

**EVALUACIÓN DE PH, TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE  
ALGINATO EN EL PROCESO DE GELIFICACIÓN IÓNICA DEL  
ZUMO NATURAL DE FRUTAS**

**TEMPERATURE, pH, AND CONCENTRATION OF ALGINATE  
EVALUATION IN NATURAL FRUIT JUICE IONIC  
GELIFICATION PROCESS**

*Marco V. Lara Fiallos<sup>1\*</sup>, Vanesa Ortega Pelaez<sup>1</sup>, Amaury Pérez Martínez<sup>2</sup>,  
Jose País-Chanfraw<sup>1</sup>, Jimmy Nuñez Pérez<sup>1</sup> y Erenio González Suárez<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Junio, Agroindustria/FICAYA, 100108 Imbabura-Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Estatal Amazónica, km 2 Vía Puyo-Tena, Agroindustria/FCT Puyo, 160150 Pastaza, Ecuador.

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Septiembre 14, 2019; Revisado: Octubre 22, 2019; Aceptado: Noviembre 22, 2019

**RESUMEN**

La presente investigación tuvo como principal objetivo estudiar la gelificación iónica normal, identificando y evaluando los principales parámetros que rigen este proceso, con la finalidad de analizar su influencia sobre las características físicas (textura y morfología), microbiológica y sensoriales del gel resultante, obteniendo de esta manera una estandarización del proceso. La metodología empleada fue experimental, bajo el diseño 2<sup>3</sup>, tomando como factores de estudio el pH de la solución (5 y 6), temperatura del líquido (25° y 35°C) y concentración de alginato de sodio (0,8 y 1,2%), las variables de respuesta analizadas fueron viscosidad de la mezcla, textura de ruptura y morfología del gel, como resultado se obtuvo que el mejor tratamiento se da a condiciones de: pH=5, temperatura=35°C y concentración de alginato=1,2%, concluyendo que los factores de pH y viscosidad influyen de manera directa en las características de textura y morfología, las cuales son determinantes en la aceptación del producto.

**Palabras clave:** alginato de sodio; gelificación iónica; morfología.



Copyright © 2019. 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: Marco V. Lara, Email: [mvlara@utn.edu.ec](mailto:mvlara@utn.edu.ec)



## ABSTRACT

The goal of this research was to study the normal ionic gelation process, identifying and evaluating the main parameters that govern this process, in order to analyze its influence on physical (texture and morphology), microbiological and sensory characteristics of resulting gel, establishing a standardization process. The propose methodology was experimental, under a design  $2^3$ . The studied factors were solution's pH (5 and 6), liquid's temperature (25° and 35°C) and sodium alginate's concentration (0.8 and 1.2%). Response variables were mixture viscosity, and gel rupture texture and morphology. The best treatment is given at following conditions: pH = 5, temperature = 35 ° C and alginate concentration = 1.2%, concluding that pH and viscosity factors directly influence texture and morphology characteristics, which are determining factors in product acceptance.

**Keywords:** sodium alginate; ionic gelation; morphology.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de encapsulación fueron desarrollados entre los años 1930 y 1940 por la compañía NCR para la aplicación comercial de un tinte a partir de gelatina como agente encapsulante mediante un proceso de coacervación (De Lara et al., 2012). La utilización de microcápsulas abarca una amplia gama de campos: la liberación controlada de sabores, colores, aromas, perfumes, drogas, fertilizantes y precursores en impresiones (Shahidi y Han, 1993).

La microencapsulación puede ser comprendida también como el proceso físico que se utiliza para empacar en miniatura sustancias activas (Avendaño et al., 2013). Esta técnica permite envolver cantidades pequeñas de gases, líquidos o sólidos dentro de una pared que funciona como escudo del ingrediente activo (Gallegos, 2015), la cual le protege de agentes que causan su deterioro y usualmente pueden controlar su liberación (Lupo et al., 2012). El objetivo de la presente investigación es analizar los parámetros que rigen el proceso de microencapsulación, determinando cuales son los principales factores que afectan las características de morfología y textura en las esferas resultantes, mismas que son aspectos que determinan la calidad de la encapsulación y la aceptación por parte del consumidor.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Caracterización del zumo de frutas: viscosidad, sólidos solubles y pH.

El zumo de frutas (papaya y melón) fue evaluado mediante análisis fisicoquímicos de acuerdo a la norma (Codex Stan 247, 2005), en el laboratorio de control físico-químico de la Universidad Técnica del Norte, Ecuador, los métodos empleados en la determinación de estos análisis se detallan en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Variables a evaluadas en el zumo de frutas

<i>Análisis</i>	<i>Método</i>	<i>Unidad</i>
pH	NTE INEN-ISO 10523	Adimensional
Sólidos solubles	NTE INEN 0380	%
Viscosidad	NTE INEN 0064	cP

## 2.2. Determinación de la influencia de los parámetros sobre la gelificación iónica normal y la formación del gel.

Para la determinación de los parámetros en la preparación del gel se emplea un diseño experimental  $2^k$  (k factores con dos niveles de prueba cada uno), con tres factores de estudio (pH, temperatura del líquido y concentraciones de alginato) y dos niveles en cada factor. El diseño mencionado determinó la influencia de los factores sobre el gel y las características físicas del mismo, los datos fueron analizados en el programa *Statgraphics Centurion XVII*, los niveles máximo y mínimo de formación de cápsulas de alginato se tomaron en base a las propiedades de encapsulación de alginato en alimentos (Avenidaño et al., 2013). Los valores mencionados son detallados en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores y niveles que influyen en las variables de estudio

<b>Factor A</b>		<b>Factor B</b>		<b>Factor C</b>	
<b>pH</b>		<b>Temperatura (°C)</b>		<b>Concentración de alginato (%)</b>	
Nivel bajo (-1)	Nivel alto (+1)	Nivel bajo (-1)	Nivel alto (+1)	Nivel bajo (-1)	Nivel alto (+1)
5	6	25	35	0,8	1,2

## 2.3. Evaluación microbiológica.

Los análisis microbiológicos del zumo gelificado, se llevaron a cabo en el laboratorio de control físico-químico de la Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Los métodos a usarse para la determinación de estas características se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis microbiológicos del producto terminado.

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
Coliformes totales	AOAC 986.33 y 989.10	UFC/ g
Mohos y levaduras	AOAC 997.02	UP/ g

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Caracterización del zumo de frutas con respecto a los parámetros de viscosidad, sólidos solubles y pH.

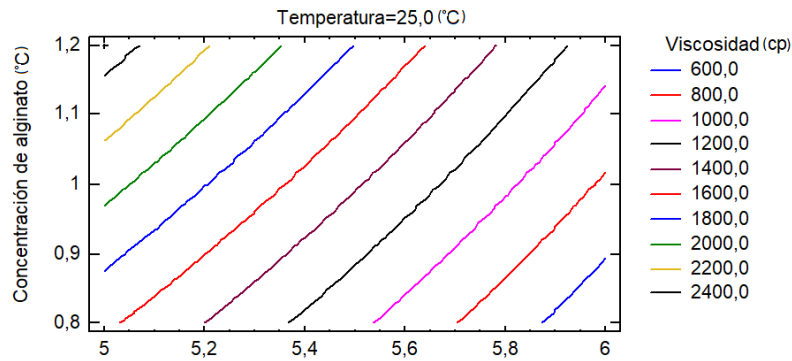
Se tomaron como referencia dos frutas: papaya y melón, a las cuales se les realizaron análisis físico-químicos detallados en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de análisis físico-químicos del zumo de frutas

<b>Fruta</b>	<b>pH</b>	<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	<b>Viscosidad (cP)</b>
Papaya	5,67±0,80	11,14±0,26 9	758,32±8,11
Melón	6,74±0,08	7,88±0,36 7,5	525,14±14,21

### 3.2. Análisis de superficie de respuesta en la variable viscosidad.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la viscosidad frente a los diferentes niveles de los factores, el análisis de regresiones complementarias da como resultado la gráfica del análisis del experimento y su comportamiento en las variaciones de pH y concentración de alginato.



**Figura 1.** Superficie de respuesta variable viscosidad

Como resultado obtenido de este análisis gráfico se determina que las medidas de viscosidad mayores (2100,00 - 2496,63 cP) son las más adecuadas para la formación del gel. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores recomendados en investigaciones en alimentos (Shahidi y Han, 1993). Dichos valores se muestran en la Tabla 5.

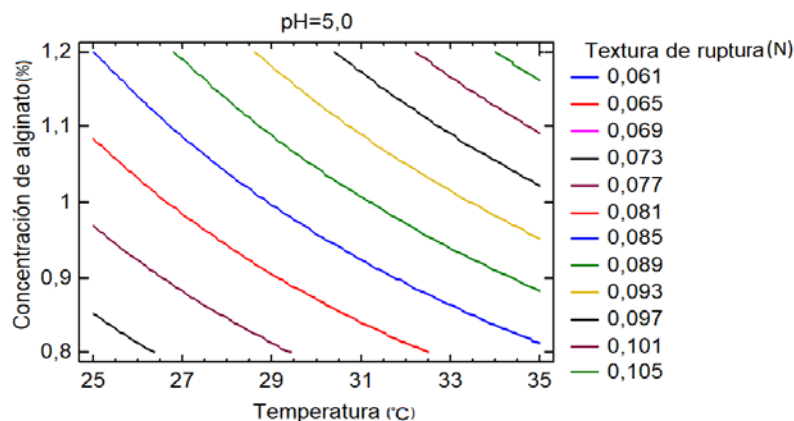
**Tabla 5.** Niveles recomendados para la variable viscosidad

<i>Factor</i>	<i>Nivel bajo</i>	<i>Nivel alto</i>	<i>Nivel recomendado</i>
pH	5,0	6,0	5,0
Temperatura (°C)	25,0	35,0	25,0
Concentración de alginato (%)	0,8	1,2	1,2

Se determina que la combinación de factores correspondientes al tratamiento (pH=5, temperatura=25°C y concentración de alginato= 1,2%), resultó como el que presentó las mejores condiciones debido a que a esta viscosidad la mezcla zumo-alginato no presentó dificultades para fluir a través del dispositivo de goteo, y que al contacto con el baño cálcico se gelificó de manera uniforme obteniendo una forma esférica la cual se desea en este producto.

### 3.3. Análisis de superficie de respuesta en la variable textura.

En la Figura 2 se observa que con mayores concentraciones de alginato se logra alcanzar la mayor fuerza de compresión, por ende una mayor textura de ruptura concordando con lo dicho por (Castañeta et al., 2011) quienes afirman que a mayor cantidad de calcio y polisacárido en la mezcla zumo-alginato las fuerzas de compresión que se necesitan para romper la membrana de las esferas son más altas.



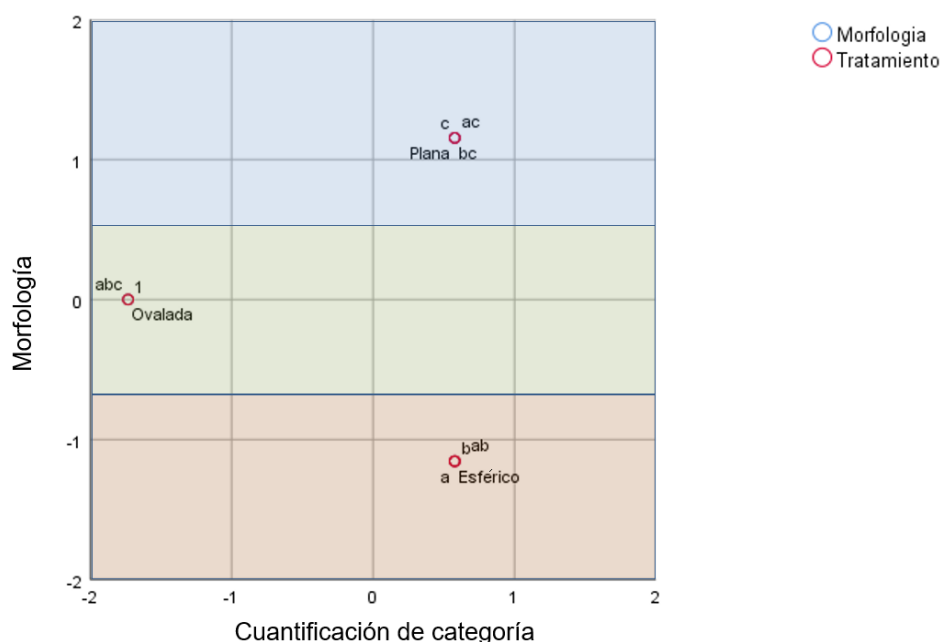
**Figura 2.** Análisis de superficie de respuesta variable textura

Como resultado obtenido del análisis gráfico, se determinó que las medidas de textura mayores (0,158-0,1072 N), se reproducen cuando la concentración de alginato aumenta y por ende la combinación de factores para la formación del gel se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Niveles recomendados para la variable textura

<i>Factor</i>	<i>Nivel bajo</i>	<i>Nivel alto</i>	<i>Nivel recomendado</i>
pH	5,0	6,0	5,0
Temperatura (°C)	25,0	35,0	35,0
Concentración de alginato (%)	0,8	1,2	1,2

En esta investigación se pudo evidenciar que la combinación de factores correspondiente al tratamiento (pH=5, temperatura=35°C y concentración de alginato=1,2%) resulta como la más adecuada debido a que la textura de ruptura alcanza niveles altos (0,158-0,1072 N), traduciéndose en esferas gelificadas con una textura fuerte al tacto, soportando su manipulación manteniendo seguro el líquido gelificado, dichas morfologías aparecen en la Figura 3.



**Figura 3.** Análisis de correspondencias múltiples para la variable morfología

Una vez tabulados los datos mediante el análisis de correspondencias múltiples, se pudo observar que los tratamientos sujetos a experimentación formaron esferas al ponerse en contacto con el cloruro de calcio, siendo la morfología deseada para este proceso.

Uno de los factores que permanece común en estos tratamientos es el pH, el cual es ligado directamente en la formación del gel (Villarreal, 2015). El pH es un parámetro fundamental en la estabilidad del gel, debido a que a valores altos se registra una despolimerización del alginato, por consecuencia una estructura protectora débil y como se puede constatar en esta investigación estructuras de encapsulación con formas diferentes a la forma esférica que se desea para este producto. Es necesario mencionar que en soluciones con valores de pH=4 e inferiores a éste, se presentan problemas en la gelificación debido a la conversión del alginato en ácido algínico.

Los valores de viscosidad de los tratamientos que cumplen con la morfología esperada están comprendidos en valores de 1576,62 y 2496,59 cP, los cuales no presentan dificultad al fluir por el instrumento de goteo y en contacto con el baño cálcico logran gelificarse de manera inmediata.

#### **4. CONCLUSIONES**

1. El zumo de frutas con un pH inferior a 4 presenta dificultades al momento de ser gelificado debido al efecto de este parámetro sobre el alginato, haciendo que este se precipite en forma de ácido algínico y perdiendo su capacidad de formar gel.
2. La viscosidad de los tratamientos que cumplen con la morfología esperada está comprendida en valores de 1576,62 y 2496,59 cP, los cuales no presentan dificultad al fluir por el instrumento de goteo y en contacto con el baño cálcico logran gelificarse de manera inmediata, formando esferas consistentes y resistentes a la manipulación.
3. La textura de ruptura juega un papel importante en la aceptación del producto obteniéndose los valores más altos (0,158-0,1072 N), con la combinación de factores correspondiente al tratamiento (pH=5, temperatura=35°C y concentración de alginato=1,2%) traduciéndose en esferas gelificadas con una textura fuerte al tacto, soportando su manipulación manteniendo seguro el líquido gelificado.

#### **REFERENCIAS**

- Avendaño, G., López, A., & Palou, E., Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos., Temas seleccionados de ingeniería, Capítulo 7, Editorial TSIA, 2013, pp. 87-96.
- Castañeta, H., Gemio, R., Yapu, W., & Nogales, J., Microencapsulación, un método para la conservación de propiedades fisicoquímicas y biológicas de sustancias químicas., Revista Boliviana de Química, Vol. 28, No. 2, 2011, pp. 135-140.
- Codex stan 247., Norma general del codex para zumos (jugos) y néctares de frutas., Organización de las Naciones Unidas, 2005, pp. 1-4.
- De Lara, D., Thomazini, M., Jordão, R., & Favaro-Trindade, C., Protection of Bifidobacterium lactis and Lactobacillus acidophilus by microencapsulation using spray-chilling., International Dairy Journal, Vol. 1, 2012, pp. 127-132.
- Gallegos, M., Utilización de Alginato de Sodio para la encapsulación de complejo B., Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas Unidad B de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 2015, pp. 55-61.
- Lupo, P.B., González, A., & Maestro, G.A., Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones., Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Vol. 1, No. 1, 2012, pp. 130-151.
- Shahidi, F., & Han, X., Encapsulation of Food Ingredients., Critical Reviews in Food Science & Nutrition, Vol. 33, No. 6, 1993, pp. 501-547.
- Villarroel, L.A., Elaboración y evaluación de microesferas mucoadhesivas preparadas a través de la técnica de gelificación iónica utilizando alginato sódico y quitosano., Tesis presentada en Opción al Título de Bioquímico farmacéutico, Riobamba, Ecuador, 2015.