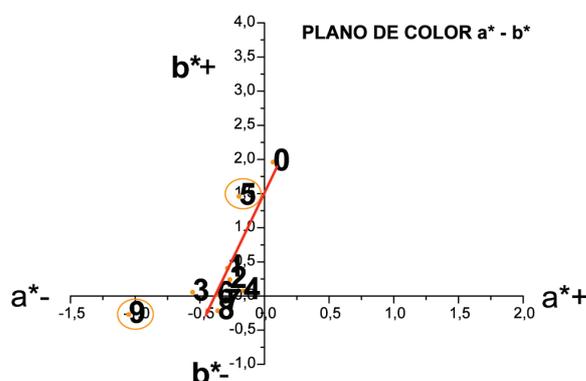


Tabla 1. Evolución de los parámetros de color h° y C° y la diferencia tridimensional ΔE de la solución osmótica a medida que es reutilizada

Ciclo de deshidratación	Matiz (h°)	Croma (C°)	ΔE
0	0,843	1,962	0
1	-0,476	0,751	5,11
2	0,049	0,612	8,21
3	-0,097	1,044	4,19
4	-0,367	0,276	5,44
5	-0,357	1,509	7,81
6	0,137	0,505	5,89
7	0,099	0,800	4,68
8	0,655	0,470	6,00
9	0,201	1,074	24,38

A pesar de que estadísticamente se encontraron diferencias significativas para todos los parámetros de color evaluados, solamente el cambio de la luminosidad L* se apreció sensorialmente, mientras que los cambios encontrados instrumentalmente en los parámetros a*, b* C* y h° no fueron perceptibles sensorialmente.

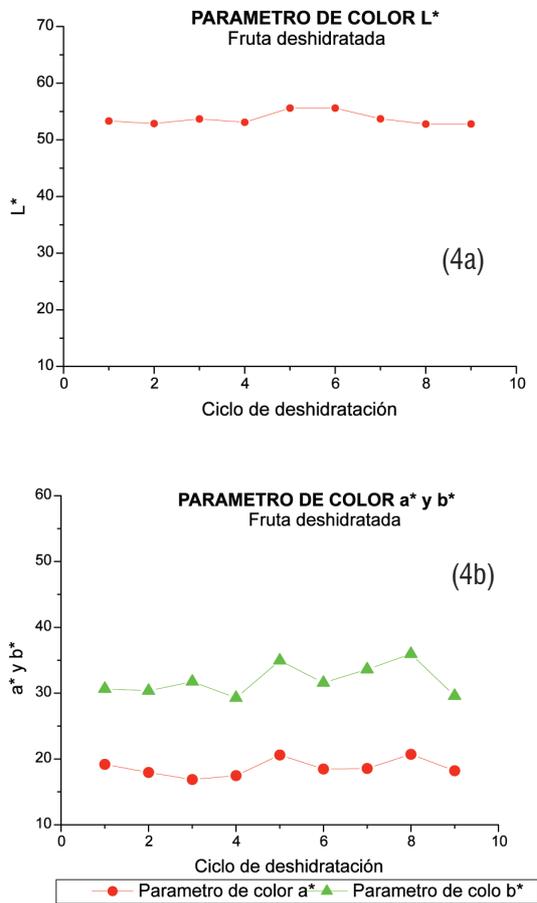
Color de la fruta deshidratada

Con el fin de determinar si los cambios en el color afectaron el color de los cubos deformados de tomate de árbol deshidratados obtenidos en cada ciclo de DO, se midieron los parámetros de color L*, a* y b* (figura 4). Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de mínima diferencia significativa LSD.

En el caso de la luminosidad L* el análisis de varianza mostró una relación estadística significativa (p<0,05) mientras el análisis estadístico LSD dividió los valores obtenidos en 5 grupos homogéneos, mostrando, que si existe una variación en la luminosidad L* de la fruta deshidratada sobre todos para los ciclos de deshidratación 5 y 6, con respecto a los obtenidos para la fruta deshidratada en el primer ciclo de DO. Este mismo comportamiento fue observado para los parámetros de color a* y b* cuyos análisis de varianza mostraron también una relación estadística significativa (p<0,05) y sus análisis LSD dividieron los resultados en 5 y 6 grupos homogéneos, respectivamente, siendo en ambos casos los valores de los ciclos de deshidratación cinco, seis y ocho los que mostraron mayor diferencia.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el color de los frutos deshidratados va a depender en gran parte del color del fruto fresco utilizado y que éste no siem-

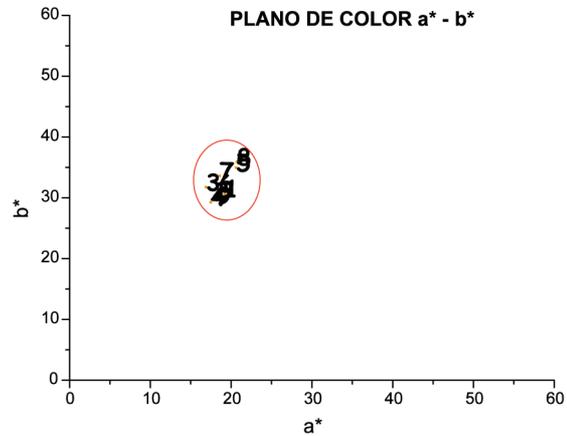
Figura 4. Evolución de los parámetros de color L* (figura 4a), a* y b* (figura 4b) de los cubos de tomate de árbol deshidratado obtenidos en cada ciclo de deshidratación en función del ciclo de DO. ($p < 0,05$)



pre será el mismo, debido a variables no controlables experimentalmente tales como el tiempo de cosecha, °Brix y acidez titulable [8], por lo que se hace necesario entender estos valores desde el punto de vista sensorial en donde no se detectaron cambios significativos. A excepción de los valores para los ciclos 5 y 6, los parámetro de color L*, a* y b* no cambian drásticamente lo cual también fue observado para frutos de kiwi [2] y mora castilla [3] deshidratados osmóticamente con soluciones reutilizadas.

La trayectoria del color de los cubos de deformados de tomate de árbol deshidratados (Figura 5), dejó ver que todos los valores se encuentran en la misma región del plano cromático, la cual corresponde al color naranja característico del tomate de árbol, por lo que es posible que ningún cambio en el color de los frutos deshidratados fuese perceptible sensorialmente.

Figura 5. Ubicación en el plano de cromático a* - b* del color de los cubos deformados de tomate de árbol deshidratados. Los números demarcan el ciclo de deshidratación al que corresponden.



El análisis de varianza para los valores de h° y C* de los cubos deformados de tomate de árbol deshidratados (Tabla 2) mostró al igual que para los otros parámetros de color una relación estadística significativa ($p < 0,05$), en ambos casos y el análisis estadístico LSD dividió los resultados en 5 grupos homogéneos existiendo una mayor diferencia estadística para los ciclos 5, 6 y 8 algo ya observado para los demás parámetros de color L*, a* y b*.

Aunque se encontraron diferencias significativas en todos los parámetros de color para los cubos deformados de tomate de árbol deshidratados cuando se reutiliza la solución deshidratante, sensorialmente no se apreciaron diferencias en el color. Sin embargo, esta percepción debe estudiarse utilizando un panel sensorial entrenado.

Evolución del perfil aromático de la solución osmótica

La mayoría de compuestos volátiles activos del aroma responsables del aroma frutal son ésteres, seguidos

Tabla 2 . Evolución de los parámetros de color h° y C* de los cubos deformados de tomate de árbol en cada ciclo de DO.

Ciclo deshidratación	Matiz (h°)	Croma (C*)
1	1,01	36,18
2	1,03	35,29
3	1,08	35,99
4	1,03	34,12
5	1,04	40,58
6	1,04	36,60
7	1,06	38,42
8	1,05	41,51
9	1,02	34,75

por aldehídos, alcoholes y cetonas que contribuyen con notas verdes y dulces. No existe un solo compuesto que produzca el denominado aroma impacto que contribuya al aroma de las frutas.

En la Tabla 3 se muestran los compuestos aromáticos presentes en los cubos deformados de tomate de árbol frescos y deshidratados, así mismo, la evolución de estos compuestos en la solución osmótica antes de ser

Tabla 3. Evolución del perfil aromático de la solución osmótica reutilizada en la deshidratación de tomate de árbol

Nombre de los componentes	Fruto fresco	Fruta deshidratada	SO Ciclo 0	SO Ciclo 5	SO Ciclo 9
ESTERES					
Ácido butanóico etil éster	0			0	0
Ácido hexanóico etil éster	X	X			
Ácido octanóico etil éster	00	00			00
Ácido decanóico etil éster	00	00		00	00
Ácido butanóico 2 metil propil éster	0			0	
Ácido dodecanóico etil éster		000			000
Ácido hexanoico metil ester			X		
Fenol 2 metoxi 4,2 propenil acetato	0				0
Butil Caprilato		X			
ALDEHIDOS					
Nonanal			XX	XX	XX
Hexanal	00	00		00	00
Benzaldehido		X			
3-hexenal		000			000
ALCOHOLES					
Eugenol	X	X			
2 Octen- 4 ol	0				0
Eucaliptol	X	X			
2,4-bis(1,1-dimetiletil)-fenol			XX	XX	XX
HIDROCARBUROS					
Benceno 1 metil 4,1 metil etenil				X	
Cariofileno		X			
Tridecano			X		
1, 3, 8 p-Metatrieno					X
2 Ciclohexen 1 ol, 2 metil, 5-(1 metilen)		000			000
Heptadecano		000		000	000
Pentatricontano					
Hexadecano		000			000
1, 5, 7 Octatrien 3 ol 3, 7 dimetil				X	
3 Ciclohexen 1 ol 4 metil 1 metileno		X			
1- Docoseno		000			000
Octadecano			XX		XX
Tritetracontano			XX	XX	
Hexateracontano			XX	XX	
Cis-1,4 dimetil-ciclooctano			XX		XX
Tetratetracontano			X		
Tricosano					X
Heptacosano			XX		XX
ACIDOS					
Ácido hexadecanoico	0				0
Ácido oleico	00	00		00	
Ácido decanoico		000			000
Ácido eurico			XX		XX
OTROS					
Fenol nonil	X	X			
Undecanona 2 metil oxima					X
Undecanona- 2 Metil Oxima					X

utilizada en la DO de tomate de árbol (ciclo 0) y a medida que es reutilizada, en muestras tomadas después del quinto y noveno ciclo de DO. Estos compuestos fueron analizados con base en sus tiempos de retención y framentogramas de masas comparados con la biblioteca del equipo de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-MS).

Durante la reutilización de la SO en la DO de tomate de árbol, ésta adquirió un aroma y sabor residual característico del fruto, los cuales se fueron intensificando a medida de que se aumentaban los ciclos de deshidratación, lo que se confirmó con la aparición de sustancias responsables del aroma del fruto fresco y deshidratado como el ácido butanoico etil ester, el ácido octanoico etil ester, el hexanal, ácido oleico, ácido hexadecanoico.

La aparición de componentes del perfil aromático del fruto que está siendo deshidratado, en la SO, ya había sido reportado por [3], en estudios con mora castilla; este enriquecimiento en aromas por parte de la SO durante la deshidratación de tomate de árbol, la convierten en un material muy interesante para su uso en el diseño y fabricación de nuevos productos alimenticios [5], en donde estos productos van a encontrar sus propiedades sensoriales enriquecidas como en el caso de la fabricación de mermeladas reportado por [9], dejando ver un nuevo campo de estudio dentro de los procesos de conservación de alimentos por deshidratación osmótica.

O – Aparece en el fruto fresco y la SO OO – Aparece en el fruto fresco, deshidratado y la SO
OOO – Aparece en el fruto deshidratado y la SO
X – Aparece solo en el fruto fresco o deshidratado XX
– Aparece solo en la SO

CONCLUSIONES

Con la reutilización de la SO en el proceso de DO de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (cav) Sendth), esta sufrió cambios en sus propiedades sensoriales aroma y color; donde se encontró que a medida de que avanzan los ciclos de DO, quedan atrapadas sustancias volátiles aromáticas que la hacen adquirir un aroma residual a tomate de árbol, dichas sustancias son posiblemente arrastradas por el flujo de salida de agua del fruto hacia la SO convirtiéndola en una materia prima interesante

en la formulación de nuevos productos alimenticios; en cuanto al color existen cambios en la SO que se registraron instrumentalmente, como el descenso en los valores de a^* , b^* y C^* , pero que sensorialmente no fueron apreciados, solo el descenso de la luminosidad L^* es lo suficientemente drástico para ser perceptibles. Los cambios en el color de la SO no afectaron de manera drástica al color de los frutos deshidratados obtenidos, sin embargo es necesario estudiar estos comportamientos utilizando un panel sensorial entrenado.

REFERENCIAS

- [1] DALLA ROSA, M., GIROUX, F., Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. Journal of food engineering., 49, 2001 p 223-235.
- [2] GARCÍA-MARTÍNEZ, E., et al. Characterisation of reused osmotic solution as ingredient in new product formulation. Food research international. 35, 2002 p 307-313.
- [3] OSORIO, C; Et al., Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. Innovative food science & emerging technologies 8, 2007 p 353-359.
- [4] ICONTEC. Norma Técnica Colombiana 440 (NTC 440), Métodos de ensayo productos alimenticios, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1996)
- [5] ROJAS, Mauricio; ARANGO, Luis; PINZÓN, Magda Ivone. Evolución del color, la pérdida de agua y la ganancia de solutos durante la cinética de Osmodeshidratación con pulso de vacío de tomate de árbol. Revista de investigaciones Universidad del Quindío. 41, 2005 p 9 – 14.
- [6] NIETO, J. VILLA, C. PINZÓN, M. I. Cambios composicionales y microbiológicos asociados a ciclos sucesivos de deshidratación osmótica de tomate de árbol. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 7, (1), 2009 p 29 – 35.
- [7] VALDEZ – FRAGOSO, A., Et al. Properties of sucrose solution reused in osmotic dehydration of apples. Drying Technology, 6, (7), 1998 p 1429 – 1145.
- [8] NIETO, Jhon, VILLA, Cristian. Caracterización de la solución osmótica reutilizada en ciclos sucesivos de deshidratación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Senth) para su uso

en la industria. Tesis de pregrado. Programa de Química. Facultad Ciencias Básicas y Tecnológicas. Universidad del Quindío. Armenia.

- [9] PEIRO, Rebeca; Et al. Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration". *Journal of food engineering*, 74, 2006. p 299-307.