

## **EFFECTO DE SABORIZANTES EN LA ESFERIFICACIÓN INVERSA DE UN MODELO DE COCTEL**

Jesús Escandell-Comesaña<sup>1\*</sup>, Isachy Molina-Echemendía<sup>1</sup> y Héctor Zumbado-Fernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. Cuba

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

E-mail: jescandell@ifal.uh.cu

Recibido: 03-12-2020 / Revisado: 21-12-2020 / Aceptado: 23-12-2020 / Publicado: 07-01-2021

### **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de saborizantes en la esferificación inversa de un modelo de coctel. Se obtuvieron esferas con la utilización de tres disoluciones (alginato, alginato + sabor limón y alginato + sabor piña). La formulación idónea para la formación de los encapsulados fue 0,6 % m/v del hidrocoloide y 4 g de lactato de calcio en 240 mL del modelo de coctel; los saborizantes (limón y piña) pudieron ser adicionados hasta un volumen de 5 y 6 mL, respectivamente. La estabilidad determinada por sinéresis en las esferas no mostró diferencias significativas entre cada tipo, pero sí con respecto al tiempo de evaluación. La fuerza de gel en las esferas reveló como ordenamiento: alginato > alginato + sabor limón > alginato + sabor piña, respectivamente. Los expertos culinarios evaluaron la calidad global de las esferas en la categoría de buena, mientras la calificación de las características texturales fue de excelente, resaltándose la perfección de la película de alginato.

**Palabras clave:** esferificación, alginato de sodio, saborizantes, sinéresis.

### **ABSTRACT**

#### **Flavoring effect on the reverse spherification of a cocktail model**

The objective of this research was to evaluate the effect of flavors on the reverse spherification of a cocktail model. Spheres were obtained with the use of three solutions (alginate, alginate + lemon flavor and alginate + pineapple flavor). The ideal formulation for the formation of the encapsulations was: 0.6% m/v of the hydrocolloid and 4 g of calcium lactate in 240 mL of the cocktail model; the flavorings (lemon and pineapple) could be added up to a volume of 5 and 6 mL respectively. The stability determined by syneresis in the spheres showed no significant differences between each type, but yes regarding the evaluation time. The gel strength in the spheres revealed as ordering: alginate > alginate + lemon flavor > alginate + pineapple flavor, respectively. Culinary experts evaluated the global quality of the spheres in the good category, while the rating of the textural characteristics was excellent, highlighting the perfection of the alginate film

**Keywords:** spherification, sodium alginate, flavorings, syneresis.

### **INTRODUCCIÓN**

En el ámbito culinario se ha desarrollado el estudio sistematizado de los texturizantes, entre los cuales los hidrocoloides desempeñan un papel principal (1). Los constituyentes clave de esta revolución son el agar-agar, goma gellan, metilcelulosa, goma xantana (2) y gelatina. Pero es el 2003, el que marca el nacimiento

---

**\*Jesús Escandell-Comesaña:** Master en Didáctica de la Química y profesor del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana. Posee amplia experiencia docente en la impartición de Química Física y Bioestadística. Autor de artículos científicos y libros de texto. En la actualidad realiza investigaciones en el campo de la Gastronomía Molecular.

de la técnica que en la cocina se conoce como esferificación, basada en el uso de alginato de sodio a modo de gelificante parcial (1).

El alginato de sodio es el hidrocoloide por excelencia utilizado para esta técnica. Sus ventajas radican en la formación de geles independientemente de la temperatura (solo con la adición o presencia de iones calcio) y en que los geles formados son termoirreversibles, no regresan al estado líquido con la aplicación de calor (3).

La esferificación, por otra parte, representa un paso adelante a nivel sensorial porque permite conseguir dos texturas al unísono: líquido en el interior y casi sólido o gelificado en el exterior (1).

De ahí que la esferificación tenga un espacio para la mixología molecular, que comprende el minucioso y elegante manejo de los estados químicos de algunos productos para la creación de nuevos cocteles. Dentro de las técnicas más empleadas en esta rama se encuentran: el trabajo con hielo seco, creación de aires y espumas, granizados y, por supuesto, la esferificación directa o inversa (4).

En el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana se han desarrollado investigaciones relativas dirigidas al estudio científico del comportamiento de las esferificaciones (5-7). Sin embargo, no se ha realizado ningún trabajo con relación a la combinación del alginato de sodio con otras sustancias que aporten sabor, color y aroma a la película que se forma durante la gelificación. Tampoco se han encontrado reportes internacionales que traten dicha temática. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de saborizantes en la esferificación inversa de un modelo de coctel.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana y en el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.

Se definieron como criterios de calidad de las esferas los atributos mecánicos (firmeza de la esfera, firmeza en la boca, viscosidad y gomosidad), atributos geométricos (suavidad) y atributos de superficie (humedad de la esfera y humedad en la boca) (8). Así mismo, para determinar el nivel de exudación,

se estableció una escala verbal estructurada desde uno (exudación muy ligera) hasta cinco (exudación muy marcada) (9).

Para la obtención de las esferas se empleó el método de esferificación inversa. Se diseñó un modelo de coctel compuesto por 8 g de azúcar, 45 mL de ron blanco y 195 mL de agua destilada, para un volumen total de 240 mL equivalente a un vaso de 8 oz, al que se adicionó lactato de calcio en dos niveles (3,6 y 4 g de equivalentes a concentraciones de 1,5 y 1,66 % m/v, respectivamente).

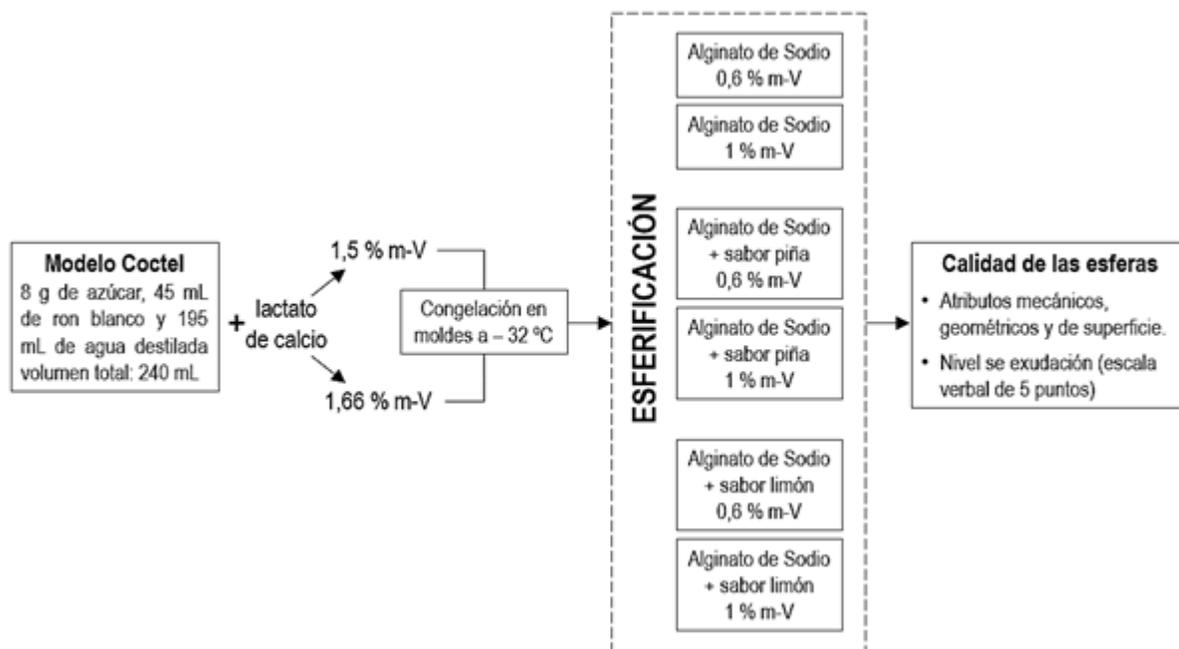
Una vez preparado el modelo de coctel, se colocó, con ayuda de una pipeta, en un molde de silicona de 29,8 cm x 17,4 cm, provisto con 24 depresiones semiesféricas con un diámetro de 2,8 cm y una capacidad de 5 mL. Posteriormente se colocó el molde cargado en un congelador Dometic, modelo: MF110S a una temperatura de -32 °C durante 24 h.

Paralelamente se prepararon soluciones de alginato de sodio a concentraciones de 0,6 y 1 % m/v, a las que se adicionaron los saborizantes de limón y piña en volúmenes crecientes a intervalos de 0,5 mL, hasta que la calidad de los encapsulados comenzara a afectarse. Se establecieron como patrones de referencia para toda la investigación los resultados de las esferas concebidas con la disolución de alginato de sodio sin adición de los saborizantes.

Una vez congeladas las semiesferas del coctel, estas se sumergieron en las disoluciones de alginato de sodio (disolución natural y en las que se adicionaron los saborizantes), las cuales se mantuvieron a temperatura constante en cada prueba. Luego de 5 min se extrajeron las esferas con una cucharilla diseñada para este fin y finalmente se depositaron en un baño de agua destilada con el objetivo de retirar el exceso de alginato.

La mejor formulación se seleccionó mediante pruebas de observación realizadas por triplicado, atendiendo al cumplimiento de los parámetros de calidad antes descritos (atributos mecánicos, geométricos y de superficie y nivel de exudación), a la percepción del olor, aroma y sabor de los saborizantes.

La Fig. 1 muestra un esquema del proceso de esferificación inversa desarrollado y las variables involucradas.



**Fig. 1. Procedimiento de esferificación inversa y variables involucradas.**

Para la determinación de la sinéresis se escogieron las formulaciones que produjeron esferas con mejores resultados, tanto en el caso del patrón de referencia (disolución de alginato de sodio) como en las esferas obtenidas con las disoluciones de alginato de sodio + sabor limón y alginato de sodio + sabor piña.

Para el cálculo de la sinéresis se hizo una adaptación de la ecuación indicada por Downey (10) y aplicada por otros autores (11, 12):

$$S = 100 - \left( \frac{m_2}{m_1} * 100 \right)$$

Donde  $m_1$ : masa inicial de una esfera,  $m_2$ : masa final de la esfera y S: porcentaje de sinéresis.

La sinéresis se determinó para 5; 10 y 15 min individualmente en cada esfera obtenida con cada disolución de alginato. El número de esferas evaluadas fue de 10 para cada tiempo y tipo de disolución.

A las esferas se le determinaron los valores medios de altura y diámetro en mm mediante un Vernier (pie de rey). La fuerza de gel, expresada en Newton (N), se midió por penetración con el Reómetro (Modular Compact Rheometer) MCR 302, Anton, empleando

un vástago cónico a una velocidad de bajada del cabezal de 1,67 mm/s y 25 °C hasta la ruptura total de la esfera.

Se realizó una evaluación sensorial de las esferas conteniendo cocteles típicos cubanos. La evaluación se llevó a cabo por expertos culinarios conocedores de la técnica de esferificación. Se utilizó el método de impresión general de la calidad (9), para el cual los expertos describieron las características apariencia, olor, sabor y textura y emitieron un dictamen global de la calidad sensorial del producto en una escala de cinco categorías.

En el caso de las esferas obtenidas empleando la formulación de alginato de sodio + sabor limón, se escogió el coctel Daiquirí natural por tener entre sus ingredientes jugo del mismo fruto. En el caso de las esferas concebidas con la formulación de alginato de sodio + sabor piña se escogió el coctel Mary Picford por incluir jugo de piña en su preparación. Ambos cocteles se prepararon atendiendo a las recetas disponibles en la página oficial de la IBA.

Se realizó un diseño factorial 3 x 3 para procesar los datos del estudio de la estabilidad (sinéresis). Se investigaron dos factores con tres niveles: tipo de disolución

(disolución de alginato, disolución de alginato + sabor limón y disolución de alginato + sabor piña) y tiempo (5, 10 y 15 min) y la interacción entre ellos. Se realizaron 10 réplicas de cada tipo de disolución y a cada tiempo para un total de 90 mediciones.

Los datos recolectados de fuerza de gel y dimensión de las esferas se procesaron por análisis de varianza, detectar diferencias significativas entre los tipos de disoluciones (alginato, alginato + sabor limón y alginato + sabor piña) con seis réplicas para cada disolución.

El procesamiento estadístico se realizó con el software estadístico IBM SPSS Statistics ver. 22.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados para las esferas formadas con la disolución de alginato de sodio, a diferentes concentraciones del hidrocoloide y cantidades de lactato de calcio, con respecto al nivel de exudación.

Nótese que los mejores resultados en cuanto al nivel de exudación y, por tanto, las esferas de mejor calidad se formaron en presencia de 4 g de lactato de calcio para ambas concentraciones de alginato de sodio (0,6 %

y 1 % m/v). El mejor comportamiento se reveló al utilizar 0,6 % del polímero y 4 g de lactato de calcio, resultado que reafirma la necesidad de una concentración adecuada del ion calcio para conseguir encapsulados de buena calidad.

La Tabla 2 presenta los resultados de las esferas formadas a diferentes concentraciones de alginato de sodio y cantidades de lactato de calcio, cuando se adicionaron diferentes volúmenes de los saborizantes de piña y limón a la disolución del polímero.

Debe señalarse que las esferas cumplen con los parámetros de calidad establecidos con la presencia del saborizante, mientras que este no exceda de los 6 mL en el saborizante piña y los 5 mL en el saborizante limón. Para volúmenes superiores, la calidad de los encapsulados comenzaba a afectarse.

Para las esferas obtenidas con las tres disoluciones de alginato de sodio (natural y con el empleo de saborizantes), los mejores resultados se obtuvieron en ambas disoluciones del polímero (0,6 y 1 %) al utilizar 4 g de lactato de calcio. Con el empleo del hidrocoloide al 1 %, las esferas presentaron una película de alginato firme, brillante, fuerte, lisa y uniforme; sin embargo, a

**Tabla 1. Esferas obtenidas a diferentes concentraciones de alginato de sodio y cantidades de lactato de calcio**

Alginato de sodio (%)	Lactato de calcio (g)	Nivel de exudación
0,6	3,6	3
	4,0	1
1,0	3,6	3
	4,0	2

Nivel de exudación: 1. Muy ligera, 2. Ligera, 3. Moderada, 4. Marcada, 5. Muy marcada

**Tabla 2. Resultados de la matriz experimental para las disoluciones de alginato de sodio + sabor piña y alginato de sodio + sabor limón**

Alginato de sodio (%)	Lactato de calcio (g)	Saborizante de piña		Saborizante de limón	
		mL de saborizante	Nivel de exudación <sup>1</sup>	mL de saborizante	Nivel de exudación <sup>1</sup>
0,6	3,6		3,62		3,71
	4,0	0,5; 1; 1,5; 2;	2,37	0,5; 1; 1,5; 2;	2,14
1,0	3,6	3; 4; 5; 6	3,37	3; 4; 5	3,71
	4,0		2,00		2,00

<sup>1</sup>Valor medio de los niveles de exudación obtenidos para cada adición de saborizante según la escala: 1. Muy ligera, 2. Ligera, 3. Moderada, 4. Marcada, 5. Muy marcada

una concentración de 0,6 %, además de cumplir con las características anteriores, la vesícula se mostraba más delgada, cualidad que la hace más agradable al paladar. Por esta razón y por una cuestión económica, se escogió continuar la investigación con la formulación que emplea 0,6 g de alginato de sodio en 100 mL de agua destilada (0,6 % m/v) y 4 g de lactato de calcio en 240 mL de coctel (1,66 % m/v).

Para las disoluciones con los saborizantes de limón y de piña se decidió continuar con 2 y 3 mL de cada saborizante, respectivamente, en 100 mL de disolución de alginato de sodio, debido a la buena calidad de las esferas obtenidas para estos volúmenes y a la percepción del olor y sabor que presentaban en estas circunstancias, además del color, en el caso del sabor piña. Debe aclararse que dichas percepciones sensoriales están relacionadas con la preparación que se desea esferificar, donde estas pueden hacer un efecto sinérgico o no y resaltar o enmascarar la intensidad de estos atributos.

La Tabla 3 presenta los resultados del diseño factorial realizado para el procesamiento de los datos obtenidos durante el estudio, dos factores con tres niveles: tipo de disolución (disolución de alginato, disolución de alginato + sabor limón y disolución de alginato + sabor piña) y tiempo (5, 10 y 15 min).

Para el procesamiento estadístico se utilizaron los porcentajes de sinéresis de cada esfera en cada tiempo. Al analizar el factor «tipo de disolución», se determinó que no existen diferencias significativas en el comportamiento de las esferas formadas con las tres disoluciones de alginato de sodio, sin embargo, para el «factor tiempo» es posible apreciar que las tres disoluciones difieren significativamente para 5 min de exudación con

respecto a 10 y 15 min. No existen diferencias significativas entre estos dos últimos tiempos para las disoluciones de alginato de sodio y de alginato de sodio + sabor limón, mientras en el caso de la disolución de piña, sí se evidenciaron diferencias a los tres tiempos evaluados, aunque la calidad de las esferas no se vio afectada. La interacción entre los factores (tipo de disolución y tiempo), no fue significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Los resultados anteriores demuestran que las esferas, durante los primeros minutos, alcanzan un máximo de exudación del líquido que contienen en su interior. Posteriormente, aunque la sinéresis no se detiene, las esferas se estabilizan a partir de un equilibrio entre el medio circundante y el interior de las mismas (13). Por tanto, dependiendo de la estabilidad inicial, será entonces su comportamiento en el tiempo.

La Tabla 4 muestra las propiedades físicas (fuerza media de gel, diámetro y altura) de las esferas obtenidas con cada una de las tres disoluciones de alginato de sodio.

La fuerza de los geles de alginato depende del número de enlaces cruzados formados, del tipo de reticulación iónica, y de la longitud y la rigidez de los bloques entre los enlaces (14). El número de uniones que se establezcan y su rigidez son los factores responsables de la dureza del gel (15).

La fuerza media de gel fue significativamente diferente ( $p \leq 0,05$ ) para los tres grupos de esferas resultantes de las tres disoluciones, mientras que para el diámetro de los encapsulados no se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) y con respecto a la altura, las esferas obtenidas con la disolución de alginato de sodio no son significativamente diferente que las obtenidas

**Tabla 3. Resultados del diseño factorial para el estudio de la estabilidad de las esferas**

Tiempo (min)	Sinéresis (%)		
	Tipo de disolución		
	Alginato	Alginato + sabor limón	Alginato + sabor piña
5	8,69 (0,9) <sup>a</sup>	8,7 (1,2) <sup>a</sup>	9,2 (0,9) <sup>a</sup>
10	12,2 (1,6) <sup>b</sup>	12,0 (1,6) <sup>b</sup>	11,5 (1,0) <sup>b</sup>
15	12,5 (1,8) <sup>b</sup>	12,5 (1,0) <sup>b</sup>	12,7 (1,5) <sup>c</sup>

Los valores se indican como: media (desviación estándar). Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 4. Propiedades físicas de las esferas obtenidas con cada disolución de alginato de sodio**

Tipo de disolución para obtener las esferas	Propiedades físicas		
	Fuerza de gel (N)	Diámetro (mm)	Altura (mm)
Alginato	19,9 (1,3) <sup>a</sup>	23,1 (0,1) <sup>a</sup>	14,2 (0,4) <sup>a</sup>
Alginato + sabor limón	16,2 (1,1) <sup>b</sup>	23,6 (0,9) <sup>a</sup>	13,9 (0,5) <sup>ab</sup>
Alginato + sabor piña	14,5 (0,9) <sup>c</sup>	23,6 (0,3) <sup>a</sup>	13,5 (0,2) <sup>bc</sup>

Letras diferentes en las columnas denotan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

con la disolución de alginato + sabor limón; y estas a su vez, no fueron significativamente diferentes de aquellas concebidas con la disolución de alginato + sabor piña. Aunque se aprecian diferencias significativas de esta magnitud entre los tipos de disolución de alginato de sodio, las esferas obtenidas cumplen con los indicadores de calidad establecidos y sus propiedades físicas permiten su resistencia al trasiego.

Los cocteles seleccionados para la prueba de evaluación sensorial fueron preparados con una concentración de 1,66 % de lactato de calcio, correspondiente a la mejor formulación escogida durante la investigación. Para el Daiquirí natural la proporción utilizada fue de 1,62 g de la sal en aproximadamente 97,5 mL de coctel, mientras que para el Mary Picford se adicionaron 2,37 g en aproximadamente 142,5 mL.

En esta prueba participaron seis expertos culinarios, de los cuales, uno calificó de excelente la calidad del producto, cuatro la señalaron como buena y solo uno dictaminó la misma de aceptable.

Todos los expertos declararon que la película de alginato exhibía olor y sabor notable al saborizante que contenía. Además, calificaron la textura de excelente expresando que la película es fina y suave, se deshace fácilmente en la cavidad bucal y no quedan restos remanentes de gel. Así mismo, manifestaron que, a pesar de

su experiencia en la aplicación de la esferificación, obtener una capa de alginato tan agradable, no les había sido posible.

## CONCLUSIONES

La formulación idónea para el cumplimiento de los parámetros de calidad de las esferas se logra en proporciones de 0,6 % m/v de alginato de sodio y 4 g de lactato de calcio en 240 mL del modelo de coctel, pudiéndose incorporar los sabores de limón y piña hasta un volumen de 5 y 6 mL respectivamente, con un tiempo de 5 min de inmersión de las esferas.

La estabilidad de las esferas no mostró diferencias significativas entre cada disolución, pero sí con respecto al tiempo de evaluación, mientras que la fuerza de gel en las esferas reveló como ordenamiento: alginato > alginato + sabor limón > alginato + sabor piña, respectivamente.

Las esferas obtenidas cumplieron con los parámetros de calidad establecidos en esta investigación, y fueron sensorialmente evaluadas con categoría global de buena y características texturales de excelente, resaltándose la perfección de la película de alginato.

## REFERENCIAS

1. Mans C, Castells P. La nueva cocina científica. *Investigación y Ciencia* 2011; (421):56-63.
2. Castells P. Texturas blandas. *Investigación y Ciencia* 2013; (444):79-80.
3. Alicia Foundation. *A Chef's Guide to Gelling, thickening, and emulsifying agents* New York: CRC Press Taylor and Francis Group; 2015.
4. Rodríguez R. Coctelería creativa. *Revolucionando los clásicos. Excelencias Gourmet* 2017:30-1.
5. Pedroso D. Influencia de la esferificación directa en las propiedades sensoriales de una salsa criolla (tesis en opción al título en Licenciatura en Ciencias Alimentarias). La Habana: Universidad de La Habana; 2010.

6. Borges L. Influencia del grado alcohólico y el contenido de azúcar en la esferificación directa de licores (tesis en opción al título en Licenciatura en Ciencias Alimentarias). La Habana: Universidad de La Habana; 2014.
7. Barceló F. Influencia de la esferificación inversa en las propiedades organolépticas del coctel mojito. (tesis en opción al título en Licenciatura en Ciencias Alimentarias). La Habana: Universidad de La Habana; 2016.
8. NC ISO 4121. Análisis sensorial. Guía para el uso de escalas con respuestas cuantitativas. 2006.
9. Duarte C. Métodos objetivos para el control de la calidad sensorial. *Cienc Tecnol Alim* 2013; 2(23):12-7.
10. Downey G. Effects of cryoprotectant mixtures on physical properties of frozen and thawed pureed cooked potatoes: some introductory studies. *Int J Food Sci Technol* 2003; 38:857-68.
11. Mora F, Barraza G, Obregón J. Sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.). *Scientia Agropecuaria* 2013; 4:163-72.
12. Ampuero J. Efecto de la concentración de tres gomas sobre el índice de consistencia y la sinéresis de la salsa de ají. (tesis en opción al título en Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios). Lima, Perú: Universidad San Ignacio de Loyola; 2016.
13. Aguirre A. Esferificación inversa de bebida nutricional sabor fresa, desarrollada para el beneficio de la niñez intermedia y determinación de su tiempo de vida útil en condiciones adecuadas. Tesis en opción al título en Ingeniería en Industria de Alimentos. Guatemala: Universidad Rafael Landívar; 2016.
14. Mancini M, Moresi M, Rancini R. Mechanical properties of alginate gels: empirical characterisation. *J Food Eng* 1999; 39(4):369-78.
15. Lakkis J. Encapsulation and controlled released technologies in food systems. Blackwell Publishing. Iowa, USA; 2007.