

Spray-dried natural orange juice encapsulants using maltodextrin and gum arabic

Luisana Naddaf, Belkis Avalo, Mariaudy Oliveros

*Laboratorio de Planta Piloto, Ingeniería de Alimentos,
Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Núcleo Canoabo,
Carretera Bejuma-Urama, Sector Los Naranjos, Carabobo, Venezuela.
Telf: +58-249- 7971136-Fax: +58-249-7971135.
[bavalo25@yahoo.com/](mailto:bavalo25@yahoo.com) belkis.avalo@unesr.edu.ve*

Abstract

The microencapsulation of orange juice (*Citrus sinensis* L.) variety Valencia 12 ° Brix (Juice A) and 8 °Brix (juice B) was performed by spray drying using maltodextrin encapsulants agents to 5 and 7% w/w and gum arabic to 2.5% w/w on the total weight of juice. Antiadherent agent was used tricalcium phosphate in a ratio of 1.5% on the total weight of the orange juice fed. The operating conditions of spray drying were: inlet temperature drying chamber between 127-133 °C, feed flow rate 8-21 mL/min, temperature of drying chamber outlet 76-88 °C, 4 KW power and compressed air pressure 1.5 bar. The treatments had highly significant differences for 99% confidence ($p < 0.01$), as also the solid soluble effects and concentration of encapsulant. The encapsulant that provides major protection for sugar and vitamin C was gum arabic to the Ad treatment (12 °Brix, 2.5 gum arabic, 1.5% tricalcium phosphate) and for moisture 3A treatment (12 Brix and 5% maltodextrin, 1.5% tricalcium phosphate).

Keywords: microencapsulation, orange juice, spray dried.

Secado por aspersion de jugo natural de naranja utilizando los encapsulantes maltodextrina y goma arábica

Resumen

Se realizó la microencapsulación del jugo de naranja (*Citrus sinensis* L.) variedad Valencia de 12 °Brix (Jugo A) y 8 °Brix (Jugo B), mediante secado por aspersion utilizando agentes encapsulantes maltodextrina al 5 y 7% p/p y goma arábica al 2,5% p/p respecto al peso total de jugo. Se utilizó agente antiadherente fosfato tricálcico en una relación de 1,5% respecto al peso total del jugo de naranja alimentado. Las condiciones de operación del secado por aspersion fueron: temperatura entrada de cámara de secado entre 127-133 °C, caudal de alimentación 8-21 mL/min, temperatura salida de cámara de secado 76-88 °C, potencia de 4 Kw y presión del aire comprimido 1.5 bar. Los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas para un 99% de confianza ($p < 0,01$) como también los efectos sólidos solubles y concentración de encapsulante. El encapsulante que brindó mayor protección a los azúcares y vitamina C fue la goma arábica para el tratamiento Ad (12 °Brix, 2,5 de goma arábica, 1,5% fosfato tricálcico) y para la humedad el tratamiento 3A (12 Brix y 5% maltodextrina, 1,5% fosfato tricálcico).

Palabras clave: microencapsulación, jugo de naranja, secado aspersion.

Introducción

La microencapsulación puede ser considerada como una forma especial de empacar, en la que un material en particular puede ser cubierto de manera individual para protegerlo del ambiente. La encapsulación involucra la incorporación de ingredientes alimenticios, enzimas, células u otros materiales en pequeñas capsulas [1, 2]. La microencapsulación hoy en día se aplica para preservar y/o proteger numerosos ingredientes comerciales. El material que es cubierto se refiere como fase interna y el material que recubre es llamado pared y generalmente no reacciona con el material a encapsular [3]. La encapsulación es un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas (sabores, vitaminas o aceites esenciales) son introducidas en una matriz o sistema de pared con el objeto de impedir su pérdida, para protegerlos de la reacción con otros compuestos presentes en el alimento o para impedir que sufran reacciones de oxidación debido a la luz o al oxígeno. Los encapsulantes o materiales formadores de pared más utilizados para este método han sido: carbohidratos (almidón y derivados, maltodextrinas, jarabes de maíz, ciclodextrinas, carboximetilcelulosa y derivados); gomas (arábica, mezquite, alginato de sodio); lípidos (ceras, parafinas, grasas) y proteínas (gelatina, proteína de soya, caseinatos, suero de leche). La deshidratación y secado de alimentos implica la operación básica con la que se extrae casi toda el agua normalmente presente en el producto alimenticio por evaporación o sublimación resultante de aplicación de calor y bajo condiciones perfectamente controladas. El secado por aspersión es el método más usado para encapsular ingredientes alimenticios, el más económico [3-7] y se ha utilizado en la protección de materiales alimenticios. Estudios de microencapsulación de diversos jugos han sido realizados mediante secado por aspersión, tal como la microencapsulación del jugo de cebada verde [8] con maltodextrina a concentraciones de 1, 3, y 5% (base húmeda), secado por aspersión a temperaturas de 120, 140 y 160 °C con flujo de alimentación de 9, 11 y 13 mL/min, azúcares totales de 4,91% (p/v) y sólidos solubles de 8,3 °Brix, alcanzando el producto en polvo una humedad de 3,68% para una concentración del 1% de maltodextrina a 140 °C. Otro encapsulado de interés es el jugo de mara-

cuyá [9] secado por aspersión y encapsulado con maltodextrina a una concentración de 12% (p/v), temperatura de 155 °C y flujo de 350 mL/h, obteniendo un producto en polvo de bajo contenido de humedad y buena solubilidad. El jugo de naranja es un producto alimenticio de consumo masivo y con propiedades de alto valor nutritivo que son sensibles al calor. Entre estos se tiene a la vitamina C (ácido ascórbico) y los azúcares, por lo que se pretende estimar cuales son las mejores condiciones de encapsulamiento y secado que permitirán resguardar estos componentes para asegurar su calidad y que impidan la caramelización de los azúcares del jugo durante el proceso, logrando un bajo contenido de humedad. En la literatura revisada no se encontraron investigaciones relacionadas con la encapsulación del jugo de naranja con maltodextrina y goma arábica mediante secado por aspersión, por lo que se planteó como objetivo de esta investigación, evaluar el proceso de secado por aspersión de jugo de naranja a concentración (°Brix) y temperaturas diferentes; utilizando como medios encapsulantes goma arábica y maltodextrina. Se pretende establecer condiciones de operación preliminares del encapsulamiento de jugo de naranja con maltodextrina y goma arábica mediante proceso del secado por aspersión.

Metodología

Preparación de la materia prima

La materia prima utilizada en la investigación fueron naranjas (*Citrus sinensis* L.) variedad Valencia, recolectadas en dos lotes de 30 Kg cada uno, en la Hacienda Montero, Montalbán, estado Carabobo, Venezuela. Las mismas fueron escogidas en su óptimo estado de madurez, tamaños homogéneos y sin daño físico aparente (atributos físicos), lavados con agua corriente a presión. Posteriormente se les eliminó la corteza y cortadas simétricamente en dos partes a fin de minimizar la contaminación del jugo con los componentes presentes en la corteza [10]. La extracción del jugo se realizó con la ayuda de un exprimidor eléctrico marca Oster; para separar semillas, conchas y bagazos, por una parte y el jugo por otra. Se realizó un filtrado del jugo mediante lienzo, obteniendo un volumen de 30 litros de jugo de naranja de 12 °Brix. Este volumen total fue divi-

dido en dos partes: un volumen de 15 litros de 12 °Brix y un segundo volumen de 15 litro y 12 °Brix, al cual se le añadió 7 litros de agua, para obtener un volumen total de jugo de naranja de 22 litros con 8 °Brix.

Caracterización del jugo de naranja

La caracterización fisicoquímica descrita a continuación se realizó según normativa [11]. Se tomaron muestras de cada tipo de jugo de naranja (12 y 8 °Brix) y se le aplicaron las siguientes determinaciones: Acidez titulable (g de ácido cítrico/100 mL de jugo), azúcares totales, reductores y no reductores (g azúcares/100 g muestra) sólidos solubles (SST) expresados como °Brix y fueron leídos en un refractómetro digital marca Kruss modelo AR4D de precisión $\pm 0,1$; el pH fue determinado en un potenciómetro Hanan Instruments pH 211 con precisión $\pm 0,01$. La vitamina C fue determinada mediante el método volumétrico del 2,6 dicloro indofenol [11]. La humedad se realizó en una balanza de OHAUS modelo MB45 con precisión $\pm 0,001$ g. La determinación de proteína se realizó por el método de Kjeldhal, empleando el factor 6,25 para frutas, verduras para la conversión de nitrógeno en proteína. La determinación de grasa para el jugo se realizó por el método de cloroformo- metanol [12].

Temperatura de hidrólisis

Se realizaron ensayos para conocer la temperatura de hidrólisis T_h a la cual ocurrió la hidrólisis ácida en los jugos de naranja; ésta se efectuó llevando los jugos de naranja hasta ebullición, midiendo previamente la temperatura y tomando muestras antes y durante la ebullición para diagnosticar cuando ocurría el desdoblamiento de los azúcares. Los ensayos realizados para confirmar el desdoblamiento de los azúcares fueron: azúcares totales, reductores y no reductores antes y después de la temperatura de hidrólisis T_h [11].

Acondicionamiento del jugo con dos medios encapsulantes

El acondicionamiento de la materia prima con los encapsulantes previo al proceso de secado, se realizó mediante un diseño de 16 tratamientos diferentes utilizando la siguiente meto-

dología. El volumen de jugo de naranja(15L) de 12 °Brix se rotuló como jugo tipo A, con una densidad de 1,05 g/mL y el volumen de jugo (22L) de 8 °Brix se rotuló como jugo tipo B, con una densidad de 0,96 g/mL. Cada volumen de jugo rotulado fue dividido en ocho partes de volúmenes diferentes (500-2100 mL aproximados). Del jugo A se acondicionaron cuatro volúmenes de jugo con maltodextrina, dextrosa equivalente (DE 18-22%), dos al 5% y dos al 7% respecto al peso total del jugo, de igual forma se procedió con cuatro volúmenes del jugo B, obteniendo los jugos rotulados de la siguiente forma: 1A(5%), 2A(7%), 3A(5%), 4A(7%), 1B(5%), 2B(7%), 3B(5%) y 4B(7%), luego a los jugos (3A, 4A, 3B y 4B) se le adicionó fosfato tricálcico en una cantidad equivalente al 1,5% del peso total del jugo. Las otras cuatro partes restantes del jugo A y del B se acondicionaron con goma arábiga pura al 1,0 y 2,5% del peso total del jugo, obteniendo los jugos Aa(1,0%); Ab(2,5%); Ac(1,0%); Ad(2,5%); Ba(1,0%); Bb(2,5%); Bc(1,0%) y Bd(2,5%); los jugos Ac, Ad, Bc y Bd, se le adicionó fosfato tricálcico en un 1,5% del peso total del jugo.

Operación de secado

El proceso de deshidratación se realizó en un secador de aspersión Spray Dryer Anhidro-Modelo 1, utilizando aire caliente en contracorriente con el jugo alimentado, en un rango de temperatura para el aire caliente entre 129-133 °C. Se utilizaron jugos tipo A y B acondicionados con fosfato tricálcico y jugos tipo A y B sin acondicionar con fosfato tricálcico.

Resultados

Los resultados de los análisis fisicoquímico en los jugos de Naranja (*Citrus sinensis* L.) en base húmeda y seca de 12 y 8 °Brix se muestran en la Tabla 1. Los sólidos solubles presentes en los jugos de naranja fue de 12 y 8 °Brix, los valores obtenidos están dentro de los rangos reportados por Mendoza [13] y Kimbal [10] para un rango entre 9 y 15 °Brix. La cantidad de proteína (0,67%p/p \pm 0,01 y 0,63%p/p \pm 0,00), vitamina C (46,81 \pm 0,15 y 40,06 \pm 0,38 mg de ácido ascórbico/100g de jugo) y azúcares totales (9,38 \pm 0,04 y 6,28 \pm 0,01% p/p) presentes en ambos jugos (12 y 8 °Brix) respectivamente, son similares a los re-

Tabla 1
Análisis fisicoquímicos realizados al jugo natural de naranja

Análisis	Resultados \pm DE			
	12 °Brix		8 °Brix	
	(bh)	(bs)	(bh)	(bs)
Humedad (% p/p)	86,85 \pm 0,01		88,15 \pm 0,01	
Proteína (% p/p)	0,67 \pm 0,01	5,09	0,63 \pm 0,00	5,32
Grasa (% p/p)	0,05 \pm 0,00	0,38	0,03 \pm 0,00	0,25
Azúcares totales (% p/p)	9,38 \pm 0,04	71,29	6,28 \pm 0,01	53,00
Azúcares reductores (% p/p)	6,00 \pm 0,05	45,60	4,04 \pm 0,00	34,10
Azúcares no Reductores (% sacarosa)	3,21 \pm 0,04	24,40	2,13 \pm 0,01	17,98
Vitamina C**	46,81 \pm 0,15	355,76	40,06 \pm 0,38	338,11
Acidez titulable (%)*	1,02 \pm 0,00		0,66 \pm 0,00	
Acidez iónica (pH)	3,68 \pm 0,00		3,84 \pm 0,01	
Sólidos solubles (SST, °Brix)	12,32 \pm 0,03		8,27 \pm 0,02	

** mg de ácido ascórbico/100 g de jugo,* g de ácido cítrico/100 mL de jugo. Densidad del jugo: 1,05 g/mL. DE: Desviación Estándar. El factor de concentración para transformar de base húmeda (bh) a base seca (bs) es: 100/% ST, ST: sólidos totales. Factor: 100/13,15 = 7,60 para el jugo A, donde % ST = 100 - % humedad del Jugo. Valor (bs) = valor (bh)*Factor. Para el jugo tipo B el factor es: 100/11,85 = 8,44

portados por el Instituto Nacional de Nutrición [14], teniendo el jugo de naranja de la variedad Valencia un contenido de proteína de 0,70 g/100 g muestra, vitamina C 45 mg de ácido ascórbico/100g de muestra y azúcares totales 8,80 g/100 g muestra. Los valores de vitamina C son muy superiores a los reportados por Moreno-Álvarez y col. [15]. Respecto al contenido de azúcares totales, el jugo de naranja de 12 °Brix presentó un valor de 9,38 g/ 100 g muestra.

Temperatura de hidrólisis de los azúcares

Para el jugo de 8 °Brix se realizó una medición de temperatura antes de la ebullición del jugo equivalente a 75 °C y temperatura de ebullición 85 °C, donde se logró una disminución de los azúcares totales de 6,57 a 6,05%p/p respectivamente, en cuanto a los azúcares reductores se registró un aumento de 4,13 a 4,53% p/p y en los azúcares no reductores como sacarosa se observó un descenso de 2,32 a 1,44% p/p (valores no tabulados). Este descenso en la sacarosa se atribuye a la hidrólisis del azúcar, fenómeno que ocurre en disacáridos, que puede realizarse por

vía química (ácida o básica) o enzimática y tiene lugar cuando se fija una molécula de agua sobre el enlace hidrolizable [16-18]. Al jugo de 12 °Brix le fue medida su temperatura antes de la ebullición a 85 °C, y durante la ebullición de 95 °C. Para la temperatura de ebullición de 95 °C el jugo presentó pérdida en la cantidad de azúcares totales de 9,35 a 8,75% p/p y un aumento de los azúcares reductores de 6,44 a 7,52% p/p.

Operación de secado

El proceso de secado por aspersión fue realizado en dos modalidades y fueron medidas las variables de: temperatura de entrada y salida del aire de secado, flujo y composición de la alimentación al secador, tiempo de secado, rendimiento y flujo del aire alimentado (Tabla 2). En la primera modalidad se utilizaron los dos tipos de jugo acondicionados con los encapsulantes pero sin fosfato tricálcico y en la segunda modalidad se utilizaron las proporciones de fosfato tricálcico y encapsulantes señaladas en la sección de acondicionamiento. La experiencia de secado adicionando los encapsulantes a las muestras de jugo pero sin fosfato tricálcico fue realizada para los

Tabla 2
Variables en el proceso de secado para los diferentes jugos de naranja

Jugo	Peso (g)	Con. Encap. (%)	Temperatura (°C)			P. (Bar)	Po. (Kw)	HR (%)	F (mL/min)	t (min)	Producto Polvo (g)
			T ₁	T ₂	T ₃						
3A	2190,45	Mal. 5	129	78	69			66,0	21,0	105	60,3246
4A	1585,12	Mal.7	131	76	67			65,0	21,0	75	65,2623
3B	2146,03	Mal. 5	131	72	69	1,5	4,0	74,0	18,0	115	82,7329
4B	1563,18	Mal.7	132	77	69			72,0	21,0	75	87,1269
Ad	1545,73	G.a 2.5	133	88	79			86,0	13,0	120	23,7654
Bd	1072,44	G.a 2.5	132	84	75			88,0	14,0	75	34,2865

Con. Encap: concentración del encapsulante. Mal.: maltodextrina. G.a.: goma arábica. P.: presión aire comprimido. Po: Potencia. HR: humedad relativa del aire secante. t: tiempo. F: Flujo del jugo. t: tiempo.

tratamientos 1A, 2A, 1B, 2B, Ba, Bb, Aa, y Ab. No se logró recolectar polvo de jugo de naranja deshidratado, solo cristales que al paso del tiempo se fundieron entre ellos y se adhirieron a las paredes de la cámara de secado.

Acondicionamiento con fosfato tricálcico

El fosfato tricálcico es un acondicionador de flujo y agente anticompactante o antiglomerante en forma de partículas sólidas finamente divididas que son añadidos a los productos en polvos para proporcionarles fluidez [19]. Los jugos 3A, 4A (de 12 °Brix al 5 y 7% de maltodextrina respectivamente y 1,5% de fosfato tricálcico) y 3B, 4B (de 8 °Brix al 5 y 7% de maltodextrina respectivamente, 1,5% de fosfato tricálcico); fueron sometidos a las condiciones de secado señaladas en la Tabla 2.

Para las muestras Ac, y Bc, cuyas composiciones fueron jugo de 12 y 8 °Brix al 1% de goma arábica respectivamente con 1,5% de fosfato tricálcico cada una, no hubo producción del producto en polvo, pudiéndose inferir que no se obtuvieron los resultados esperados debido a que la cantidad de encapsulante y anticompactante era muy bajo para la proporción de azúcares contenidos en el jugo. En el proceso de secado del jugo Ad (12 °Brix) con 2,5% de goma arábica y 1,5% de fosfato tricálcico, se recolectó 23.7654g, con un color naranja acentuado, olor y sabor similar a una pulpa concentrada de naranja; también se pudo notar que las partículas del producto obte-

nido eran pesadas y de diversos tamaños. Para el jugo Bd (8 °Brix al 2,5% de goma arábica y 1,5% de fosfato tricálcico), se obtuvo 34.2865g de producto deshidratado.

Análisis estadístico de los datos

En la Tabla 3, se muestran los parámetros fisicoquímicos del producto deshidratado de naranja o variables de respuesta como: humedad, proteína, grasa, azúcares, vitamina C, sólidos solubles, acidez titulable y pH, reportados como un promedio de tres mediciones (n=3). Las variables de respuesta por cada tratamiento fueron evaluadas mediante un Anavar de dos efectos: sólidos solubles (°Brix) de dos niveles y concentración de encapsulantes de tres niveles, aplicado a un experimento factorial 2x3 para determinar diferencias significativas (p<0,01; p<0,05). Los tratamientos fueron efectuados sin replicas. Debido a la presencia de significancia se aplicó una comparación de media empleando Tukey, para un 95% del nivel de confianza [20]. El análisis fue aplicado solo a los tratamientos donde se obtuvo producto deshidratado en polvo del jugo de naranja. Los tratamientos con concentración de goma arábica al 1% no fueron considerados en el análisis estadístico por no obtenerse producto durante estas experiencias.

Se encontraron diferencias altamente significativas con 99% (p<0.01) para los tratamientos 3A, 4A, 3B, 4B, Ad y Bd, así como también interacción entre los efectos: sólidos solubles (8 y 12 °Brix) y concentración de encapsulantes (%)

Tabla 3
Caracterización fisicoquímica del producto deshidratado de naranja a diferentes °Brix y concentraciones de encapsulantes

	Resultados ± DE					
	3A	4A	Ad	3B	4B	Bd
Humedad (%)	4,53 ± 0,01b	5,06 ± 0,01a	4,59 ± 0,02b	5,01 ± 0,01a	5,32 ± 0,01c	5,36 ± 0,01c
Proteína (%)	4,80 ± 0,01b	4,69 ± 0,04b	4,66 ± 0,02b	4,98 ± 0,04c	4,72 ± 0,01b	4,48 ± 0,01a
Grasa (%)	0,36 ± 0,00a	0,36 ± 0,01a	0,34 ± 0,00b	0,24 ± 0,00a	0,25 ± 0,01a	0,22 ± 0,00a
Azúcares totales (%)	57,22 ± 0,38a	57,18 ± 0,37a	67,43 ± 0,41b	51,14 ± 0,49a	50,57 ± 0,48a	50,34 ± 0,18a
Azúcares reductores (%)	36,18 ± 0,23a	35,85 ± 0,22a	42,65 ± 0,22b	30,68 ± 0,12a	30,77 ± 0,12a	31,59 ± 0,07c
Azúcares no reductores (% Sacarosa)	19,99 ± 0,49a	19,95 ± 0,56a	23,54 ± 0,55b	19,46 ± 0,51a	18,81 ± 0,74a	17,81 ± 0,21a
Vitamina C **	222,51 ± 0,64a	182,48 ± 0,78b	280,06 ± 0,29c	179,82 ± 0,82d	150,36 ± 0,69e	244,79 ± 0,81f
Acidez titulable (%)*	3,71 ± 0,09a	3,26 ± 0,02b	3,63 ± 0,03a	2,96 ± 0,04c	2,71 ± 0,02d	3,45 ± 0,02e
Acidez iónica (pH)	4,23 ± 0,01b	4,36 ± 0,01a	4,04 ± 0,01c	4,33 ± 0,02a	4,55 ± 0,01d	3,97 ± 0,01e
Sólidos solubles (SST)	14,50 ± 0,00a	16,74 ± 0,00 a	14,30 ± 0,00 a	12,50 ± 0,00 a	14,80 ± 0,00 a	10,24 ± 0,00 a

** mg de ácido ascórbico/100 g de jugo,* g de ácido cítrico/100 mL de jugo. Letras iguales no hay diferencias significativas; letras diferentes hay diferencias significativas ($P \leq 0,05$) al 95% de confiabilidad, los datos se presentan con su respectiva desviación estándar (DE). Tratamientos A (12 °Brix) y B (8 °Brix).

maltodextrina y goma arábica). Debido a la presencia de significancia se aplicó una comparación de medias empleando Tukey con un nivel de confianza del 95%, donde se pudo observar que todas las variables de respuesta presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) a excepción de los sólidos solubles en donde no existieron diferencias significativas. La presencia de significancia sobre el contenido de humedad, no solo es atribuido al efecto de los sólidos solubles, sino también a variables como: temperatura a la entrada de la cámara del secador, flujo de alimentación y humedad relativa del aire, pero sus efectos sobre las variables de respuestas no fueron planteadas en el análisis estadístico, por ser un Anavar de solo dos efectos. Es bien sabido que la in-

fluencia de la humedad relativa del aire por encima del 64% daña la pared del encapsulante permitiendo la disolución de ésta [21].

En cuanto al contenido de azúcares totales del jugo A (12 °Brix en base seca) fue de 71,29% (Tabla 1) y al comparar con el producto microencapsulado con maltodextrina al 5% y 7% (Tabla 3), se aprecia una pérdida promedio de 19,76% respecto al valor inicial. Esta pérdida pudo estar ocasionada por la degradación de los azúcares como glucosa y fructosa presentes en la muestra que originaron otros productos, ya que la fructosa se descompone a altas temperaturas más fácil que la sacarosa y tiene una marcada inclinación a dar reacciones de Maillard [17], o que también la proporción de encapsulante no era la

adecuada para proteger en su totalidad a los azúcares presentes. Igual comportamiento fue observado en los productos encapsulados provenientes del jugo con 8 °Brix.

Respecto a la concentración de vitamina C se pudo observar pérdida respecto al jugo fresco y presencia de diferencias altamente significativas entre sí. Esta pérdida puede ser causada porque las vitaminas son compuestos muy sensibles al calor; siendo parcialmente destruidos y el grado de destrucción depende del cuidado en el proceso térmico, del proceso de deshidratación seleccionado y de las condiciones de almacenamiento para los alimentos secados [22]. Además se puede apreciar que el tratamiento Ad con goma arábiga presentó un porcentaje de retención de la vitamina C en un 78,72% (pérdida de 21,28%) a diferencia de los tratamientos con maltodextrina, donde el porcentaje de retención promedio fue de 51,66% (pérdida de 48,34%). Se puede inferir que la mejor pared protectora para el ácido ascórbico es la goma arábiga ya que entre sus funciones esta la habilidad para encapsular aromas, sabores y vitamina C [21, 23]. El tratamiento Ad (jugo de 12 °Brix y 2,5% de goma arábiga) fue realizado a 133 °C, durante un tiempo de 120 min (Tabla 3).

Conclusiones

Los productos microencapsulados de jugo de naranja con menor humedad se lograron en los tratamientos 3A de 12 °Brix y 3B de 8 °Brix con maltodextrina al 5% y temperaturas de 129 y 131 °C respectivamente. La mejor matriz protectora de las proteínas fue la maltodextrina al 5 y 7% para los dos tipos de jugos. La matriz encapsulante que brindó mayor protección a los compuestos sensibles al calor (azúcares y vitamina C) fue la goma arábiga. Los mayores rendimientos se obtuvieron para los tratamientos 4A (4,12%) y 4B (5,57%) con un contenido de maltodextrina de 7% y para ambos tipos de jugos (12 y 8 °Brix respectivamente).

Referencias bibliográficas

- Bernard, G., Kermasha, S., Alli, I., and Mulligan, C.: "Encapsulation in the food industry: a review". *International Journal of Food Science and Nutrition*. Vol. 50 (1999) 213-224.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., and Desobry, S.: "Flavour encapsulation and controlled release-a review". *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 41 (2006) 1-21.
- Pedroza-Islas R., Macías-Bravo, S., Vernon-Carter, E. J.: "Oil thermo-oxidative stability and surface oil determination of biopolymer microcapsules". *Revista Mexicana de Ingeniería Química* Vol. 1 (2002).
- Yañez, J, Salazar, J, Chaires, J, Jiménez, M, Márquez, R y Ramos, E.: "Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación". *Avance y Perspectiva*. Vol. 21. XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería (2002).
- Reineccius, G. A.: "Spray-Drying of Food Flavors". *Flavors encapsulation*, Washington: Am. Chem. Soc. (1988) 55-66.
- Magdassi, S. y Vinetsky, Y.: "Microencapsulation of oil-in-water emulsions by proteins". En: *Microencapsulation Methods and industrial application* (edited by S. Benita) Marcel Dekker, Inc. N.Y., EUA. Vol. 73 (1996) 21-34.
- Brazel, S.: "Microencapsulation: Offering solutions for the food industry". *Cereal Foods World* Vol. 44, N° 6 (1999) 388-393.
- García- Gutiérrez, C., González -Maldonado, M., Ochoa-Martínez, L., Medrano-Roldan, H.: "Microencapsulación de jugo de cebada verde mediante secado por aspersión". *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Vol. 4, N° 004 (2004) 262-266.
- Ramírez V.F., Rivera M. G., Rivas R. I., Abud A. M., Grajales L.A. y Ruiz Cabrera M. A.: "Secado por aspersión del jugo de maracuyá (*Paspiflora edulis* var. *flavicarpa*)". División de estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida. 2003.
- Kimball, D.: "Procesado de cítricos". Second edition. Acribia, Zaragoza -España, 2002.
- AOAC.: "Official Methods of Analysis". 15th ed. Association of Oficial Analytical Chemist. Washington DC. EEUU, 1990.
- Osborne, D.R., Voogt, P.: "Análisis de los nutrientes de los alimentos". Acribia, Zaragoza-España, 1986.

13. Mendoza, L.: "Evaluación de los carotenoides presentes en las cáscara de la naranja (*Citrus sinensis* L.) variedad california (Washington novel) pineapple, criolla y cajera". Trabajo de Grado. UNESR. Canoabo-Venezuela, 2003.
14. INN.: "Tabla de composición de los alimentos para uso práctico". Publicación N° 404. Serie azules. Instituto Nacional de Nutrición. Caracas-Venezuela, 2001.
15. Moreno-Álvarez, M; Gómez, C; Mendoza, J; y Belén, D.: "Carotenoides totales en cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) variedad valencia". Revista Unellez de ciencia y tecnología Vol. 17, N° 1 (1999) 92-99.
16. Stephen, A.M.: "Food Polysaccharides and their applications", In: Química de los alimentos. 2nd edición (editado por O.R. Fennema). Acribia, S.A., Zaragoza-España, (1985), 212-221.
17. Fennema, O.: "Química de los Alimentos". 2^a edición. Acribia, S. A, Zaragoza-España, 2000.
18. Frangne, A.: "La ciencia de los alimentos de la A a la Z". Acribia, S. A, Zaragoza-España, 1990.
19. Peleg, M. and Hollenbach, A.: "Flow conditioners and anticaking agents." Food Technology (1984) 93-102.
20. Montgomery, D.: "Diseño y análisis de experimentos". Segunda edición. Limusa, S. A. México, D.F., 2004.
21. Rosenberg, M., Kopelman, I., and Talmon, Y.: "Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials". J. Agric. Food Chem. Vol. 38 (1990). 1288-1294.
22. Desrosier, N.: "Conservación de los alimentos". 2^a Edición. Continental, México. 1985.
23. Beristain CI, Azuara E, García HS, Vernon-Carter EJ.: Kinetic model for water/oil absorption of mesquite gum (*Prosopis juliflora*) and gum arabic (*Acacia senegal*). Int. J. Food Sci. Technol. Vol. 31 (1996) 379-386.

Recibido el 8 de Enero de 2010

En forma revisada el 26 de Septiembre de 2011